

AS PESQUISAS SOBRE SISTEMAS GENERATIVOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

RESEARCH ON GENERATIVE SYSTEMS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Leonardo Sanches ¹

Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil, leonardosanches@cesjf.br

José Gustavo Francis Abdalla ²

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil, gustavo.francis@ufjf.edu.br

Klaus Chaves Alberto ³

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil, klaus.alberto@ufjf.edu.br

Resumo

As transformações da sociedade proporcionadas pela tecnologia digital nos impelem a estudar suas implicações no campo da arquitetura. Há algumas décadas, nota-se o impacto da adoção do desenho auxiliado por computador no que diz respeito à apresentação e representação de projetos, sendo que, nos últimos tempos, as ferramentas digitais tem assumido cada vez mais um papel ativo no processo de projeto. BIM, parametrização e sistemas generativos são temas ligados a esta transformação e ainda podem ser explorados no cenário brasileiro. Este estudo teve como objetivo verificar o panorama atual de pesquisas relacionadas aos Sistemas Generativos de Projeto, tema que, apesar de não ser exclusivamente digital, tem despertado maior interesse com as possibilidades oferecidas pelas novas ferramentas de projeto. Como método de trabalho foi adotada a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) nas bases de dados Portal Periódicos CAPES e no Índice Acumulativo CumInCAD. Através de uma consistente compilação das publicações direcionadas ao tema, feita a partir de combinações de palavras chave, buscou-se delinear o contorno do problema de pesquisa e identificar, entre outros, os principais agentes, métodos e técnicas, utilizados. A análise do material se deu em duas etapas, a princípio na amostra de artigos de interesse e posteriormente nas referências utilizadas por tais artigos. Com isso, foi possível identificar as principais publicações, autores, periódicos e eventos de área, bem como estabelecer direcionamentos para futuros trabalhos acadêmico-científico a partir do diagnóstico de tendências relativas a temas, métodos, softwares utilizados e resultados obtidos pelas publicações analisadas.

Palavras-chave: Arquitetura. Sistemas Generativos. Revisão Sistemática de Literatura. RSL.

Abstract

The transformations of society provided by digital technology impel us to study its implications in the field of architecture. A few decades ago, the impact of the adoption of computer-aided design concerning the presentation and representation of design was noted, and in recent times, digital tools have assumed an increasingly active role in the design process. BIM, parameterization and generative systems are themes related to this transformation and can still be explored in the Brazilian scenario. This study aimed to verify the current panorama of research related to Generative Systems of Design, a theme that, although not exclusively digital, has aroused greater interest with the possibilities offered by the new design tools. As a working method, the Systematic Literature Review (RSL) was adopted in the CAPES Periodic Portal databases and the CumInCAD Cumulative Index. Through a consistent compilation of the publications directed to the theme, made from combinations of keywords, we tried to delineate the outline of the research problem and identify, among others, the principal agents, methods, and techniques used. The analysis of the material took place in two stages, initially in the sample of articles of interest and later in the references used by such articles. With this, it was possible to identify the leading publications, authors, periodicals and area events, as well as establish guidelines for future academic-scientific works based on the diagnosis of trends related to themes, methods, software used and results obtained by the analyzed publications.

Keywords: Architecture. Generative Systems. Systematic Literature Review. SLR.

How to cite this article:

SANCHES, Leonardo; ABDALLA, José Gustavo Francis; ALBERTO, Klaus Chaves. As pesquisas sobre sistemas generativos: uma revisão sistemática de literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 9, n. 2, p. 133-151, jun. 2018. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650200>>. Acesso em: 24 maio 2018. doi:<https://doi.org/10.20396/parc.v9i2.8650200>.

Introdução

O projeto é um processo intrinsecamente ligado à informação, seja pelo fato de produzi-la continuamente ou pelo fato de coletar, processar e reorganizar informações oriundas de diferentes fontes (KALAY, 2006). Com isso, uma revolução tecnológica que impacte o processamento de informações, tem o potencial de afetar os principais processos e produtos do campo de estudo.

Castells (2010) afirma que a tecnologia digital nos proporciona um momento de transformações da sociedade caracterizado por uma revolução centrada, não apenas no conhecimento em si, mas em sua aplicação para gerar novos conhecimentos, além de dispositivos de processamento/comunicação, completando-se, assim, um loop cumulativo entre inovação e uso de tais inovações. O reflexo desta revolução no campo da arquitetura pode ser verificado com a crescente integração das ferramentas digitais ao processo de projeto, desde o surgimento do *Computer Aided Design* (CAD) até o desenvolvimento dos Sistemas Generativos de Projeto. Tais sistemas, apesar de não se limitarem aos meios digitais, em termos gerais visam a criação de um novo processo de projeto capaz de produzir “novas possibilidades espaciais, eficientes e edificáveis, com base nos recursos de computação e fabricação atuais” (SHEA; AISH; GOURTOVAIA, 2005).

Neste contexto, verifica-se a necessidade de se explorar os Sistemas Generativos de Projeto visando compreender como este tema é tratado atualmente e identificar: distribuição temporal das publicações, as principais obras, autores, periódicos e eventos da área, bem como as fontes de informações mais relevantes. Para tanto, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) buscando traçar um panorama geral das publicações disponíveis nas bases de dados abrangidas pelo Portal Periódicos CAPES e na base de dados Índice Acumulativo CumInCAD, podendo assim, contribuir para pesquisas futuras voltadas ao desenvolvimento do campo de estudo.

Fundamentação teórica

O panorama da Arquitetura e do Urbanismo tem se modificado em função da integração cada vez maior com as ferramentas digitais, sejam elas de desenvolvimento de projeto ou de representação. Para Howell e Batcheler (2005), a premissa original dos sistemas de CAD era a automação da tarefa de desenho, tendo como foco a representação bidimensional através de elementos gráficos. Com o surgimento das ferramentas 3D, este foco se transferiu para a visualização do objeto. Em um terceiro momento surgem os sistemas CAD orientados ao objeto (OOCAD), capazes de representar o comportamento dos elementos que compõem o edifício. O *Building Information Modeling* (BIM) se caracteriza como a

geração mais desenvolvida dos OOCADs. Eastman *et al.* (2014, p.13), definem BIM como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

A diferenciação básica entre modelos tridimensionais convencionais e modelos BIM, está no uso dos objetos paramétricos. Neste caso, os objetos não apresentam propriedades fixas, mas são representados através de parâmetros e regras que determinam sua geometria, permitindo assim, atualizações e mudanças de contexto controladas pelo usuário. Com a parametrização, a integração dos elementos do modelo se dá em diversos níveis de agregação, evitando a redundância de informações e eliminando inconsistências. Além disso, com os atributos adicionados aos objetos, como materiais estruturais, dados acústicos e de energia, entre outros, se permitem simulações e testes de viabilidade técnica ou exequibilidade dos objetos, algo que até então não seria possível (EASTMAN *et al.*, 2014).

Shea, Aish e Gourtovaia (2005), exploram a modelagem paramétrica como a transformação no uso do computador; de assistente de modelagem, ao equivalente a um agente do processo, contribuindo para a construção da forma através do uso de dados, restrições geométricas e relações dimensionais. Se a parametrização marca a mudança do papel exercido pelo computador no processo de projeto, passando de ferramenta “passiva” a um suporte “ativo”, os sistemas generativos baseados em plataformas digitais, podem ser vistos como a materialização final desta transformação.

“Um sistema generativo é um método indireto do projeto, no qual o projetista não se preocupa apenas com a solução de um problema em particular em um contexto específico. Ele (ou ela) procura criar um projeto mais ou menos genérico, que possibilite resolver problemas semelhantes em contextos diferentes.” (CELANI, 2011)

De maneira geral, projetos generativos se caracterizam como à prática na qual o projetista usa um sistema com algum nível de autonomia, para produzir a solução para o problema de projeto (ABRISHAMI *et al.*, 2013). Tais sistemas se caracterizam por um conjunto de definições abstratas de possíveis variações de projeto capazes de produzir um objeto (FISCHER; HERR, 2001).

No caso da arquitetura, a adoção do BIM, da parametrização e dos sistemas generativos, pode ser vista como uma mudança de paradigmas de projeto baseada na lógica do pensamento digital. Segundo Andrade e Ruschel (2011), este cenário aponta para a redistribuição das atividades dos projetistas com mais ênfase na concepção. Baseado em coordenação, interoperabilidade, reuso e compartilhamento de informações, estes sistemas modificam o processo de projeto e implicam em uma mudança também na estrutura da ação projetual, “com

redefinição das estratégias de investigação, das técnicas e dos procedimentos de avaliação” (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

Revisão Sistemática De Literatura - RSL

A RSL é uma técnica regular desenvolvida a partir de uma declaração utilitária da finalidade da revisão e de uma busca abrangente em bases de dados através de critérios explícitos de elegibilidade. Pautada no rigor metodológico em fluxo regular de etapas, este tipo de revisão bibliográfica, traça uma avaliação crítica dos estudos primários empregando critérios objetivos e reprodutíveis de seleção e qualificação da amostra de pesquisas consideradas relevantes (COOK, 1997; HIGGINS; GREEN, 2011).

Os critérios de avaliação dos resultados são definidos na fase de preparação da pesquisa e estão diretamente ligados às perguntas realizadas. Em geral, a seleção da amostra de interesse se dá em várias etapas, que podem se utilizar de critérios como: títulos, resumos ou palavras-chaves. Em fases posteriores, passam a ser analisados os textos como um todo e também documentos marginais (KITCHENHAM; BUDGEN; BRERETON, 2016).

