ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Arquitetura na era digital: proposta de um repertório de análise de projeto na contemporaneidade.

Architecture in the digital age: proposal for a repertoire of project analysis in contemporaneity

Karina Rossana Menezes Schüssler
Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas | Maceió | Brasil | karina.schussler@uncisal.edu.br
Alexandre Márcio Toledo
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | alexandre.toledo@fau.ufal.br
Morgana Maria Pitta Duarte Cavalcante
Universidade Federal deAlagoas | Maceió | Brasil | morgana.duarte@fau.ufal.br

Resumo

A Arquitetura Digital (AD) provocou uma revolução no processo de projeto arquitetônico, ao possibilitar maior controle do processo e expansão dos limites formais e conceituais das propostas projetuais. E, embora sua prática seja amplamente utilizada no campo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), sua teoria ainda se encontra em formação, devido, em parte, à evolução constante das tecnologias digitais. Paralelamente, a análise de projeto, que avalia forma, conceito, função, viabilidade, dentre outros atributos das obras arquitetônicas, ainda está se adaptando à realidade digital. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo identificar aspectos da AD e do projeto digital que se adequem à elaboração de um repertório de análise de projeto da arquitetura concebida em meio digital. Para tanto utilizou-se como metodologia uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL) de análise de projeto e da arquitetura digital, obtendo-se como resultados um resumo dos processos de criação de formas, a categorização dos modelos digitais de projeto e um modelo de análise para obras da AD, contribuindo para a construção de uma avaliação mais efetiva dos projetos da era digital.

Palavras-chave: Análise de projeto. Arquitetura digital. Modelo de análise.

Abstract

Digital Architecture (DA) has revolutionized the architectural design process by enabling greater control over the process and expanding the formal and conceptual limits of design proposals. Although its practice is widely used in the field of Architecture, Engineering, and Construction (AEC), its theory is still under development, due in part to the constant evolution of digital technologies. At the same time, design analysis, which evaluates form, concept, function,

Como citar:
SCHÜSSLER, K.R.M.; TOLEDO, A.M. A.; CAVALCANTE, M.M.P.D. Arquitetura na era digital: proposta de um repertório de análise de projeto na contemporaneidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

feasibility, and other attributes of architectural works, is still adapting to the digital reality. In this context, this study aims to identify aspects of DA and digital design that are suitable for developing a repertoire of design analysis for architecture conceived in a digital environment. To this end, an Integrative Literature Review (ILR) of design analysis and digital architecture was used as a methodology, resulting in a summary of the processes of creating forms, the categorization of digital design models, and an analysis model for DA works, contributing to the construction of a more effective evaluation of projects in the digital era.

Keywords: Project analysis. Digital architecture. Analysis model.

INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

A prática da arquitetura digital (AD) é entendida como a resultante estética, teórica e processual do projeto digital, no qual o conhecimento e controle dos modelos digitais são essenciais, para a extrapolação dos limites conceitual e formal das soluções arquitetônicas [1] em comparação aos projetos desenvolvidos analogicamente.

Em paralelo a esta revolução no processo de projeto, as práticas de projeto advindas da metodologia BIM (*Building Information Modeling*), empregadas mundialmente e no âmbito da Arquitetura Engenharia e Construção (AEC), desde 1986, complementam esse tipo de arquitetura, uma vez que ao "gerenciar informações em um projeto de construção em todo seu ciclo de vida" [2] materializam a obra por meio de sistemas de controle e acompanhamento digitais.

Contudo, e, apesar da AD estar disseminada no mercado da AEC há mais de duas décadas, o cenário teórico de suas práticas ainda não está completamente definido. Isto porque, se por um lado as tecnologias digitais de projeto estão em constante evolução, pelo avanço dos *softwares*, processos digitais e técnicas de fabricação [3], por outro lado, ainda são incipientes as tentativas de analisar tais obras, com termos que unifiquem as categorias, classificações e mesmo interpretações acerca desse tipo de produção arquitetônica [4].

A análise de projeto é uma disciplina há muito explorada por autores e mesmo arquitetos, com o objetivo de entender a viabilidade, riscos, custos e benefícios das decisões arquitetônicas. Além disso, envolve a leitura das obras, avaliação e a construção de uma linguagem própria, que apresente a obra em sua essência formal e conceitual, para além de requisitos, restrições e objetivos do projeto [5].

