

Idea, Method, Language and Technology: the Use of Computational Tools and the Phenomenon of Place

Pedro Oscar Pizzetti Mariano¹, Gabriela Pinho Mallmann², Carlos Eduardo Verzola Vaz³

¹ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, Brazil
pedro.pm@gmail.com;

² Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, Brazil
gabriela.pinhomallmann@gmail.com;

³ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, Brazil
cevv00@gmail.com;

Abstract. Advances in computational tools have provided new ways to think, design, and produce architecture. This allows for the development and expansion of the architectural project's potential, as well as narrowing the connections of a proposal related to sensitive interpretations of the place. Thus, this article investigates the connection between the use of these tools that help formulate ideas, methods, and languages in the design process and visually presents the relationship between computational tools and the phenomena of the place. This analysis was based on bibliographic reviews that looked at computational tools that might be related to the place phenomenon. Consequently, a visual matrix that can assess the integration and positive correlation between digital technologies and phenomenological theories was devised, in addition to constructing an optimistic counterpoint, demonstrating that the architect can approach the environment or phenomenon through computational tools.

Keywords: Technology applied to the project process, Design process, Environmental phenomenon, Interdisciplinary design; Sensitive characteristics of the place.

1 Introdução

O desenvolvimento tecnológico ampliou as possibilidades de acesso e distribuição das informações, permitindo que sejam repassadas com maior rapidez. Dessa forma, aumentam-se as formas de interação e, consequentemente, a maneira como nos relacionamos socialmente, enquanto as máquinas participamativamente dessas interações. Assim, atualmente, é

possível confiar tanto em exames resultantes de máquinas quanto em pareceres médicos, tanto em um algoritmo não linear de previsão do tempo quanto em um meteorologista (Baudrillard, 2011). No campo da arquitetura, os processadores exponencialmente mais rápidos, potentes e acessíveis economicamente, aliados a programas de interface amigável, tornaram os computadores os subjugados perfeitos para os arquitetos, influenciando e modificando a cultura e as técnicas aplicadas à formação dos projetos (Llach; 2015).

As tecnologias digitais podem trazer uma série de aperfeiçoamentos no processo de desenvolvimento do projeto arquitetônico, implicando na redistribuição das tarefas de equipes, em análises de desempenho e na potencialização da capacidade de imaginação dos projetistas (Loukissas, 2012). Por outro lado, há uma conexão não tão óvia entre as ferramentas computacionais e a relação com os fenômenos do lugar, que segundo Pallasmaa (2013) está associada principalmente a questões de precisão e desenho. Entretanto, essa conexão também está presente no funcionamento de processos de projeto generativos e de desempenho que conseguem recriar arquiteturas a partir de estruturas não lineares, do mesmo modo como o pensamento de projeto descrito por Pallasmaa (2013).

Ao analisar a definição do “multiforme do mundo” de Heidegger (1977) e Norberg-Schulz (2013), os autores apresentam a posição do homem como um ponto de conexão, uma ligação entre a terra e o céu, a vida e a morte, alegria e a dor, a obra e a palavra. É possível entender que esse ponto de junção é formado por coisas concretas e não abstrações, tal como elementos físicos que se inserem na paisagem e criam significados. Therzidis (2006) utiliza de uma explicação semelhante, mas atribui ao algoritmo a função de conector entre os seres humanos e os computadores.

Para Salim e Burry (2010), Menges e Ahlquist (2011), Oxman (2013) e Campo e Leach (2022) os avanços das ferramentas digitais proporcionaram mudanças no modo de pensar, projetar e produzir arquitetura. Os autores apresentam processos de projeto digitais, como os generativos, paramétricos, desempenho e usam de inteligência computacional (GANs — generative adversarial networks), como vias amigáveis para o desenvolvimento e ampliação da potencialidade do projeto arquitetônico. Do mesmo modo, podem estreitar as conexões e resultados de uma proposta relacionada às interpretações sensíveis do lugar. Ou seja, as tecnologias conseguem otimizar a produção do projeto e criar conexões bem estruturadas, ou ainda pontes inimagináveis, as quais podem interferir em abordagens fenomenológicas aplicadas à arquitetura.