Assim como os critérios de seleção, os dados a serem extraídos do estudo, também são definidos em função das perguntas da pesquisa. Brereton, Budgen e Kitchenham (2016) apresentam como exemplos de dados obtidos, entre outros: metodologias aplicadas nos estudos, principais resultados, autores citados e presentes nas referências bibliográficas das publicações. Ao utilizar este método de pesquisa, busca-se delinear o contorno de um problema de pesquisa; identificar principais agentes, publicações, métodos e técnicas, além de direcionamentos para futuros trabalhos acadêmico-científicos.

Dada a definição do universo da pesquisa, cabe ressaltar que, como passo inicial, antes da RSL descrita neste artigo, foi realizada uma revisão narrativa de literatura. Tal tipo de revisão, que ocorre por processos não metódicos e se dá por conhecimentos e investigações extra base de dados, contribuiu principalmente para a aproximação inicial ao tema, trazendo conceitos e palavras chaves que serviram de base para o desenvolvimento da RSL.

Método de pesquisa: descrevendo o processo da RSL

Compõem uma RSL as fases de planejamento, aplicação e análise de dados. Na fase de planejamento da pesquisa procurou-se estabelecer uma sequência de ações que pudessem direcionar os esforços a fim de garantir a eficiência do processo. Com base no método de pesquisa adotado por Kitchenham *et al.* (2009), buscando traçar o panorama do tema abordado, foram planejadas questões a

serem respondidas a partir da investigação na literatura. Tais questões são apresentadas a seguir:

- Q1. Como os estudos sobre Sistemas Generativos se distribuem ao longo do tempo?
- Q2. Quais os principais temas abordados?
- Q3. Quais os métodos utilizados nas pesquisas
- Q4. Quais foram os resultados obtidos?
- Q5. Quais as principais plataformas para publicação (periódicos e congressos)?
- Q6. Quais são as obras mais referenciadas?
- Q7. Quem são os principais autores?
- Q8. Em geral o tema é explorado de forma teórica ou experimental?

Visando responder a estas perguntas e com base nas informações obtidas na revisão narrativa, foram determinadas as palavras chave (i) “arquitetura”, (ii) “sistemas generativos” e (iii) “projeto algorítmico”, mantendo esta sequência de aplicação. Desta forma, a aproximação inicial se daria pelo campo mais amplo “arquitetura”, partindo para o campo restrito, “sistemas generativos” e, por fim, o direcionamento seria feito pelo método específico “projeto algorítmico”. Devido às características do tema abordado, fez-se necessário realizar pesquisas, também, em inglês, neste caso foram adotadas as traduções diretas dos termos selecionados anteriormente: (i) “*architecture*”, (ii) “*Generative design*”, (iii) “*algorithmic design*”.

Ainda na fase de planejamento da pesquisa, foi definida uma estratégia ambiental de busca, especificamente, foi adotado o portal Portal Periódicos CAPES¹, principal biblioteca virtual no Brasil, que reúne e disponibiliza a instituições de ensino e pesquisa no país, acesso gratuito a mais de 38 mil publicações periódicas, internacionais e nacionais, e a diversas bases de dados cobrindo todas as áreas do conhecimento. Bases referenciais, estas, como SciELO, *Directory of Open Acces Journals*, *ACM Digital Library*, *Applied Social Sciences Index and Abstracts (ASSIA)* e *Urban Studies Abstracts*, consideradas relevantes para o tema, em seus três vieses principais, arquitetura, urbanismo e tecnologia,

Método de seleção de artigos e processo de análise da amostra

Com vistas a garantir a qualidade e confiabilidade do estudo em desenvolvimento, buscou-se que os critérios de inclusão e exclusão de artigos fossem apropriados, uteis à investigação e de fácil aplicação. Além disso, foram definidos termos para buscas visando direcionar os resultados para o interesse da pesquisa, mas ainda assim buscando garantir a máxima abrangência possível, com o

objetivo de cobrir todos os estudos relevantes sobre o tema.

Além da combinação das palavras chave, a seleção das publicações a serem estudadas foi prevista em duas etapas. Em um primeiro momento, a partir da análise dos títulos, foram selecionados os artigos considerados de interesse, ou seja, aqueles que demonstraram ter algum grau de conexão com o tema, ainda que de forma superficial. Em um segundo momento, a partir da análise dos resumos dos artigos da amostra obtida na fase anterior, foram excluídas as publicações que não apresentavam conexão direta com o assunto em questão.

Além da seleção por afinidade do tema, em meio à lógica usual deste tipo de investigação e buscas, também foram adotados critérios de exclusão para os casos a seguir: relatos de uma mesma pesquisa, impossibilidade de acesso aos artigos completos e artigos voltados para desenvolvimento de equipamentos específicos (por não trazerem dados de interesse à pesquisa principal). Ao final deste processo foram selecionadas as publicações a serem analisadas como um todo para a obtenção de informações referentes às perguntas de pesquisa.

Com a amostra definida os textos foram trabalhados a fim de se extrair: (i) tema, (ii) método de pesquisa, (iii) resultados obtidos, (iv) data da publicação, (v) plataforma de publicação e (vi) referências utilizadas.

Com o objetivo de estabelecer o cenário teórico de apoio utilizado pela amostra principal, foi feita uma análise mais aprofundada das suas referências citadas pelos autores na amostra principal, através da coleta de (i) títulos, (ii) autores, (iii) ano de publicação e (iv) periódicos de origem.

Pré-teste e modificações decorrentes

Após a fase de planejamento foram desenvolvidos pré-testes para verificar a validade dos termos utilizados e da estratégia de busca. Em função dos resultados preliminares, não foi necessário modificar as palavras-chave utilizadas. No entanto, buscando ampliar o cenário de buscas, foi incluída uma nova base de dados na pesquisa, a CumInCAD, que se trata de um índice cumulativo de publicações voltadas para o CAD, apoiadas especificamente pelas principais associações da área: *Association for Computer Aided Design in Architecture* (ACADIA), *Computer Aided Architectural Design Research in Asia* (CAADRIA), *Education in Computer Aided Architectural Design in Europe* (eCAADe), *Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital* (SIGRaDi), *Arab Society for Computer Aided Architectural Design* (ASCAAD) e *Computer-Aided Architectural Design Futures Foundation* (CAAD futures).

Sendo assim, a configuração final da RSL foi composta pelas palavras chave “arquitetura”, “sistemas generativos”

e “projeto algorítmico” e a estratégia de buscas se distribuiu entre o Portal Periódicos CAPES e o Índice Acumulativo CumInCAD, nos quais, sua aplicação foi realizada entre setembro e outubro de 2016.

Aplicação e resultados

A seguir serão apresentadas separadamente a coleta de dados e os resultados obtidos nas duas bases de dados utilizadas, Portal Periódicos CAPES e Índice Acumulativo CumInCAD.

Levantamento realizado no Portal Periódicos CAPES

Seguindo-se o aspecto da técnica, que parte do todo para o específico, inicialmente, foi estabelecido o seguinte conjunto de palavras chave: “sistemas generativos”, “Arquitetura” e “Projeto Paramétrico”. O número de publicações obtidas nas pesquisas em português foi relativamente baixo e as combinações utilizadas foram de no máximo duas palavras chave. Em geral, os resultados encontrados foram artigos publicados em diversas línguas e voltados para as áreas de medicina, linguística e ensino entre outros, com isso, não houve nenhum artigo considerado relevante (Quadro 1).

Quadro 1 – Busca em português – Periódicos CAPES

Descritores	Total	Interesse	Relevante	Observações
Sistema generativo	18	1*	0	Diversos artigos em outras línguas voltados para linguística ou medicina
Sistemas generativos	5	0	0	Artigos em outras línguas voltados para música, política, língua, economia, engenharia mecânica
Sistemas generativos + Arquitetura	1	0	0	Ensino
Projeto Algorítmico	7	0	0	Engenharia de software, ensino, telecomunicações, matemática, direito, dança
Projeto Algorítmico + Arquitetura	2	0	0	Direito, dança

* artigo italiano

Fonte: Os autores.

Ao se realizar a pesquisa na mesma base de dados, com as mesmas combinações de palavras, porém com os termos em inglês, os resultados foram consideravelmente mais

amplos, tornando inviável a análise de todas as publicações encontradas. Devido a este volume, foi necessário aplicar uma sequência de filtros de até 2 termos buscando tornar a amostra de análise mais adequada ao período de estudo. Sendo assim, foram realizadas buscas utilizando as seguintes combinações: “*generative system*” + *architecture*, “*Generative design*” + *architecture* e “*Algorithmic design*” + *architecture*. Os resultados obtidos com este processo são apresentados abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 – Busca em inglês – Periódicos CAPES

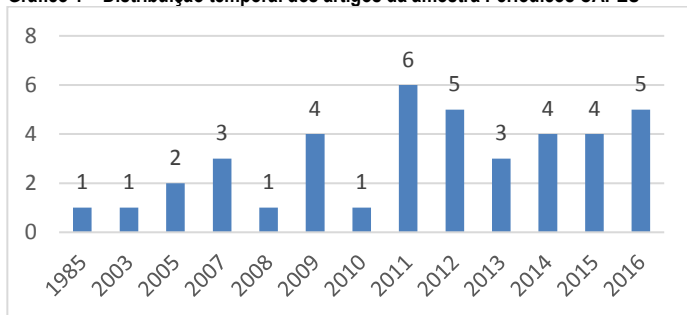
Descritores	Total	Interesse	Obs.	Relevante
“ <i>generative system</i> ”	663	-	Foram eliminados artigos repetidos ou que não foi possível obter	-
“ <i>generative system</i> ” + <i>architecture</i>	19	5		4
“ <i>Algorithmic design</i> ”	1.008	-		-
“ <i>Algorithmic design</i> ” + <i>architecture</i>	38	10		9
“ <i>Generative design</i> ”	350	-		-
“ <i>Generative design</i> ” + <i>architecture</i>	55	43		27
TOTAIS	2133	58	8	40

Fonte: Os autores.