A construção do repertório de análise da arquitetura moderna reuniu critérios formais, plásticos, estéticos, estruturais e técnicos das obras projetadas no papel ou analogicamente até fins da década de 1990 [6] e [7]. Contudo, quando as tecnologias digitais de projeto possibilitaram o surgimento do desconstrutivismo, foi iniciada uma mudança na forma de análise de projeto, evidenciando "outra estratégia de leitura" [8] das construções, ou seja, a análise de projeto analógica não contemplava a complexidade formal da arquitetura na era digital. Assim apresenta-se a questão desta pesquisa: como efetivar a análise de projeto da Arquitetura na era digital?

Para responder esta questão, este trabalho, fruto da disciplina "PGAU 213 Análise de Processos de Projeto na Contemporaneidade: Teoria e Prática" do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU/UFAL, objetiva identificar os aspectos da arquitetura e projeto digitais que se adequem à elaboração de um modelo de análise de projeto da AD, incluindo um repertório linguístico específico. A metodologia embasou-se na categorização de critérios e foi realizada em três etapas: i) Revisão Integrativa da Literatura (RIL); ii) construção de um resumo geral do processo de criação de formas e, iii) categorização dos modelos digitais de análise e criação do repertório linguístico para análise.

Os autores que constam na RIL e apresentados na metodologia, se distinguem em dois blocos distintos: em primeiro, uma literatura mais antiga, mas que ainda fundamenta os métodos de geração da forma e processos de projeto da AD na atualidade, e em segundo, estudos empíricos no período entre 2010 e 2023, para avaliar os projetos digitais, incluindo análise visual e uso de tecnologias contemporâneas.

Por fim, salienta-se que mesmo as tecnologias digitais de projeto estendo em evidência, a análise das obras da AD ainda é incipiente, faltando termos unificados para sua categorização e interpretação. Desta forma, este estudo ao propor um modelo de análise de projeto digital, considerando as práticas deste tipo de arquitetura, para além das estratégias de leitura analógicas, intenta preencher essa lacuna e contribuir na construção de um vocabulário técnico analítico adequado à era digital.

METODOLOGIA

Para responder às questões da pesquisa, construiu-se uma metodologia seguindo a lógica de [9] apontando a categorização, como a melhor fórmula na criação de um método, pois propõe a organização dos "(...) princípios de um sistema lógico de modo que todo o domínio seja capturado, sem sobreposições conceituais nas categorias". Além disso, observaram-se os preceitos de [5] acerca dos parâmetros tecnológicos de análise da arquitetura. Dessa maneira, realizou-se três etapas para a construção do modelo de análise da AD, baseadas em uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL):

RIL

Esse método sintetiza resultados de vários tipos de estudos (empíricos, teóricos, experimentais, dentre outros) sobre um tema, ampliando resultados, e ainda, multiplicando as possibilidades de estudo, com a finalidade de definição de conceitos, revisão de teorias ou análise metodológica [10]. Para esse trabalho, escolheu-se utilizar títulos teóricos analisados em uma revisão bibliográfica e estudos empíricos analisados por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) no período de 2010 a 2023.

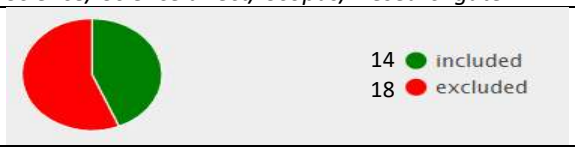
Na revisão bibliográfica, estudou-se os critérios de análise de geração de forma de [11] e os parâmetros comparativos dos modelos de geração de forma de [12], além da literatura sobre projeto digital [4], [2], dentre outros. Essa literatura inicial, apesar de antiga, ainda embasa as produções mais atuais sobre processos de projeto digital [14], [15], dentre outros e serviu como fundamentação teórica para a definição dos métodos de geração da forma em meio digital, importantes para a identificação das características dos processos de projeto que deram origem a AD.

A RSL foi necessária para a atualização dos métodos e processos de projeto digitais na contemporaneidade, complementando o quadro teórico inicial, além de possibilitar a composição do repertório linguístico e a categorização dos modelos da AD. Nessa etapa, foram escolhidos estudos empíricos que possibilitaram analisar a obra arquitetônica enquanto produção digital, auxiliando a construção do modelo para a análise da produção da AD. Finalmente, o método de revisão sistemática escolhido para a elaboração da RSL foi o protocolo Cochrane (Quadro 01).