Assim, este artigo investiga diferentes ferramentas computacionais de projeto que auxiliem na formulação de ideias, métodos e linguagens que

exprimem os fenômenos do lugar. Com essa investigação, pretende-se demonstrar visualmente — uma matriz gráfica — a ligação entre os processos de projeto digitais e os resultados associados ao fenômeno do espaço construído — descritas por Pallasmaa (2013) e Papanek (1995). A representação visual poderá ampliar as possibilidades do pensamento descrito por Pallasmaa (2013), demonstrando que o projetista pode usar ferramentas computacionais em fases sensíveis e preliminares do processo de projeto. Como apontam Andrade (2012) e Lawson (2004), o projeto digital baseado no desempenho não limita o potencial criativo do projetista, mas pelo contrário, pode expandir as possibilidades de solução, melhorar a eficiência e resultar em soluções sustentáveis.

2 Método

O método é dividido em quatro etapas: revisão bibliográfica; contextualização dos autores sobre espaço sensível; análise do uso do processo digital na arquitetura e por último; a relação entre os elementos sensíveis ao lugar e processo digital na arquitetura.

Em relação à temática espaço-sensível foram selecionados dois autores: Pallasmaa (2011) — para o qual os sentidos e sensações humanos podem ser transmitidos à construção — e Papanek (1995) — volta-se para características de design para o desenho e expressão da arquitetura.

Após este primeiro levantamento, realizou-se uma busca por processos de projeto para investigar métodos emergentes e ferramentas digitais. Para esta pesquisa, foi utilizado o acervo digital Cumincad, por apresentar uma série de trabalhos de congressos internacionais, como ACADIA, CAADRIA, eCAADe, SIGraDi, ASCAAD e CAAD futures. Os trabalhos selecionados possuem foco em diferentes ferramentas computacionais e apresentam conjuntos de tecnologias direcionadas para uma determinada função, como produção em script, BIM, parametrização e inteligência computacional.

Com base nas informações obtidas, foram elaboradas duas estruturas gráficas, uma que destaca as principais características sensoriais e outra que categoriza as ferramentas computacionais utilizando processos de projeto digital.

A partir das informações organizadas, conduziu-se uma nova associação conectando as ferramentas computacionais, os processos de projeto e os elementos sensíveis ao lugar, apresentando com este gráfico as relações positivas de uso. Para a elaboração da estrutura gráfica, foram utilizados dois conjuntos principais de informações coletadas a partir das pesquisas identificadas durante a revisão bibliográfica. Dentre esses dois conjuntos

encontrados na matriz, um destaca as principais características sensoriais e outro categoriza as ferramentas computacionais por meio de processos de projeto digital. As ferramentas computacionais descritas na estrutura foram encontradas nos trabalhos selecionados durante a busca por processos de projeto que apresentavam grupos de ferramentas computacionais como em Duarte (2005), Zhao e Angelis (2019), Campo e Leach (2022) e Dervishaj (2023). Dentre essas, foram classificados em três: modelagem tridimensional e informação; parametrização, geração e otimização e; inteligência computacional.

2.1 Características sensíveis ao lugar

O fenômeno do lugar é compreendido por Norberg-Schulz (2013) como algo que ocorre em um determinado tempo e lugar. A origem pode ser tanto natural quanto humana, pois, apesar de a natureza ser o cenário das ações humanas, o ser humano a habita, podendo então modificá-la. Portanto, o “lugar” pode ser “paisagem” e “assentamento” (natural e urbano), como também “espaço” e “caráter” e ainda pode ser identificado como “espaço vivido”. Nesse sentido, o espaço pode ser descrito utilizando a definição do concreto e do perceptual. Neste caso, o concreto pode ser entendido como o lugar onde há diferença entre exterior e interior; detentor de fronteiras — assentamento, cujos espaços são cercados — assim como elementos naturais que auxiliam a composição e que, por sua vez, possuem propriedades topológicas.