Resultados da busca no Portal Periódicos CAPES

A partir da seleção descrita anteriormente, devido à inexistência de publicações em português, a análise se concentrou na seleção realizada com termos em inglês. Ao total foram selecionadas 40 publicações e através da análise de cada uma delas foi possível identificar que apesar de uma publicação isolada de 1985, pode-se considerar que estas pesquisas surgem a partir de 2005 e se intensificam na década de 2010. Os anos com maior número de publicação são: 2011, com 6 publicações, 2012 e 2016 com 5 publicações. (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Distribuição temporal dos artigos da amostra Periódicos CAPES



Fonte: Os autores.

Dos artigos analisados 24 apresentavam alguma aplicação prática de sistemas generativos como parte do estudo,

sendo que destes, 19 tratavam diretamente da criação de tais sistemas

Em geral, os temas explorados em tais publicações poderiam ser agrupados em função de sua relação com: (i) a gramática da forma, (ii) sustentabilidade, (iii) reuso de soluções de projeto, (iv) melhoria da performance do edifício, (v) multidisciplinaridade do edifício, (vi) condicionantes de projeto, (vii) restrições de projeto, (viii) eficiência no uso de recursos, (ix) conceitos de Christopher Alexander, (x) design e gerenciamento de projetos urbanos, (xi) uso dos SG em tipologias específicas, além de 2 estudos pedagógicos que buscam avaliar formas de ensino ou a relação entre o uso do conhecimento desenvolvido em meios acadêmicos e o ambiente prático.

Quanto às palavras chave atribuídas aos artigos, foram encontrados 140 termos que podem ser agrupados como se segue: (i) processo de projeto (26%), (ii) sistemas generativos (23%), (iii) objeto arquitetônico (14%), (iv) projeto auxiliado por computador (11%), (v) sustentabilidade (9%), (vi) educação (2%), (vii) ferramentas de projeto (2%) e (viii) outros (13%).

Quadro 3 – Amostra final de estudo obtida a partir do Periódicos CAPES

Quant.	Publicações	Artigos
9	<i>International Journal of Architectural Computing</i>	[1]; [2]; [3]; [4]; [5]; [6]; [7]; [8]; [9].
7	<i>Automation in Construction</i>	[10]; [11]; [12]; [13]; [14]; [15]; [16].
4	<i>Architectural Design</i>	[17]; [18]; [19]; [20].
4	<i>Nexus Network Journal</i>	[21]; [22]; [23]; [24].
16	Outros (14 periódicos diferentes e 2 teses)	[25]; [26]; [27]; [28]; [29]; [30]; [31]; [32]; [33]; [34]; [35]; [36]; [37]; [38]; [39]; [40].

Fonte: Os autores.

Ao se investigar as origens dos textos selecionados, destacam-se os seguintes periódicos: (i) *International Journal of Architectural Computing* (8 publicações), (ii) *Automation in Construction* (7 publicações), (iii) *Architectural Design* (5 publicações) e (iv) *Nexus Network Journal* (4 publicações) (Quadro 3).

Como visto anteriormente, as publicações em português não se mostraram significativas, no entanto, tanto Brasil (4 publicações), quanto Portugal (4 publicações), figuram entre os cinco principais países de origem das pesquisas analisadas, completam este grupo, EUA (6 publicações), Austrália (5 publicações) e Canadá (5 publicações). Complementando a análise, verificou-se 34 autores diferentes, além destes, Luisa G. Caldas (*UC Berkeley College of Environmental Design*) e Christiane M. Herr (*Xi'an Jiaotong-Liverpool University*) se destacaram com três artigos cada.

Aprofundando-se a análise da amostra inicial, verificaram-se tendências específicas relacionadas aos métodos e aos

resultados obtidos. Em sua maioria, as pesquisas podem ser caracterizadas como experimentais aplicadas, os métodos utilizados, nestes casos, passam pelo desenvolvimento de um sistema, testes, criação de protótipos e observação/avaliação dos resultados.

Nestes artigos foram citados diversos softwares utilizados durante as pesquisas – *Grasshopper/Rhinoceros, AutoCAD, 3DsMax e GeneArch* –, assim como, linguagens específicas de programação – C, C++, C#, Visual Basic e Javascript –. Vale ressaltar o volume de revisões de literatura buscando estabelecer o estado da arte para os Sistemas Generativos de projeto, além das aplicações de fractais, autômatos celulares e Gramática da forma (Quadro 4).

Quadro 4 – Método utilizados nos artigos da amostra – Periódicos CAPES

Total	Método	Referências
23	Pesquisas experimentais com SGs	[1]; [2]; [3]; [5]; [7]; [8]; [9]; [11]; [13]; [14]; [16]; [18]; [19]; [24]; [26]; [27]; [28]; [29]; [31]; [32]; [35]; [36]; [37].
10	Revisão de literatura	[20]; [30]; [12]; [10]; [38]; [40]; [4]; [34]; [25]; [39].
3	Estudos de caso	[17]; [22]; [23].
4	Outros	[6]; [15]; [21]; [33].

Fonte: Os autores.

Os resultados verificados nas publicações da amostra, em geral se concentram na análise do método de projeto utilizado, verificando sua aplicabilidade, particularidades e limitações. Foram também construídas bases teóricas para estudos futuros e análises específicas das ferramentas utilizadas (Quadro 5).

Quadro 5 – Resultados obtidos pelas pesquisas da amostra – Periódicos CAPES

Total	Resultados	Referência
19	Considerações sobre os métodos de projeto utilizados	[5]; [6]; [7]; [8]; [9]; [13]; [14]; [16]; [18]; [19]; [22]; [24]; [26]; [28]; [34]; [35]; [36]; [39]; [40].
8	Compilação de bases para estudos práticos futuros	[3]; [4]; [12]; [17]; [20]; [30]; [31]; [38].
5	Ensino	[1]; [2]; [10]; [23]; [32].
3	Análise de ferramenta ou produto específico	[11]; [27]; [29].
5	Outros	[15]; [21]; [25]; [33]; [37].

Fonte: Os autores.

Análise das referências utilizadas pelos artigos da amostra principal – Periódicos CAPES

Os artigos selecionados no portal de Periódicos CAPES apresentaram um total de 1159 obras de referência. A partir da análise deste referencial, foram constatadas obras citadas de forma recorrente. A seguir são apresentadas as referências mais utilizadas pelos artigos da amostra selecionada na base de dados Periódicos CAPES (Quadro 6).

Quadro 6 – Principais referências citadas nos artigos da amostra – Periódicos CAPES

Número de citações	Título	Referência
6	<i>Algorithmic Architecture.</i>	Terzidis (2006)
5	<i>Pattern Language: Towns, Buildings, Construction.</i>	Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977)
5	<i>An Evolutionary Architecture</i>	Frazer (1995)
5	<i>Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence.</i>	Holland (1992)
4	<i>Notes on the synthesis of form.</i>	Alexander (1964)
4	<i>Genetic algorithms in search, optimization and machine learning.</i>	Goldberg (1989)
4	<i>Towards integrated performance-driven generative design tools.</i>	Shea, Aish e Gourtovaia (2005)

Fonte: Os autores.

Em uma análise dos autores com maior número de obras referenciadas, destacam-se: Luisa G. Caldas, William J. Mitchell, Terry W. Knight, George Stiny, Christiane M. Herr, Nigel Cross, Rivka Oxamn e, Kristina Shea e John S Gero. O número de obras publicadas por cada autor, encontrado nas referências analisadas é apresentado a seguir (Quadro 7).

Quadro 7 – Autores mais citados nos artigos da amostra – Periódicos CAPES

Quant. Obras citadas	Autor
16	Caldas, L.G.
12	Mitchell, William J
11	Knight, T. W.
11	Stiny, G.
10	Herr, Christiane M.
9	Cross, N.
9	Oxman Rivka
8	Shea, K.
7	Gero, J.S.

Fonte: Os autores.

No que diz respeito às plataformas para publicação que em maior número apareceram entre as referências analisadas, destacam-se: (i) “*Environment and Planning B: Planning and Design*”, (ii) “*Automation in Construction*”, (iii) “*Design Studies*”, (iv) “*Building and Environment*”, (v) “*Energy and Buildings*”, (vi) “*Computer-Aided Design*” e (vii) “*Architectural Design*”. Vale destacar, também, os eventos com maior número de obras referenciadas. São eles: (1) eCAADe (*Education in Computer Aided Architectural Design in Europe*), (2) CAADRIA (*Computer Aided Architectural Design Research in Asia*), (3) ACADIA (*Association for Computer Aided Design in Architecture*), (4) CAADFutures (*Computer-Aided Architectural Design Futures Foundation*) e (5)

SIGGRAPH – (Special Interest Group on Computer GRAPHics and Interactive Techniques) (Quadro 8).