Quadro 1- Etapas do protocolo COCHRANE

Etapas	**Protocolo**
Elaboração da questão da pesquisa	Como efetivar a análise de projeto da Arquitetura na era digital?

Quadro 1- Etapas da RSL protocolo adaptado de COCHRANE (cont.)

Planejamento	Área de pesquisa: Arquitetura/Engenharia/Construção
	String de busca: "*Design Analysis" or "Methodology for architectural design analysis" or "Analysis of architectural work" or "Architectural analysis methods" or "Building design analysis methods" AND "building" or "edification" or "monument" or "skyscraper" AND "digital architecture" or "virtual model" or "parametricism" or "parametric" or "topological geometry" or "performance model" or "generative design model" or "morphogenesis model" or "morphological generation model"*
Desenvolvimento	Escolha dos artigos: 50 mais relevantes com maior número de palavras no título ou abstract; Busca nas bases de dados: *Web of Science/ Science direct/ Scopus/ Researchgate*
Seleção dos textos	
Sumarização e extração dos dados	COMO CITAR | RESUMO | OBJETO DE ESTUDO | OBJETIVOS | MÉTODO | PRINCÍPIOS/ CONCEITOS | REFERÊNCIAS | OBSERVAÇÕES
Análise e interpretação dos dados	Descrito nos resultados desta pesquisa

Fonte: Adaptado de [13]

CONSTRUÇÃO DO QUADRO RESUMO GERAL DOS PROCESSOS DE PROJETO DIGITAIS

Nesta etapa, foram extraídos alguns termos a serem utilizados na construção do repertório de análise proposto, por meio do estudo dos textos que tratam do processo de projeto digital, o que possibilitou a compilação dos termos mais utilizados pelos autores [11; 12] nos seus estudos sobre a AD (entre as décadas de 1990 e 2010).

Em primeiro, e, conforme [11], o processo de projeto digital implica na consideração dos aspectos dos modelos de geração da forma, como fatores da apreciação das "inovações e complexidades" a serem reconhecidos na obra analisada. Dessa forma, foram estabelecidos alguns critérios de análise da geração da forma em um processo digital considerando os seguintes aspectos:

- Representação: Avaliar a qualidade da representação digital do projeto, considerando a clareza, precisão e fidelidade da forma gerada.
- Geração: Analisar o processo de geração da forma, considerando se o modelo utilizado permite a criação de formas complexas e inovadoras.
- Avaliação: Avaliar a eficácia do modelo na avaliação das formas geradas, considerando se os critérios de avaliação são adequados para a análise das formas produzidas.

- Desempenho: Considerar o desempenho das formas geradas em termos de funcionalidade, sustentabilidade, eficiência e viabilidade de construção.

Ademais e de acordo com [12], para criar parâmetros de análise de projeto, também é relevante comparar e avaliar as características dos modelos resultantes dos processos de geração de forma digital com a tecnologia empregada para desenvolver o conceito arquitetônico, como elaborado na categorização destes modelos.

CATEGORIZAÇÃO DOS MODELOS DA PRODUÇÃO ARQUITETÔNICA DIGITAL

A proposta incluiu a análise visual da forma, uma comparação entre os elementos típicos dos modelos produzidos e as tecnologias construtivas e de projeto encontradas, caracterizando-os e criando o repertório linguístico de análise de obras da AD.

Nesse sentido, e, dentro da lógica dos critérios de geração de forma, foi necessário atualizar os métodos, uma vez que os processos digitais de projeto evoluem rápida e proporcionalmente ao desenvolvimento de novos softwares e técnicas de prototipagem e fabricação digitais. Assim, as categorias foram criadas por meio da identificação das características do processo de geração de forma e do modelo resultante do processo de projeto digital encontrados nos estudos.