Para Pallasmaa (2011) às experiências que a arquitetura provoca são multissensoriais, em que são utilizados olhos, nariz, pele, língua, esqueleto e músculos para interpretar a materialização do espaço e o meio onde o corpo está inserido. Como resultado, a arquitetura também é a expressão física dos sentidos do arquiteto(a) a partir da interpretação social e de fenômenos do lugar, fundindo as sensações obtidas pelo cenário natural com as sensações filtradas pelo profissional durante sua vida. Portanto, a arquitetura torna visível e tátil as experiências imaginativas de seu criador.

Papanek (1995) sugere outras características sensoriais relacionadas à habitação residencial. A análise do autor descreve a arquitetura como um espelho de cada aspecto das nossas vidas — social, econômico e espiritual. Assim, é apresentada como uma estrutura designada para uma função específica, com características que surgem das diversas interações e relações que estabelece com o ambiente, além de transmitir emoções para diversas situações que não são possíveis de serem descritas por imagens. As verdadeiras “emoções” que a arquitetura pode transmitir ultrapassam os nossos sentidos, apresentando, assim como nossa intuição, uma sensibilidade oculta e mútua àquela que observamos.

Papanek (1995) apresenta, portanto, diferentes competências de projeto para a criação e expressão da arquitetura, tais como: luz, caminho, textura, olfato, sentido (força do ambiente), sons e ritmo, geometria orgânica e inconsciente coletivo. Dentre essas competências, a utilização da “luz” para criar formas, densidades e efeitos. A escolha dos pisos, podendo reproduzir diferentes texturas, sensações, indicando caminhos e designando espaços. Texturas que no toque permitem a interpretação dos espaços. O sentido olfativo, decorrente da sensação que o cheiro nos causa. As reações ao espaço, o significado que o ambiente pode nos trazer a partir de várias sensações físicas e emocionais, e os sons e ritmos, inspirados pelo sentido auditivo, que podem ser identificados pela acústica provocada pelos espaços e materiais utilizados.

2.2 Processos do Projeto com Ferramentas Computacionais

As ferramentas computacionais como o CADs (computer-aided design), tornaram-se a forma básica de projetar, substituindo, em muitos casos, as práticas manuais. (Terzides, 2006). Cerovsek e Martens (2020) exploram ferramentas relacionadas ao processo de projeto e ao design digital como: BIM; modelagem paramétrica; design generativo; machine learning; simulação; e realidade virtual. Os autores também investigaram diferentes ideias e processos digitais contemporâneos que estão sendo utilizados nas pesquisas relacionadas à arquitetura. Entre as principais ferramentas, considerando as que mais aparecem ou as que têm relação com processos digitais de projeto, são citadas: algoritmos escritos; programação com interface amigável; algoritmos evolutivos; programas paramétricos; programas generativos; informações aplicadas à modelagem; visualização da arquitetura; aprendizagem de máquina; software e aplicativos de simulação e inteligência artificial.

Além das ferramentas mais tradicionais utilizadas pelos escritórios, processos mais recentes buscam utilizar Inteligência Artificial (IA) ou inteligência computacional. No campo da arquitetura, tais processos são descritos por Campo e Leach (2022), para os quais os GANs podem ser utilizados no desenvolvimento de imagens, padrões e processos construtivos em diferentes escalas, de roupas a intervenções urbanas. Os autores destacam dois pontos principais na relação existente entre o desenvolvimento de projetos e a IA: a otimização e a criatividade. A otimização estaria relacionada à utilização da inteligência artificial para aprimorar aspectos funcionais, como a disposição de layouts de projetos, materiais utilizados e cronogramas. Por outro lado, a criatividade, por estar ligada a aspectos

subjetivos, seria mais desafiadora para ser incorporada em algoritmos. Ainda assim, a IA pode ser utilizada para gerar ideias e soluções inovadoras.