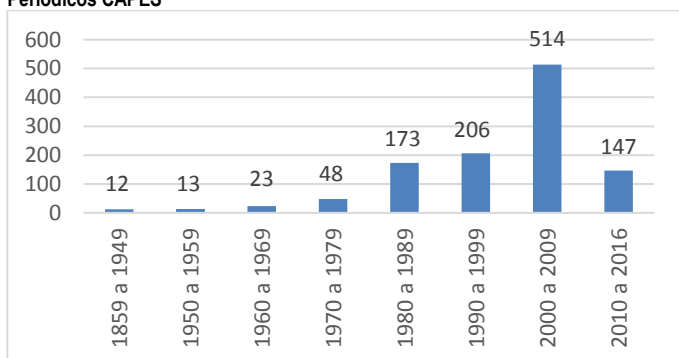
Quadro 8 – Principais referências citadas pelos artigos da amostra Periódicos CAPES

	Obras	Plataforma
Publicações	37	<i>Environment and Planning B: Planning and Design</i>
	36	<i>Automation in Construction</i>
	35	<i>Design Studies</i>
	19	<i>Building and Environment</i>
	17	<i>Energy and Buildings</i>
	15	<i>Computer-Aided Design</i>
	10	<i>Architectural Design</i>
Eventos	19	<i>eCAADe, Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe</i>
	18	<i>CAADRIA - International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia</i>
	7	<i>ACADIA - Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture,</i>
	7	<i>CAADFutures (Computer-Aided Architectural Design Futures Foundation)</i>
	7	<i>SIGGRAPH – (Special Interest Group on Computer GRAPHics and Interactive Techniques)</i>

Fonte: Os autores.

Do total de 1159 referências levantadas, foi possível identificar um aumento gradativo em números totais década a década nos últimos quarenta anos chegando a um pico de 514 publicações na década de 2000. Vale ressaltar que este valor não reflete necessariamente apenas um aumento na exploração do tema, mas também uma outra série de fatores que necessitam de melhor análise, entre eles o próprio aumento do volume geral das publicações ao longo do tempo (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Distribuição temporal das obras citadas nas pesquisas da amostra – Periódicos CAPES



Fonte: Os autores.

A seguir serão apresentados a coleta de dados e os resultados obtidos para o Índice Acumulativo CumInCAD, a segunda base de dados utilizada.

Levantamento realizado no Índice Acumulativo CumInCAD

Assim como foi realizado no portal Periódicos CAPES, a busca no Índice Acumulativo CumInCAD foi desenvolvida a partir das palavras-chave “sistemas generativos”, “Arquitetura” e “Projeto algorítmico”.

Devido às especificidades dos motores de busca utilizados pelas bases de dados, no caso do Índice Acumulativo CumInCAD foi necessário incluir sinais de refinamento de busca, como o “+” para adicionar as palavras-chave diferentemente do Portal Periódicos CAPES, onde as palavras são apenas adicionadas em diferentes campos de busca.

Em comparação às buscas realizadas em português no Portal Periódicos CAPES, o universo inicial de publicações foi consideravelmente mais ampla, mas foi possível manter as combinações utilizadas de no máximo duas palavras chave. Em geral, para a definição dos artigos relevantes, foram eliminados artigos relacionados à questões específicas de programação de laboratórios, prototipagem, propriedade intelectual, área de saúde e ensino não voltado à arquitetura/urbanismo. Com isso, ao final da busca, o número de artigos considerados relevantes chegou a três (3) (Quadro 9).

Quadro 9 – Busca em português – CumInCAD

Descritores	Total	Interesse	Obs.	Relevante
Sistema generativo	42	14	Foram eliminados artigos repetidos ou relacionados à questões específicas de programação de laboratórios, prototipagem, propriedade intelectual, área de saúde e ensino não voltado à arquitetura/urbanismo	12
Sistemas generativos	43	4		-
Sistemas generativos + Arquitetura	0	0		0
Algorítmico +projeto	1	1		-
Projeto Algorítmico +projeto +Arquitetura	0	0		0
Algoritmo	2	2		2
Algoritmo +projeto	1	1		1
Algoritmo +projeto +arquitetura	0	0		0
TOTAIS	88	21		6

Fonte: Os autores.

Ao se realizar a pesquisa na mesma base de dados, com as mesmas combinações de palavras, porém com os termos em inglês, os resultados, assim como na fase anterior, foram consideravelmente mais amplos. Neste caso, devido ao alto número publicações, foi necessário refinar as buscas com termos diferentes dos aplicados anteriormente buscando tornar a amostra de análise mais adequada ao período de estudo. Sendo assim, foram realizadas buscas utilizando as seguintes combinações: (a) “generative system” + architecture” (b) “Generative design” + architecture, (c) “Algorithmic design” + architecture, (d) “Generative design” +architecture +constraints, (e) “Generative design” +urban e (f) “Generative design” +city. Os resultados obtidos com este processo e, seguindo

os métodos de filtragem citados anteriormente, são apresentados abaixo (Quadro 10).

Quadro 10 – Busca em inglês – CumInCAD

Descritores	Total	Interesse	Obs.	Relevante
"generative system"	10	2	-	2
"generative system" +architecture	3	1	Selecionado anteriormente	-
"Algorithmic design"	38	6	-	6
"Algorithmic design" +architecture	24	4	-	-
"Generative design"	322	-	-	-
"Generative design" +architecture	189	-	-	-
"Generative design" +architecture +constraints	22	11	-	9
"Generative design" +urban	41	26	-	22
"Generative design" +city	21	12	-	10
TOTAIS	671	62	13	49

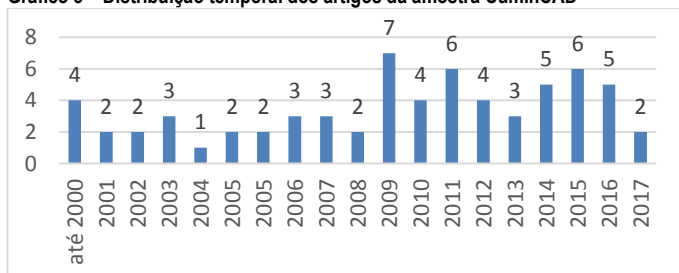
Fonte: Os autores.

Resultados da busca no Índice Acumulativo CumInCAD

A partir do processo descrito anteriormente, foram selecionados 22 artigos com base na busca em português, dos quais, 15 foram considerados relevantes para a pesquisa. Além disso, foram também selecionados 51 artigos (sem repetição) com a busca em inglês, dos quais, 49 foram considerados relevantes para a pesquisa.

Ao total foram selecionados 64 artigos e a análise da data de publicação de cada uma delas permitiu identificar que, apesar de trabalhos esporádicos até o ano 1999, o assunto começa a ser tratado com mais regularidade na década de 2000, com uma média de 2 artigos por ano. A partir de 2009 a média aumentou para 4,5 artigos por ano, se mantendo até 2016 (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Distribuição temporal dos artigos da amostra CumInCAD



Fonte: Os autores.

Todos os artigos selecionados apresentavam algum grau de aplicação prática, podendo variar entre análise de situações existentes, desenvolvimento de ferramentas e estudos para ambientes específicos.

Em geral, os temas explorados em tais publicações também poderiam ser agrupados em função de sua relação com: (i) a gramática da forma, (ii) sustentabilidade, (iii) melhoria da performance do edifício, (iv) condicionantes de projeto, (v) restrições de projeto, (vi) eficiência no uso de recursos, (vii) design e gerenciamento de projetos urbanos, (viii) uso dos SG em tipologias específicas e (ix) georreferenciamento. Quanto às palavras chave atribuídas aos artigos, foram encontrados 114 termos que podem ser agrupados como se segue: (i) sistemas generativos (48%), (ii) processo de projeto (19%), (iii) projeto auxiliado por computador (10%), (iv) sustentabilidade (4%) e (v) outros (19%).

Ao se investigar as fontes dos textos selecionados, destacam-se os seguintes eventos: (i) SIGraDi (22 publicações), (ii) eCAADe (17 publicações), (iii) CAADRIA (7 publicações), (iv) ACADIA (6 publicações) e (v) outros (12 publicações) (Quadro 11). Entre os países de origem das pesquisas, estão, (i) Brasil (17 publicações), (ii) Portugal (10 publicações), (iii) Alemanha (4 publicações), (iv) Áustria (4 publicações), (v) França (4 publicações) e (vi) outros (25 publicações). Complementando a análise, verificou-se 56 autores diferentes, destacando-se Gabriela Celani (Unicamp), Giuseppe Pellitteri (Unipa, Ita) e Jarryer Andrade De Martino (UFES) com três artigos cada.

Quadro 11 — Amostra final de estudo obtida a partir do CumInCAD

Quant.	Publicações	Artigos
23	SIGraDi	[41]; [42]; [43]; [44]; [45]; [46]; [47]; [48]; [49]; [50]; [51]; [52]; [53]; [54]; [55]; [56]; [57]; [58]; [59]; [60]; [61]; [62]; [63].
17	eCAADe	[64]; [65]; [66]; [67]; [68]; [69]; [70]; [71]; [72]; [73]; [74]; [75]; [76]; [77]; [78]; [79]; [80].
7	CAADRIA	[81]; [82]; [83]; [84]; [85]; [86]; [87].
6	ACADIA	[88]; [89]; [90]; [91]; [92]; [93].
11	Outros	[94]; [95]; [96]; [97]; [98]; [99]; [100]; [101]; [102]; [103]; [104].

Fonte: Os autores.