Ressalta-se que os resultados apresentados englobam apenas as tecnologias identificadas nos textos estudados. A princípio, e por se tratar de um objeto de pesquisa em constante evolução, algumas metodologias e ferramentas, tais como a inteligência artificial, a internet das coisas (IoT) e realidade virtual ou aumentada, não foram citadas, uma vez que, ou ainda não tinham sido empregadas ou não foram tema dos trabalhos analisados no período temporal da RIL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

QUADRO GERAL

Quadro 2 - Modelos de geração da forma em meio digital

Topológico	**Associativo**	**Baseado em Movimento**	**Gramática da Forma**	**Evolucionário**
Flexibilidade da forma: cria formas que podem ser encolhidas, esticadas e deformadas conforme as necessidades do projeto. *Complexidade geométrica*: formas geométricas complexas, incluindo superfícies topológicas ou hiper superfícies	*Interdependência dos objetos*: as relações entre os objetos são descritas e como as interdependências são estabelecidas no modelo *Variações e combinações*: criar diferentes configurações e variações por meio de parâmetros ou regras associativas	*Controle do processo*: controle que o arquiteto possui sobre o processo de geração da forma, considerando a presença de força e movimento na definição das deformações. *Potencial para combinar elementos heterogêneos*: combinar e misturar elementos de forma fluida, criando uma arquitetura complexa	*Aplicação de regras*: gera novas formas a partir de formas iniciais, havendo ainda a possibilidade de manipulação das regras *Transformações e operações*: as transformações euclidianas e operações boleanas aplicadas às formas iniciais gerando novas formas	*Adaptação e complexidade*: utilização de algoritmos genéticos para criar complexidade e adaptabilidade nas formas geradas. *Inspirado na natureza*: apropriação de técnicas de geração de formas encontradas na natureza e como essas técnicas são aplicadas à arquitetura.

Fonte: Adaptado de [11] e [12].

CATEGORIAS DE ANÁLISE DA ARQUITETURA DIGITAL

MODELO PARAMÉTRICO

Os parâmetros variáveis e algoritmos estão relacionados a contextos específicos e uso de formas predefinidas. A resultante são edificações de alta complexidade formal e espaços não convencionais. As superfícies podem apresentar hiper continuidade, além de explorar morfologia baseada em topologia [16], [17], [18].

MODELO BASEADO EM DESEMPENHO

O projeto deve ser guiado por simulação de aspectos do desempenho climático, social, sustentável, dentre outros. Além disso, devem ser observadas tanto as propriedades quantitativas, quanto podem ser incluídos os aspectos qualitativos, como fatores espaciais, técnicas estrutural e acústica. Observa-se o uso de materiais responsivos, ou seja, respondem a fatores climáticos, como insolação, ventilação etc. [19], [20].

MODELO EVOLUTIVO

Modelo que descreve processos que se desenvolvem e evoluem, respondendo ao usuário e ao ambiente como acontece na natureza. Isto é, há uma produção de formas determinadas por regras produtivas e criptografadas para se comportar semelhante a um organismo [12], [21].

Baseado em prototipagem

Utilização de modelos digitais, como projeto paramétrico, simulação e BIM, em conjunto com modelos físicos que permitem aprimorar a funcionalidade dos testes, fortalece a validação e melhora as respostas das ideias [22], [23], [24].

Topológico

Referência aos conceitos de hiper continuidade (sem um fim definido) de superfícies, além da aparência de volumes em desenvolvimento linear [12], [11], [25]. Ou seja, as formas criadas podem ser encolhidas, esticadas e deformadas de acordo com as necessidades.

Metodologia BIM

Utilização das formas cartesianas, lendo os elementos como polígono e vinculando ao seu banco de dados. Nessa lógica, fornece-se uma compreensão completa dos meandros da construção, permitindo o acompanhamento de todas as fases da obra arquitetônica: da sua composição à sua materialização [2], [26], [27].