Os processos de projeto que utilizam ferramentas de algoritmos escritos, segundo Gaudilliere (2020), podem resultar em tipologias arquitetônicas originais, mas também necessitam de um especialista de alto nível humano. Gaudilliere (2020) explica que para a execução desses algoritmos é necessária uma equipe com um vasto conhecimento em programação, além de diferentes especialistas em assuntos relacionados ao desempenho. Portanto, a distância entre as intenções de projeto e o resultado proveniente do algoritmo pode variar conforme a habilidade ferramental da equipe envolvida no projeto.

A partir da comparação entre ferramentas paramétricas e não paramétricas no desenvolvimento de projetos complexos — como hospitais — Hsiao (2020) explica que com o uso das primeiras há a possibilidade de potencializar o número de ideias, além de permitir a inserção de estratégias direcionadas ao desempenho da edificação. Assim, a utilização dessas ferramentas também se mostra capaz de elaborar formas mais complexas e selecionar uma proposta que atenda ao problema do projeto.

2.3 Aplicação das Ferramentas Computacionais

A seguir são apresentados três exemplos de projetos e arquitetos que utilizam ferramentas computacionais em seus processos de projeto, e que, por meio delas, conseguem aumentar a experiência dos aspectos sensíveis do projeto ou ainda facilitar a execução daqueles que, devido à sua complexidade, não seriam possíveis com ferramentas analógicas. Sendo: (1) o Walt Disney Concert; (2) o Museu Judaico de Berlim; e (3) o Templo Bahá'í.

O Walt Disney Concert Hall (figura 1) em Los Angeles, do arquiteto Frank Gehry é um projeto que pôde ser concluído devido à inserção de ferramentas computacionais durante o desenvolvimento. O projeto, entregue em 1988, foi finalizado somente 15 anos depois. Durante esse período, outros projetos foram desenvolvidos e construídos pelo mesmo escritório, oferecendo maior domínio tecnológico. As tecnologias empregadas entre a formação do primeiro projeto e sua construção, criaram uma sequência digital de produção tanto para o desenho quanto para as geometrias complexas, descritas como reverse engineering. Para este projeto foram inicialmente desenvolvidos modelos físicos da arquitetura, que na sequência foram digitalizados, resultando em diversos problemas de modelagem e simulação. Tais erros induziram a uma reestruturação baseada na experiência assertiva de outros projetos, assim, as tecnologias digitais requeridas de outras áreas do conhecimento foram aplicadas desde as primeiras etapas da elaboração do projeto (Kolarevic, 2005; Stangl, 2013).

O Museu Judaico de Berlim (figura 1) concluído em 2001, do arquiteto Daniel Libeskind, é o resultado de desenhos e formas simbólicas desconstrutivistas. Neste projeto, o arquiteto transmitiu diversos aspectos do Holocausto mediante formas geométricas e criou espaços que expressassem um significado (Tsiftsi, 2017). Os primeiros esboços do projeto foram elaborados à mão, mas logo em seguida foram transferidos para um computador. O arquiteto destaca a importância das ferramentas CAD avançadas como estratégias para a criação de designs complexos “Não sou um designer paramétrico e não uso ferramentas apenas como mecanismos de superfície. Mas nossos projetos são complicados e a tecnologia os torna viáveis” (Franklin, 2022).

Outro exemplo de projeto é o Templo Bahá’í em Santiago, Chile projetado por Hariri Pontarini (HPA) de Toronto. Este projeto apresenta grande atenção às proporções, composições e materiais e transmite uma imagem biomórfica da luz materializada, por meio da forma, estrutura e tectônica. O HPA é conhecido por seu processo de design com ênfase no artesanato, mas, devido à complexidade do projeto, foi necessário introduzir a modelagem digital no processo de desenvolvimento (Kelmans, 2004). O projeto tornou-se viável devido à atuação conjunta das práticas manuais e dos programas computacionais como o Maya e o CATIA. Permitindo testes de materiais para visualização e simulação de da luz e estrutura. (Kelmans, 2004). A figura 1 apresenta uma imagem do Templo Bahá’í.



Figura 1. Walt Disney Concert Hall; Museu Judaico; e Templo Bahá’í. Fonte: Os autores, 2023.