Assim como na base de dados abordada anteriormente, no Índice Acumulativo CumInCAD, em sua maioria, as pesquisas podem ser caracterizadas como experimentais aplicadas. Os softwares utilizados durante as pesquisas, neste caso, foram: *Grasshopper/Rhinoceros*, *AutoCAD*, *3DsMax*, *GIS*, Softwares específicos de análise urbana, *Ecotect*, *Geco*, *Excel* e *GeneArch*, entre outros. As linguagens de programação citadas foram: Visual Basic e Javascript. Vale ressaltar o volume de aplicações da

Gramática da forma e autômatos celulares, assim como as revisões de literatura (Quadro 12).

Quadro 12 – Método utilizado nos artigos da amostra CumInCAD

Total	Método	Referências
40	Pesquisas experimentais com SGs	[47]; [43]; [45]; [46]; [48]; [50]; [52]; [53]; [54]; [56]; [59]; [60]; [61]; [62]; [67]; [69]; [70]; [71]; [72]; [73]; [74]; [78]; [79]; [80]; [81]; [84]; [86]; [87]; [89]; [91]; [92]; [94]; [95]; [96]; [99]; [100]; [101]; [102]; [103]; [104].
8	Estudos de caso baseados em Gramática da Forma	[49]; [65]; [66]; [68]; [75]; [77]; [90]; [98].
7	Revisão de literatura	[41]; [42]; [44]; [51]; [57]; [85]; [88].
9	Outros	[55]; [83]; [63]; [58]; [64]; [76]; [82]; [93]; [97].

Fonte: Os autores.

Os resultados encontrados pelas publicações da amostra do Índice Acumulativo CumInCAD também se concentram na análise do método de projeto utilizado, verificando, além de aplicabilidade, particularidades e limitações, seus impactos para cálculos estruturais, ensino, análises de espaços arquitetônicos e urbanos, comportamento do usuário e desempenho da edificação. Foram também construídas bases teóricas para estudos futuros, análises específicas de ambientes através da gramática da forma, assim como foram produzidos modelos físicos a partir dos estudos desenvolvidos (Quadro 13).

Quadro 13 – Resultados obtidos pelas pesquisas da amostra - CumInCAD

Total	Bases teóricas	Referências
34	Considerações sobre os método de projeto utilizado	[44]; [47]; [48]; [49]; [50]; [52]; [53]; [56]; [59]; [60]; [65]; [66]; [67]; [69]; [70]; [73]; [74]; [75]; [80]; [82]; [84]; [85]; [86]; [87]; [88]; [92]; [94]; [95]; [96]; [97]; [100]; [102]; [103]; [104].
7	Compilação de bases para estudos práticos futuros	[51]; [57]; [58]; [68]; [76]; [90]; [99].
7	Criação de ferramentas de projeto	[41]; [42]; [46]; [54]; [64]; [72]; [83].
7	Análise de ferramentas de projeto	[45]; [77]; [78]; [79]; [81]; [91]; [98].
3	Análise de produtos	[43]; [55]; [61].
2	Modelos físicos	[62]; [71].
4	Outros	[63]; [89]; [93]; [101].

Fonte: Os autores.

Análise das referências utilizadas pelos artigos da amostra principal – CumInCAD

Os artigos selecionados no Índice Acumulativo CumInCAD apresentaram um total de 661 obras de referência. A partir da análise deste referencial, as principais referências comuns encontradas, foram: (i) “*A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*” de

Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977) (8 citações), (ii) “*Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture*” de Stiny e Gips (1972) (8 citações), (iii) “*Algorithmic Architecture*” de Terzidis (2006), publicado em 2006 (5 citações) (Quadro 14).

Quadro 14 – Principais referências citadas pelos artigos da amostra – CumInCAD

Número de citações	Referências	
8	<i>A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction.</i>	Alexander, Ishikawa, e Silverstein (1977)
8	<i>Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture</i>	Stiny, Gips (1972)
5	<i>Algorithmic Architecture</i>	Terzidis (2006)
4	<i>Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses.</i>	Duarte (2001)
4	<i>Architecture in the digital age: design and manufacturing.</i>	Kolarevic (2005)
4	<i>The Language of The Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses.</i>	Konig; Eizenberg (1981)
4	<i>Procedural Modeling of Buildings. ACM Transactions on Graphics</i>	Muller (2006)

Fonte: Os autores.

Em uma análise dos autores com maior número de obras referenciadas, destacam-se: George Stiny, José P. Duarte, Luisa G. Caldas, José Beirão, Robert Woodburry e William J. Mitchell. O número de obras publicadas por cada autor, encontrado nas referências analisadas é apresentado a seguir: (Quadro 15)

Quadro 15 – Autores mais citados nos artigos da amostra – CumInCAD

Quant. Obras citadas	Autor
13	Stiny, G.
11	Duarte J. P.
10	Caldas, L.G.
9	Beirão J.
7	Woodburry, R.
6	Mitchell, William J
5	Batty, M.
5	McFadden, D.
5	Otto, F.
4	Alexander, C.
4	Celani, G.
4	Knight, T. W.
4	Konig, H.
4	Liu, Y.
4	Schumacher, P.

Fonte: Os autores.

No que diz respeito às plataformas para publicação que em maior número apareceram entre as referências analisadas, destacam-se: (i) “*Environment and Planning B: Planning and Design*”, (ii) “*Automation in Construction*”, (iii) “*Computer-Aided Design*” e (iv) “*Design Studies*”. Vale destacar, também, os eventos com maior número de obras referenciadas, que são: (i) eCAADe (*Education in*

Computer Aided Architectural Design in Europe), (ii) ACADIA (*Association for Computer Aided Design in Architecture*), (iii) CAADRIA (*Computer Aided Architectural Design Research in Asia*) e (iv) CAADFutures (*Computer-Aided Architectural Design Futures Foundation*) (Quadro 16).

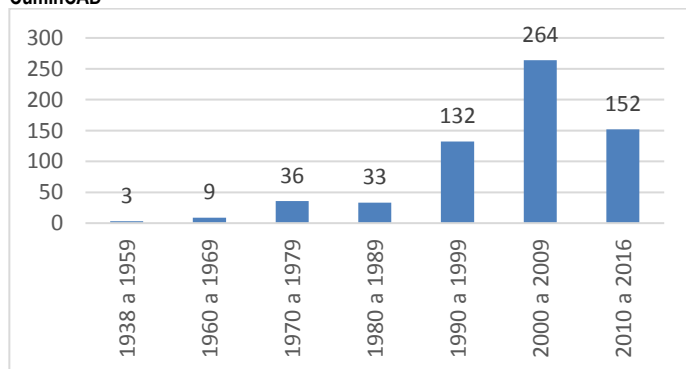
Quadro 16 – Principais referências citadas pelos artigos da amostra – CumInCAD

	Obras	Plataforma
Publicações	32	<i>Environment and Planning B: Planning and Design</i>
	10	<i>Automation in Construction</i>
	9	<i>Architectural Design</i>
	9	<i>Computer-Aided Design</i>
	7	<i>Design Studies</i>
Eventos	38	eCAADe, <i>Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe</i>
	15	ACADIA - <i>Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture</i> ,
	15	CAADRIA - <i>International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia</i>
	8	CAADFutures (<i>Computer-Aided Architectural Design Futures Foundation</i>)

Fonte: Os autores.

Do total de 661 referências levantadas, também foi possível identificar um aumento gradativo em números totais década a década (Gráfico 4). A grande maioria dos textos, 264, data da década de 2000, sendo que entre 2010 e 2016 já foram verificados 152 publicações. Assim como na pesquisa realizada no Portal Periódicos CAPES, vale ressaltar que esta valor não reflete, necessariamente, apenas um aumento na exploração do tema, mas também outros fatores que requerem uma melhor análise.

Gráfico 4 – Distribuição temporal das obras citadas nas pesquisas da amostra – CumInCAD



Fonte: Os autores.

Considerações finais

Quanto ao método utilizado, a RSL se mostrou eficaz à medida em que estabeleceu um caminho consistente entre o universo geral e os resultados específicos. Com a sistematização da aplicação de palavras chave como filtros, foi possível compilar um conjunto de publicações que permitiu traçar um panorama geral das pesquisas sobre

sistemas generativos de projeto. A busca em duas bases de dados ampliou o universo de pesquisa, no entanto, os resultados finais, em ambas, foram bastante semelhantes em todos os itens analisados.

A distribuição dos artigos principais ao longo do tempo aponta para o crescente interesse pelo tema. Se até o ano 2000 o volume de publicações foi incipiente, desde então, as pesquisas passam a ser publicadas regularmente, sendo que a média de publicações anuais apresenta um incremento regular e praticamente dobra a partir de 2009.

Pela natureza das duas bases de dados utilizadas, foram encontradas diferentes plataformas para publicações de artigos. Enquanto no Portal Periódicos CAPES se destacaram as revistas, como “*International Journal of Architectural Computing*”, “*Automation in Construction*”, “*Architectural Design*” e “*Nexus Network Journal*”, no caso do Índice Acumulativo CumInCAD, são abordados exclusivamente os eventos como SIGraDi, eCAADe, CAADRIA e ACADIA.

Revela-se, por meio dos resultados da RSL, que há uma tendência à exploração experimental do tema em detrimento de estudos teóricos, seja através do desenvolvimento ou da aplicação de ferramentas voltadas para a geração de formas.