Generativo

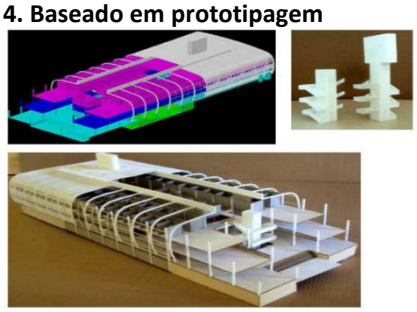
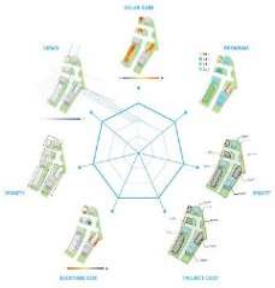
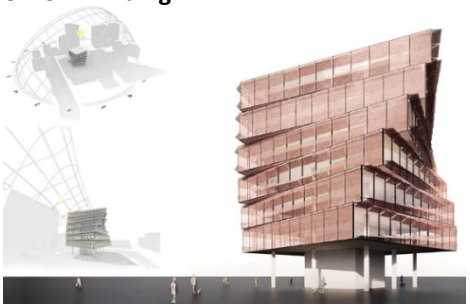
Possibilidade da resolução dos problemas semelhantes em diferentes contextos e com características ligeiramente distintas. É um processo que gera muitos modelos e soluções possíveis, visando a otimização, criação de famílias de objetos e/ou exploração de alternativas formais, estruturais etc. [28], [29], [30].

Form finding

O modelo resultante serve como forma otimizada, envoltório de uma estrutura ou sistema pré-definido, maximizando sua eficiência e minimizando as tensões internas, partindo da aplicação de métodos e técnicas matemáticas e computacionais para encontrar a forma mais adequada para determinada estrutura [20], [31].

Convém relembrar que as categorias derivam dos elementos fundamentais na concepção em meio digital: a representação, a geração, a avaliação e o desempenho [11], [12], além dos processos e modelos de geração da forma. Ademais as resultantes de cada categoria representam processos e formas particulares, que podem ser reconhecidos de acordo com as descrições de cada modelo (Quadro 3).

Quadro 3 – Ilustrações dos Modelos da AD

1. Paramétrico  Fonte: [32]	**2. Baseado em desempenho**  Fonte: [33]
3. Evolutivo  Fonte: [36]	**4. Baseado em prototipagem**  Fonte: [37]
5. Topológico  Fonte: [36]	**6. Metodologia BIM**  Fonte: [26]
7. Generativo  Fonte: [29]	**8. Form finding**  Fonte [37]

REPERTÓRIO LINGUÍSTICO

Sob o ponto de vista de [38], um repertório linguístico pode ser entendido como a variedade de elementos e estilos arquitetônicos utilizados em um determinado contexto, tais como, referências históricas, técnicas construtivas, materiais, formas e linguagens arquitetônicas utilizadas em um projeto.

Para este trabalho, adotou-se o repertório obtido nos textos estudados na RIL como a forma de expressão arquitetônica a ser utilizada no modelo de análise proposto, identificando: processos, geração de forma e materialização das obras (Quadro 04).

Quadro 4 – Repertório linguístico proposto para a análise da AD

Categoria	Termo	Fontes
PROCESSO DE PROJETO	● Programação ● Criptografia ● Algoritmo ● Simulação ● Fabricação ● Prototipagem ● Desempenho ● *Performance* ● Morfogênese ● Diagramação ● Modelagem ● Parametrismo	[2], [28], [3], [21], [15], [39], [16], [4], [40], [19], [23]
GERAÇÃO DE FORMA	● Modelo virtual ● Complexidade formal ● Geometria complexa ● Curvilíneo sinuoso ● Topologia (transformacional/ diferenciada) ● Variação e combinação ● Interdependência ● Transformações euclidianas e operações boleanas ● Manipulação formal ● Técnicas matemáticas	[30], [18], [3], [16], [12], [11], [1], [27], [22], [24], [26], [31]
MATERIALIDADE	● *Smart skin* ● Evolução da estrutura espacial ● Organização não hierárquica ● Condições espaciais complexas ● Fluidez ● Ciclo de vida orgânico ● Modelo Virtual ● Hiper continuidade ● Automação ● Responsivo	[19], [41], [20], [25], [37], [29], [32], [11], [1], [4]

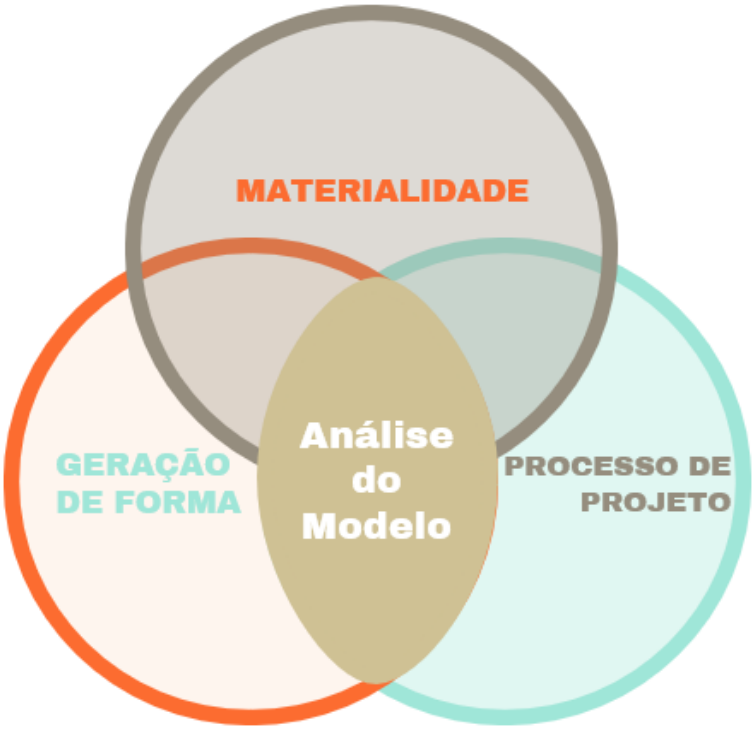
MODELO DE ANÁLISE DA AD

Como expôs [5], na criação de critérios de análise deve-se considerar os aspectos mais relevantes, incluindo: “o sistema estrutural adotado, a materialidade do edifício, a tecnologia utilizada, a eficiência energética, entre outros”. A autora salienta que para cada categoria ainda podem ser desenvolvidos critérios específicos para detalhar e identificar, evitando a sobreposição entre outros aspectos. No caso de estrutura, podem ser observados: “a eficiência, a flexibilidade, a durabilidade e a sustentabilidade”.

Entretanto, para a identificação da AD no processo de projeto foi necessário ir para além do entendimento analógico e estudar os pressupostos da AD e, analogamente a [11], incorporar os termos contidos na descrição dos modelos de projeto digitais como forma de analisar e avaliar a AD.

Ao combinar as lógicas dos autores, propõe-se um modelo inicial de análise (Figura 01) baseado na compreensão e avaliação do processo de geração da forma, complexidade (e inovação) formal e nível tecnológico da materialização da obra na arquitetura digital, descritos a seguir.

Figura 1- Diagrama ilustrativo da análise da AD



Fonte: Autoria própria

MATERIALIDADE

Envolve a escolha e aplicação de materiais que não apenas atendem aos requisitos estruturais, mas também incorporam avanços tecnológicos. Isso inclui o uso de materiais inteligentes que respondem a estímulos ambientais, como luz e temperatura e os materiais sustentáveis que minimizam o impacto ambiental. Assim, a análise da materialidade deve considerar a durabilidade, a eficiência energética e a capacidade de integração com sistemas digitais, dentre outros.

GERAÇÃO DA FORMA

Enfoca a complexidade e inovação das formas geradas, avaliando como essas formas respondem às necessidades funcionais e estéticas do projeto. Além disso, deve-se considerar o nível de precisão e controle proporcionado pelas tecnologias digitais, que permitem a materialização de formas que seriam impossíveis de realizar com métodos tradicionais.

PROCESSO DE PROJETO

Refere-se à resolução dos problemas arquitetônicos por meio de ferramentas computacionais. Isso inclui o uso de algoritmos generativos, modelagem paramétrica ou simulações digitais que exploram inúmeras possibilidades no processo de projetação, gerenciamento e construção, como a exemplo da metodologia BIM.

Nessa lógica, ao combinar os três eixos apresentados, o modelo de análise proposto ao buscar uma compreensão do processo de projeto na arquitetura digital, não só

permite um reconhecimento da interdependência entre materialidade, geração da forma e uso de tecnologia, como também destaca a inovação nas soluções de projeto e a complexidade formal das obras.

CONCLUSÕES

Em resposta à questão de pesquisa, observou-se a necessidade da construção de um repertório linguístico formal mais adequado às obras da AD, além da relevância da criação de um modelo de análise específica. O estudo dos projetos oriundos da arquitetura digital implica considerar os aspectos dos modelos de geração de forma, tais como complexidade, regras, combinação, alteração e controle das formas resultantes, dentre outros. E, se por um lado, o repertório linguístico possibilita estabelecer características específicas da arquitetura digital por meio do reconhecimento desses aspectos nas obras. Por outro lado, a análise das resultantes do processo de geração da forma materializa os conceitos, permitindo a leitura visual das obras.