A partir da análise dos métodos utilizados nas pesquisas pode-se verificar que, da amostra principal, nas duas bases de dados, houve uma tendência ao tratamento do tema Sistemas generativos de Projeto, de forma experimental aplicada, principalmente através do desenvolvimento e uso dos algoritmos de projeto. Os resultados obtidos também tendem a se concentrar em análises críticas específicas dos métodos utilizados. Apesar da presença de sistemas analógicos como gramática da forma, os meios digitais se destacam como base para as pesquisas. Além disso, foram citados vários softwares como base para os estudos, destacando-se *Grasshopper/Rhinoceros*, *AutoCAD*, *3DsMax*, *Ecotect* e softwares *GIS*.

Ao considerar a análise das referências utilizadas pelos artigos da amostra principal, verificou-se a importância das obras “*A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*” de Alexander, Ishikawa e Silverstein (1977), “*Algorithmic Architecture*” de Terzidis (2006) e “*Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture*” de Stiny e Gips (1972). Com os autores que mais produziram obras relacionadas ao tema, também houve semelhança entre as bases, podendo-se citar George Stiny, José P. Duarte, Luisa G. Caldas, José Beirão, William J. Mitchell, Terry W. Knight e Christiane M. Herr.

No que diz respeito aos periódicos utilizados como referência pelos artigos principais, destacaram-se: “*Environment and Planning B: Planning and Design*”,

“Automation in Construction”, “Design Studies” e “Architectural Design”. Já no que diz respeito aos eventos de interesse, os mais significativos foram: eCAADe, CAADRIA, ACADIA, CAADFutures e SIGGRAPH. Complementando a análise das referências, também em ambas as bases de dados, foi verificado que o embasamento teórico das pesquisas, apesar de contar com obras relativamente antigas, tem seu principal lastro em publicações mais recentes, principalmente a partir da década de 2000.

Vale ressaltar, que apesar do baixo número de publicações em língua portuguesa, ao se levantar os países de origem das pesquisas, nota-se que a maioria foi desenvolvida no Brasil ou em Portugal, com grande participação, também, de Alemanha, Estados Unidos, Canadá e Austrália.

A partir desta RSL também foi possível estabelecer um cenário de autores e obras significativos para fundamentação de futuras pesquisas voltadas aos sistemas generativos de projeto. Foi ainda possível, no desenvolvimento do trabalho, identificar as principais fontes de informações relativas ao tema e quais são as plataformas mais indicadas para publicação dos materiais a serem produzidos.

Como se vê, o reflexo da revolução tecnológica no campo da arquitetura pode ser notado ao se constatar o aumento na exploração do tema sistemas generativos de projeto. Este aumento pode indicar que, com o desenvolvimento das tecnologias digitais, o computador se tornou uma ferramenta capaz de explorar as lógicas de geração de formas arquitetônicas como nunca se viu anteriormente.

Nota

(1) http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pcollection&Itemid=104, Acesso em 27/06/2018

Referências

- ABRISHAMI, S. *et al.* Integration of BIM and generative design to exploit AEC conceptual design innovation. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)** v. 19, 2014. P. 350-359. Disponível em: <http://www.itcon.org/2014/21>. Acesso em: 25 de agosto 2016.
- ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ALEXANDER, C., ISHIKAWA, S., SILVERSTEIN, M. **A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction**. Oxford: Oxford University Press, 1977.
- ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Building Information Modeling (BIM). In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* **O Processo de Projeto Em Arquitetura da Teoria à Tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- CASTELLS, M. **The Rise of the Network Society: The Information Age: Economy, Society, and Culture**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2a. ed., 2010.
- CELANI, G. 2011. Algorithmic Sustainable Design: Uma visão crítica do projeto generativo. **Resenhas Online**, n. 116.03, 2011. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.116/3995>. Acesso em: 10 agosto 2016.
- COOK, D. Systematic reviews: the case for rigorous methods and rigorous reporting. **Canadian Journal of Anaesthesia/Journal Canadien D'Anesthesie**, v. 44, n. 4, 1997. p. 350-353.
- DUARTE, J. P. **Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2001. Tese de Doutorado.
- EASTMAN, C. M. *et al.* **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- FISCHER, T.; HERR, C. M. **Teaching generative design**. Proceedings of the 4th International Generative Art Conference. Milan: Politecnico di Milano University, 2001.
- FRAZER, J. **An Evolutionary Architecture**. London: Architectural Association, 1995.
- GOLDBERG, D. E. **Genetic algorithms in search, optimization and machine learning**. Boston: Addison Wesley, 1989.

HIGGINS, J.P.T.; GREEN, S. (ed.). **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0**. The Cochrane Collaboration, 2011. Disponível em: <http://www.handbook.cochrane.org>. Acesso em: 05 fevereiro 2016.

HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. Cambridge: MIT Press, 1992.

HOWELL, I.; BATCHELER, B. **Building information modeling two years later — Huge potential, some success, and several limitations**. The Laiserin Letter 24, 2005. Disponível em: http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf. Acesso em: 29 janeiro 2016.

KALAY, Y. E. The impact of information technology on design methods, products and practices. **Design Studies**, v. 27, n. 3, 2006. p. 357-380. doi:<https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.001>

KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51, n. 1, 2009. p. 7–15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>

KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, P. **Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews**. Boca Raton: CRC Press, 2016.

KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. New York/London: Spon Press, 2005.

KONIG, H. e EIZENBERG, J. The Language of The Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses. **Environment and Planning**, v. 8, n. 3, 1981. pp. 295-323. doi:<https://doi.org/10.1068/b080295>

MULLER, P. *et al.* Procedural Modeling of Buildings. **ACM Transactions on Graphics**, v. 25, n. 3, 2006. pp. 614-623. doi:<https://doi.org/10.1145/1141911.1141931>

SHEA, K.; AISH, R.; GOURTOVAIA, M. Towards integrated performance-driven generative design tools. **Automation in Construction**, v. 14, n. 2, 2005. p. 253–264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.07.002>

STINY, G e GIPS J. Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. In: PETROCELLI, O. R. (ed.). **The best computer papers of 1971**. Philadelphia: Auerbach Publishers, 1972. pp. 125–35.

TERZIDIS, K. **Algorithmic Architecture**. Oxford: Architectural Press, 2006.

Bibliografia [artigos classificados pela RSL]

1. ABDELMOHSEN, S. M. An Inquiry into Designing in Context using Generative Systems. **International Journal of Architectural Computing**, v. 12, n. 4, 2014. P. 477-494. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.12.4.477>
2. CELANI, G.; VAZ, C. E. V. CAD Scripting And Visual Programming Languages For Implementing Computational Design Concepts: A Comparison From A Pedagogical Point Of View. **International Journal of Architectural Computing**, v. 10, n. 1, 2012. P. 121-137. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.10.1.121>
3. GLOBA, A.; DONN, M.; MOLONEY, J. Abstraction versus Case Based:A Comparative Study of Two Approaches to Support Parametric Design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 13, n. 3-4, 2015. P. 313-333. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.13.3-4.313>
4. GROBMAN, Y. J.; YEZIORO, A.; CAPELUTO, I. G. Computer-Based Form Generation in Architectural Design – a Critical Review. **International Journal of Architectural Computing**, v. 7, n. 4, 2009. P. 535-553. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.7.4.535>
5. HENRIQUES, G. C. TetraScript:A Responsive Pavilion,From Generative Design to Automation. **International Journal of Architectural Computing**, v. 10, n. 1, 2012. P. 87-104. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.10.1.87>
6. LEITÃO, A.; CAETANO, I.; CORREIA, H. Processing architecture. **International Journal of Architectural Computing**, v. 14, n. 2, 2016. P. 147-157. doi:<https://doi.org/10.1177/1478077116638927>

7. MADKOUR, Y. NEUMANN, O.; ERHAN, H. Programmatic Formation: Practical Applications of Parametric Design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 7, n. 4, 2009. P. 587-603. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.7.4.587>
8. MEYBOOM, A. L. Heavy Design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 9, n. 3, 2011. P. 241-257. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.9.3.251>
9. YEUNG, W. K.; HARKINS, J. Digital Architecture for Humanitarian Design in Post-Disaster Reconstruction. **International Journal of Architectural Computing**, v. 9, n. 1, 2011. P. 17-31. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.9.1.17>
10. CHASE, S. C. Generative design tools for novice designers: Issues for selection. **Automation in Construction**, v. 14, 2005. P. 689-698. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.12.004>
11. GRANADEIRO, V. *et al.* Building envelope shape design in early stages of the design process: Integrating architectural design systems and energy simulation. **Automation in Construction**, v. 32, 2013. P. 196-209. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.003>
12. HERR, C. M.; FORD R. C. Cellular automata in architectural design: From generic systems to specific design tools. **Automation in Construction**, 2016. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.07.005>
13. HERR C. M.; KVAN T. Using Cellular Automata to Generate High-Density Building Form. **Automation in Construction**, 2015. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.007>
14. HERR C. M.; KVAN T. Adapting cellular automata to support the architectural design process **Automation in Construction**, v. 16, n. 1, 2007. P. 61-69. doi:<https://doi.org/10.1007/s11227-016-1718-7>
15. HOFMEYER, H. Cyclic application of transformations using scales for spatially or structurally determined design. **Automation in Construction**, v. 16, 2007. P. 664-673. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.11.004>
16. SOUSA, J. P.; XAVIER, J. P. Symmetry-based generative design and fabrication: A teaching experiment. **Automation in Construction**, v. 51, 2015. P. 113-123. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.11.001>
17. DERIX, C. The space of people in Computation. **Architectural Design**, 2014. P. 14-23. <http://dx.doi.org/10.1002/ad.1803>
18. VEREBES, T.; LEACH, N. Experiments in Associative Urbanism. **Architectural Design**, 2009. P. 25-33. doi:<https://doi.org/10.1002/ad.913>
19. STEADMAN, P. Generative Design Methods and the Exploration of Worlds of Formal Possibility. **Architectural Design**, 2014. P. 24-31. doi:<https://doi.org/10.1002/ad.1804>
20. FRAZER, J. Parametric Computation History and Future. **Architectural Design**, v. XX, n. XX, 2016. P. 18-23. doi:<https://doi.org/10.1002/ad.2019>
21. CORCUFF, M. P. Modularity and Proportions in Architecture and their Relevance to a Generative Approach to Architectural Design. **Nexus Network Journal**. v. 14, n. 1, 2012. P. 53-73. doi:<https://doi.org/10.1007/s00004-011-0097-x>
22. EILOUTI, B. H.; AL-JOKHADAR, A. M. A Generative System for Mamluk Madrasa Form – Making. **Nexus Network Journal**. v. 9, n. 1, 2007. P. 7-30. doi:<https://doi.org/10.1007/s00004-006-0027-5>
23. SEDREZ, M. R.; PEREIRA, A. T. C. Fractal Shape. **Nexus Network Journal**. v. 14, n. 1, 2010. P. 97-107. doi:<https://doi.org/10.1007/s00004-011-0099-8>
24. LEE, Y.; KIM, S. Algorithmic Design Paradigm Utilizing Cellular Automata for the Han-ok. **Nexus Network Journal**. 2016. doi:<https://doi.org/10.1007/s00004-016-0292-x>
25. AJADI, S. Apoptosis In City Systems: A Biomimetic Approach To City Regeneration. **Journal of Construction Project Management and Innovation**. v. 3, n. 1, 2013. P. 589-607.