Nesse sentido, o modelo de análise da AD proposto transita nas questões de geração de forma, materialidade e processo de projeto, utilizando os elementos de análise e avaliação de formas desse tipo de arquitetura, decorrentes dos resultados apresentados. Entretanto, é necessário ressaltar que uma análise de projeto completa requer um estudo de maior amplitude e que contemple mais critérios de avaliação, interpretação e descrição da obra, como demais autores clássicos da análise de projeto explicitaram em suas obras.

Por fim, conclui-se que o presente trabalho, apesar de ter alcançado os objetivos propostos para formular o modelo baseado no repertório específico da AD, pode servir apenas como um início, contribuindo com um levantamento maior de critérios por um reconhecimento analítico efetivo das obras arquitetônicas da era digital. Isto porque, não só os modelos podem ser combinados entre si formando novas categorias de análise, mas também o surgimento de novos processos digitais avança com uma velocidade sem precedentes.

AGRADECIMENTOS

À FAPEAL pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

[1] OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.

[2] BRASIL. **Conceito BIM**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Conceito BIM. 2021. In: GOVERNO FEDERAL (Brasil). Gov.br.

[3] CELANI, G.; VAZ, C.; PUPO, R. Sistemas generativos de projeto: classificação e reflexão sob o ponto de vista da representação e dos meios de produção. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, v. 1, n. 1, 2013. p. 22-39.

[4] SCHUMACHER, P. (2019). DIGITAL - The "Digital" in Architecture and Design. **AA Files**, London (76), 1–13. Acesso em: 14 ago. 2020.

[5] CAVALCANTE, M. Maria Pitta Duarte. **O projeto: diálogos da forma na orla de Maceió: edifícios verticais 1980 - 2012. 2014**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2014. 392 f.

[6] CHING, Francis DK. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. Bookman Editora, 2013

[7] UNWIN, S**. A Análise da Arquitetura**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, pp. 292.

[8] EISENMAN, P. **Diez Edificios Canonicos**. Barcelona: GG, 2000

[9] GROAT, Linda N.; WANG, David. **Architectural research methods**. John Wiley & Sons, 2013.

[10] CAVALCANTE, Lívia Teixeira Canuto; OLIVEIRA, Adélia Augusta Souto de. Métodos de revisão bibliográfica nos estudos científicos. **Psicol. Rev.**, Belo Horizonte, v. 26, n. 1, p. 83-102, abr. 2020.

[11] OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies**, v. 29, Issue 2, Pages 99-120, 2008.

[12] TOLEDO. A.M. A Arquitetura Digital e os Modelos de Geração da Forma: Representação, Concepção e Produção da Arquitetura Contemporânea. **Ímpeto**, n. 6. 2016: Arquitetura e suas Reticências.

[13] COCHRANE BRASIL**. Como fazer uma Revisão Sistemática Cochrane**. Cochrane Brasil. 2023.

[14] ZARDO, P.; MUSSI, A. Q.; SILVA, J. L. da. Tecnologias digitais no processo de projeto contemporâneo: potencialidades e desafios à profissão e à academia. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 425–440, 2020.

[15] Tomczinski Novellini Brígitte, G. (2021). Projeto, padrões e tecnologia: Da linguagem de Alexander à programação e inteligência artificia*l*. **PIXO - Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, 5(17).

[16] RIEKSTINS, A. Teaching parametricism as a standard skill for architecture. **Journal of Architecture and Urbanism**, v. 42(1), 34–39, 2018.

[17] KIM, K.; CHO, M. Development of the layout method for a high-rise housing complex using parametric algorithm. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**. V.19. n.10. 01-40, 2020.

[18] MANAVIS, A. *et al*. Parametric architectural design using shapes and structures. **Journal of Graphic Engineering and Design**, v. 13, n. 4, p. 13–20, 2022.

[19] ARIDAĞ, L. A Performative Research with The Eco-Parametric Architectural Design. **Iconarp International J. of Architecture and Planning**, v. 9, n. 2, p. 565–583, 2021.

[20] HENRIQUES, G. C.; FRANCO, J. M. Gridshells: integrating design with structural performance: formal and informal form finding. *In*: **SIGraDi 2020 23rd Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**. p. 166-173, 2020

[21] HARDING, J.; BRANDT-OLSEN, C. Biomorpher: Interactive evolution for parametric design. **International Journal of Architectural Computing**, v. 16, n. 2, p. 144–163, 2018.

[22] YU, R.; GU, N.; OSTWALD, M. Evaluating creativity in parametric design environments and geometric modelling environments**. Architectural Science Review**, v. 61, n. 6, p. 443–453, 2018.

[23] KIM, D. Y. A design methodology using prototyping based on the digital-physical models in the architectural design process. **Sustainability,** v. 11, n. 16, 2019.

[24] ZHANG, J. *et al*. BIM-based architectural analysis and optimization for construction 4.0 concept (a comparison). **Ain Shams Engineering Journal**, v. 14, n. 6, p. 102110, 2023.

[25] ZAVOLEAS, Y.; TAYLOR, M. From Cartesian to Topological Geometry: Challenging Flatness in Architecture. **Nexus Network Journal**, v. 21, n. 1, p. 5–18, 2019.

[26] HELM, J. BIM: vantagens e características. **Archidaily**. Maio de 2012.

[27] VINICIUS, Y.; DULNIK, D. Analysis of the use of BIM platform for a residential project compatibility. **Revista Técnico Científica do CREA-PR**, v. 32, p. 1–21, 2023.

[28] CELANI, M. C. G. **Beyond analysis and representation in CAD: a new computational approach to design education.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, EUA, 2002.

[29] SOUZA, E. Como o Design Generativo deve impactar a arquitetura? **Archidaily**. Junho de 2021.

[30] AYDIN, S. et al. Assessment of Correlative Digital Drawing Features in the Design Processes of Unstructured Creativity. **Proceedings of the International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe**, v. 1, n. September, p. 231–240, 2023.

[31] USPENSKYI, M.; NESTERENKO, V. Conditionality of Notion “Complexity” in Terminology of Contemporary Architectural Form-Generation. **Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 1, n. 1 (013), p. 102–110, 2023.

[32] STOTT, R. Serpentine Pavilion do BIG é inaugurado juntamente com outras 4 instalações temporárias. **Archdaily**. 08 de Junho de 2016.

[33] IZUMI, B. **Structural Concepts in Architectural Design, Models and Methods: Skandinavian-Japan Sasakawa Lectureship**. Norwegian University Of Science And Technology). Department of Architecture and Technology. Noruega, 2022.

[34] POLO, A. Z. The Evolutionary Masterpiece: The Design Space. **Viceversamagazine**, no. 9, Junho de 2020.

[35] NARESSI, A.L.M. **Explicando o projeto de arquitetura por meio de maquetes: O uso da Prototipagem Rápida**. Orientadora: Gabriela Celani. 2010. Pesquisa (Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo) - PIBIC, UNICAMP, 2010.

[36] WALSH, N. P. Zaha Hadid Architects entre os selecionados para projetar nova cidade inteligente na Rússia**. Archidaily**. Nov. de 2018.

[37] QUEIROZ, N.; NOME, C. *Form finding* e simulação para *smart skins*: otimização e projeto de fachadas paramétricas voltadas a desempenho. **Digitalfutures.** [*s.D.*]

[38] BASSANI, J. Linguagens da Arquitetura - Semântica, Sintática e Práxis. Projectare. **Revista de Arquitetura e Urbanismo**, n. 13, p. 27–43, 2022.

[39] OMENA, T.H. FERREIRA, E.N.; REGES, L.; FIALHO, A.S. Os processos digitais de projeto e o ensino de arquitetura e urbanismo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 32476-32495, 2020.

[40] VIEIRA, D.; CALMON, J.L.; CAVALCANTE, M. C. Building Information Modeling (BIM) in Brazil's Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry: A Review and a Bibliometric Study. **Journal of modern project management**. v. Mai/Ago., 2017, p. 22–37, 2017.

[41] ALWAN, Z.; ILHAN JONES, B. IFC-based embodied carbon benchmarking for early design analysis. **Automation in Construction**, v. 142, Dez. 2021, p. 104505, 2022.