26. BUKHARI, F. A. **A Hierarchical Evolutionary Algorithmic Design (HEAD) System for Generating and Evolving Building Design Models**. Tese de Doutorado - Built Environment and Engineering, School of Design, Queensland University of Technology, Queensland. 2011. P. 343.
27. CALDAS, L. Generation of energy-efficient architecture solutions applying GENE_ARCH: An evolution-based generative design system. **Advanced Engineering Informatics**. v. 22, 2008. P. 59-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aei.2007.08.012>
28. CALDAS, L.; NORFORD, L. K.; ROCHA, J. M. An evolutionary model for sustainable design. **Management of Environmental Quality An International Journal**. v. 14, n. 3, 2003. P. 383-397. doi:<https://doi.org/10.1108/14777830310479450>
29. CALDAS, L.; SANTOS, L. Painting with light: An interactive evolutionary system for daylighting design. **Building and Environment**. 2016. P. 1-41. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.07.023>
30. DUTTA, K.; SARTHAK, S. Architectural space planning using evolutionary computing approaches: a review. **Artificial Intelligence Review**. v. 36, 2011. P. 311-321. doi:<https://doi.org/10.1007/s10462-011-9217-y>
31. ESTKOWSKI, T. **Towards a Generative Design System Based on Evolutionary Computing**. Tese de Doutorado - The Oslo School of Architecture and Design, Oslo. 2014. P. 216.
32. GERBER, D. J.; LIN, S. E. Designing in complexity: Simulation, integration, and multidisciplinary design optimization for architecture. **Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International**. v. 90, n. 8, 2013. P. 936-959. doi:<https://doi.org/10.1177/0037549713482027>
33. GULLICHSEN, E.; CHANG, E. Generative design in architecture using an expert system. **The Visual Computer**. v. 1, 1985. P. 161-168. doi:<https://doi.org/10.1007/BF01910018>
34. KIM, H.; SHIN, S. A Study on Innovation in Technology and Design Variation for Super Tall Buildings. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**. v. 10, 2011. P. 61-68. doi:<https://doi.org/10.3130/jaabe.10.61>
35. KIM, J. Adaptive façade design for the daylighting performance in an office building: the investigation of an opening design strategy with cellular automata. **International Journal of Low-Carbon Technologies**. v. 10, n. 3, 2015. P. 313-320. doi:<https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt015>
36. KRISH, S. A practical generative design method. **Computer-Aided Design**. v. 43, 2011. P. 88-100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cad.2010.09.009>
37. LEE, J.; HUNG, W. Form Follows Feng-shui: A Constraint-based Generative System for Housing. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**. 2005. P. 347-353. doi:<https://doi.org/10.3130/jaabe.4.347>
38. SINGH, V.; GU, N. Towards an integrated generative design framework. **Design Studies**. v. 33. 2012. P. 185-207. doi:<https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.06.001>
39. SOLMS, F.; LOUBSER, D. Generating MDA's platform independent model using URDAD. **Knowledge-Based Systems**. v. 22, 2009. P. 174-185. doi:<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2008.11.008>
40. TEPAVČEVIĆ, B.; STOJAKOVIĆ, V. Shape Grammar in Contemporary Architectural Theory And Design. **Facta Universitatis Series : Architecture and Civil Engineering**. v. 10, n. 2, 2012. P. 169-178. doi:<https://doi.org/10.2298/FUACE1202169T>
41. CHERNOBILSKY, L. B.; MONTAGU A. F. Desarrollo de un Sistema de Información e Infraestructura Edilicia. In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 2. 1998, Mar Del Plata. **Anais...** P. 2-7.
42. SCALETSKY, C. et al. A criação de uma ferramenta de auxílio à concepção inicial em arquitetura através de um sistema aberto de referências. In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 5. 2001, Concepción. **Anais...** P. 80-82.

43. SAITO, K. E. Sistemas de espacios modulares. Posible alternativa de generación. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 6. 2002, Caracas. **Anais...** P. 71-73.
44. ROGÉRIO, E. W. Utilização dos dados do programa de saúde da família como subsídio para a construção de um sistema geográfico de informações. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 8. 2004, São Leopoldo. **Anais...** P. 307-309.
45. FRANCO, J. M. S.; SALGADO, L. S. Conceção e análise de sistema estrutural de membrana em 3DS Max e SAP2000 / Conception and analysis of structural system of membrane in 3DS Max and SAP2000. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 11. 2007, Cidade do México. **Anais...** P. 58-63.
46. HENRIQUES, G. C.; DUARTE, J. P.; FONSECA, J. O. TetraScript: Sistema integrado para otimizar a iluminação natural num espaço circunscrito. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 13. 2009, São Paulo. **Anais...** P. 107-109.
47. CELANI, G. Enseñando diseño generativo: una experiencia didáctica. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 13. 2009, São Paulo. **Anais...** P. 162-165.
48. BRUSCATO, U. M.; ALVARADO, R. G. Muro-pixel: exploración digital de un sistema constructivo de placas entrelazadas. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 14. 2010, Bogotá. **Anais...** P. 205-208.
49. BANDA, P. Absorbente de panal de abejas: explorando la adición de performance en sistemas de modelado paramétrico. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 14. 2010, Bogotá. **Anais...** P. 272-275.
50. ISAIAS, H. R. Centro de Informação e Convivência: uma plataforma para aplicação de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico para a área de influência do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 15. 2011, Santa Fé. **Anais...** P. 1-4.
51. CHIARELLA M. et al. Patrones Generativos Dinámicos (URDIR.Lab). Estrategias proyectuales paramétricas simples para el ejercicio profesional cotidiano. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 15. 2011, Santa Fé. **Anais...** P. 1-5.
52. MARTINO, J. A.; CELANI, G. Sistema Generativo Evolutivo como Método no Processo Criativo. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 18. 2014, Montevideu. **Anais...** P. 380-383.
53. MARTINO, J. A.; CELANI, G. Definição Volumétrica a partir de um Sistema Generativo Evolutiv. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 18. 2014, Montevideu. **Anais...** P. 384-388.
54. LIMA, F. R.; SANTOS, P. E.; MORAES, E. F. A. M. Emprego de Sistema de Informações Geográficas (SIG) na Modelagem e Monitoramento de um Campus Universitário. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 18. 2014, Montevideu. **Anais...** P. 512-515.
55. NOBRE, A. X. M.; MACHADO, L. M. A.; ALENCAR, M. H. V. A abordagem sistêmica do processo generativo da forma aplicada ao projeto em Design. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 18. 2014, Montevideu. **Anais...** P. 413-417.
56. FIGUEROA, E. L.; BALTAR, J. L.; RODRIGUEZ, B. B. Aplicación de un algoritmo de reconocimiento de recintos a un sistema cad para las industrias de la piedra. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 5. 2001, Concepción. **Anais...** P. 98-102.
57. MARTINO, J. A.; CELANI, G. O Algoritmo Evolutivo como método projetual. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 16. 2012, Fortaleza. **Anais...** P. 570-574.
58. VOIGT, A.; WALCHHOFER, H.P.; LINZER, H. City Experimental Lab. In: CONGRESO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 4. 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** P. 143-146.

59. LIMA, F.; KOS, J. R.; PARAÍZO, R. C. Abordagens generativas em planejamento urbano: experimentos de otimização para princípios de Transit Oriented Development. In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 19. 2015, Santa Catarina. **Anais...** P. 649-656.
60. CALIXTO, V.; VINCENT, C. C. Arquitetura Algorítmica: Processos e Ferramentas . In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 17. 2013, Valparaíso. **Anais...** P. 363-365.
61. SILVA, L. S.; et al. O uso do conceito paramétrico aplicado a uma inovação no mobiliário urbano: estudo de caso bicicletário. In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 20. 2016, Buenos Aires. **Anais...** P. 337-341.
62. PINTO, Y. A.; PUPO, R. Explorando a ferramenta de programação em design: um estudo sobre grasshopper. In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 19. 2015, Santa Catarina. **Anais...** P. 686-690.
63. GRANERO, A. E.; BARRÓN, A.; URRUTI, M. T. Transformaciones en el sistema educacional, influencia de la Gráfica Digital. In: CONGRESSO DA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL - SIGRADI, 11. 2007, Cidade do México. **Anais...** P. 182-186.
64. BUR, M. A. G. D.; HALIN, G. A “green design” method to integrate daylight in the early phase of the design process: The use of intentions knowledge base to generate solutions. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2011, Ljubljana. **Anais...** P. 309-317.
65. ULMER, A.; et al. Procedural Design of Urban Open Spaces. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2007, Frankfurt. **Anais...** P. 351-358.
66. CELANI, G.; et al. Generative Design Systems for Housing An outside-in approach. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2005, Lisboa. **Anais...** P. 501-506.
67. PELLITTERI, G.; et al. Digital Architectures Generated Using Forces in Urban Environment. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2008, Antuérpia. **Anais...** P. 951-958.
68. GODOI, G.; CELANI, G. Shape Grammars and Historical Town Renovations: A Case Study in Monte Alegre Do Sul. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2009, Istanbul. **Anais...** P. 237-242.
69. Pellitteri, G.; et al. A Generative Design System to Interactively Explore Different Urban Scenarios. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2010, Zurique. **Anais...** P. 851-859.
70. GÜRBÜZ, E.; ÇAĞDAŞ, G.; ALAÇAM, S. A Generative Design Model for Gaziantep’s Traditional Pattern. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2010, Zurique. **Anais...** P. 841-849.
71. VETTORETTI, A. C.; et al. Anthropometric and behavior data applied to a generative design system A study of public benches. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2011, Ljubljana. **Anais...** P. 469-476.
72. CELANI, G.; et al. Optimizing the “characteristic structure” Combining shape grammars and genetic algorithms to generate urban patterns. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2011, Ljubljana. **Anais...** P. 491-500.
73. SCHNEIDER, S.; König, R. Exploring the Generative Potential of Isovist Fields, The evolutionary generation of urban layouts based on isovist field properties. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2012, Praga. **Anais...** P. 355-364.

74. CALDAS, L. G.; SANTOS, L. Generation of Energy-Efficient Patio Houses With GENE_ARCH Combining an evolutionary generative design system with a shape grammar. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2012, Praga. **Anais...** P. 459-470.
75. PATT, T. Generative Master planning Inspired by Cellular Automata with Context-specific Tessellation. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2015, Viena. **Anais...** P. 461-466.
76. KLERK, R.; BEIRÃO, J. Ontologies and Shape Grammars, A Relational Overview Towards Semantic Design Systems. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2016, Oulu. **Anais...** P. 305-314.
77. JANSSEN, P.; et al. Parametric Modelling with GIS. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2016, Oulu. **Anais...** P. 59-68.
78. TORUS, B.; ÇOLAKOĞLU, B. Plan Layout Generator (PLG) A Rule-Based Plan Layout Generator for Mardin Houses. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2009, Istanbul. **Anais...** P. 425-430.
79. KOLOVOU, E. Sensitive skin design: a generative approach. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2011, Ljubljana. **Anais...** P. 453-460.
80. MARIN, P.; et al. Creativity With the Help of Evolutionary Design Tool. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE - ECAADE. 2012, Praga. **Anais...** P. 319-328.
81. LOPES, J. V.; PAIO, A. C.; SOUSA, J. P. Parametric urban models based on Frei Otto's generative form-finding processes. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2014, Quioto. **Anais...** P. 595-604.
82. SUN, J. K.; KIMM, G.; ALHADIDI, S. Generative architecture in DLA space. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2015, Daegu. **Anais...** P. 189-198.
83. ALHADIDI, S. Generative design intervention, Creating a computational platform for sensing space. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2013, Singapura. **Anais...** P. 345-354.
84. YUAN, F.; HUANG, S.; TONG, X. Physical and numerical simulation as a generative design tool. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2016, Melbourne. **Anais...** P. 353-362.
85. COOREY, A.; HAEUSLER, M. H.; COOREY, B. Predictive urban analytics. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2017, Suzhou. **Anais...** P. 209-218.
86. CALDAS, L. G. Shape generation using Pareto genetic algorithms. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2003, Bangkok. **Anais...** P. 1-13.
87. CAETANO, I.; LEITÃO, A. Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA - CAADRIA. 2017, Suzhou. **Anais...** P. 633-642.
88. GERZSO, J. M. On the Limitations of Shape Grammars: Comments on Aaron Fleisher's Article "Grammatical Architecture?". In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE - ACADIA. 2003, Indianapolis. **Anais...** P. 279-287.

89. STREICH, B.; OXMAN, R.; FRITZ, O. Computer-Simulated Growth Processes in Urban Planning and Architecture. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE - ACADIA. 2000, Washington. **Anais...** P. 233-238.
90. DATTA, S.; Woodbury, R. F. Reducing Semantic Distance in Generative Systems: A Massing Example. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE - ACADIA. 1998, Quebec. **Anais...** P. 164-171.
91. BILORIA, N. Morphogenomic Urban and Architectural Systems An Investigation into Informatics Oriented Evolution of Form: The Case of the A2 Highway. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE - ACADIA. 2008, Mineápolis. **Anais...** P. 152-157.
92. TAMKE, M.; STASIUK, D.; THOMSEN, M. R. The rise – material behavior in generative design. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN. IN ARCHITECTURE - ACADIA. 2013, Cambridge. **Anais...** P. 379-388.
93. DAS, S.; et al. Space Plan Generator. In: CONFERÊNCIA DA ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE - ACADIA. 2003, Indianápolis. **Anais...** P. 106-115.
94. LOEMKER, T. M. Designing With Machines, Solving architectural layout planning problems by the use of a constraint programming language and scheduling algorithms. In: CONFERÊNCIA DA ARAB SOCIETY FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN - ASCAAD. 2006, Sharjah. **Anais...** P. 88-106.
95. PELLITTERI, G.; et al. Architectural shape generating, through environmental Forces. In: CONFERÊNCIA CAADFUTURES. 2009, Montreal. **Anais...** P. 875-886.
96. ABDELMOHSEN, S. M.; MASSOUD, P. M. Making sense of those batteries and wires Parametric design between emergence and autonomy. In: CONFERÊNCIA CAADFUTURES. 2015, São Paulo. **Anais...** P. 279-296.
97. CAETANO, I.; SANTOS, L.; LEITÃO, A. From idea to shape, from algorithm to design A framework for the generation of contemporary façades. In: CONFERÊNCIA CAADFUTURES. 2015, São Paulo. **Anais...** P. 483.
98. HERR, C. M.; KVAN, T. Using Cellular Automata to Generate High-Density Building Form. In: CONFERÊNCIA CAADFUTURES. 2005, Vienna. **Anais...** P. 1-10.
99. BEIRÃO, J. N.; et al. Monitoring urban design through generative design support tools: a generative grammar for Praia. In: CONGRESSO LUSOFONO DE CIENCIA REGIONAL. 2009, Cabo Verde. **Anais...** P. 1-32.
100. CHENG, H. M. Generative Design in an Evolutionary Procedure An approach of genetic programming. In: LEEUWEN, J. P.; Timmermans, H. J. P. **Innovations in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning**. Dordrecht: Springer Netherlands. 2006. P. 419-431.
101. LANGLEY, P.; DERIX, C.; COATES, P. S. Meta-cognitive mappings: growing neural networks for generative urbanism. In: GENERATIVE ART CONFERENCE. 2007, Milão. **Anais...** P. 1-12.
102. LIOU, S. R. Design from Known to New -Issues of Generative Architecture under Digital Environment. In: GENERATIVE ART CONFERENCE. 2002, Milão. **Anais...** P. 1-8.
103. LÖMKER, T. M. Solving revitalization problems by the use of a constraint programming language. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE APPLICATIONS OF COMPUTER SCIENCE AND MATHEMATICS IN ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING. 2006, Weimar. **Anais...** P. 1-13.
104. MADKOUR, Y.; NEUMANN, O.; ERHAN, H. Programmatic Formation: Practical Applications of Parametric Design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 7, n. 4, 2009. P. 587-603. doi:<https://doi.org/10.1260/1478-0771.7.4.587>

¹ **Leonardo Sanches**

Arquiteto e Urbanista. Mestre em Ambiente Construído pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído (PROAC) da Universidade Federal de Juiz de Fora. Arquiteto titular - Estúdio06 e Professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora – CESJF. Endereço postal: Campus Arnaldo Janssen, Av. Luz Interior, 345, Bairro Estrela Sul, Juiz de Fora, MG, Brasil, CEP 36030-776.

² **José Gustavo Francis Abdalla**

Arquiteto e Urbanista. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor Titular na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora. Endereço postal: Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Campus Universitário - Quarta Plataforma, Martelos, Juiz de Fora, MG, Brasil, CEP 36036-400.

³ **Klaus Chaves Alberto**

Arquiteto e Urbanista. Doutor em Urbanismo pela Programa de Pós-Graduação em Urbanismo (PROURB) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor adjunto na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora. Endereço postal: Universidade Federal de Juiz de Fora (Campus UFJF), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil, CEP 36036-900.