2.4 Estrutura gráfica dos processos de projeto

Para organizar os conceitos desenvolvidos por Pallasmaa (2011) e Papanek (1995) elaborou-se a Figura 2 com as características sensíveis do lugar descritas pelos autores. Os atributos estão ordenados conforme os sentidos e como podem interferir no processo e no projeto final. O mesmo

procedimento foi realizado com as ferramentas computacionais. As informações apresentadas no quadro da Figura 3 foram obtidas após a análise dos artigos identificados na pesquisa e com base nos trabalhos de Zhao e Angelis (2019) e Dervishaj (2023).

Pallasmaa (2011)	Papaneck (1995)
Experiências multissensoriais que a arquitetura pode provocar por meio da experiência dos sentidos e interpretações sociais	Características sensoriais relacionadas à habitação residencial e aos aspectos sociais, econômicos e espirituais. As verdadeiras emoções que a arquitetura pode transmitir
Jogo de luz e sombra	Luz por meio de tons, densidades e efeitos
Intimidade acústica, tempo, silêncio e solidão	Pisos com diferentes texturas, sensações e caminhos
Temperaturas e formas	Toque como interpretação
Memória	Cheiro dos ambientes
Aromas	Sensações físicas transmitidas para as emoções
Sabor	Sons e ritmos
	Geometrias orgânicas e a transições de sensações
	Inconsciente coletivo

Figura 2. Características sensíveis do lugar: Fonte: os autores, 2023.

Modelagem tridimensional e Informação	Parametrização, Geração e Otimização	Inteligência Computacional
BIM	Programação orientada ao objeto	Geração de padrões
1-Rhinoceros 3D; 2-VisualArq; 3-Revit; 4-Archicad; 5-Tekla; 6-Vectorworks; 7-Digital Project; 8-LandsDesign	1-C#; 2-C++; 3-Phytion 4-VisualStudio 5 - Processing	1-ArchiGAN 2-Pix2Pix; 3-AttnGAN 4-Nonexperts (ANNS)
Representação e visualização	Desenvolvimento de script dentro de ferramentas de programação visual	Geração de imagens
1-3Ds Max; 2-Illustrator; 3-Enscape; 4-Twinmotion; 5-Vray; 6-Adobe Suite; 7-Photoshop; 8-InDesign; 9-Lumion 3D; 10-Navisworks	1- Processing; 2-Phytion 3- C#; 4- FlowerPower 5- Boid; 6- Library 7- Quela; 8- Physareim 9- Culebra; 10- Nursey 11- Zebra; 12- Termite	1- XKool Technology 2- Machine Perceptions 3- DeepDream algorithm 4- CycleGAN
Ferramentas auxiliares	Programação visual	Robos
1- Excel 2- SQL	1- Grasshopper 2- Plug-ins direcionados ao Grasshopper; 3- Dynamo 4- Plug-ins direcionados ao Dynamo; 5- Maya	1- Michigan Robotics 2- GraphCNN 3- Material-Robot Behaviours
Simulação	Otimização	Aplicação urbanas
1- Ecotect; 2- OpenStudio 3- Radiance; 4- Therm 5- Window; 6- EnergyPlus 7- HoneyBee/ Ladybug 8- GECO; 9- ClimateStudio	1- Galapagos 2- Octopus 3- Goat	1- XKool Technology 2- InFraRed

Figura 3. Principais ferramentas computacionais. Fonte: os autores, 2023.

3 Resultado da Estrutura Gráfica

As principais informações das tabelas foram associadas em um único gráfico informativo. Neste gráfico, todas as informações coletadas estão conectadas para seja possível interpretar as inter-relações, bem como relacionar uma ferramenta computacional com as possíveis sensações que podem ser alcançadas no desenvolvimento do projeto. Assim, as relações foram estabelecidas a partir da descrição teórica apresentada nos artigos e trabalhos analisados, observando-se os possíveis resultados que podem ser alcançados com as ferramentas computacionais e os comparando com as qualidades sensíveis descritas por Pallasmaa (2013) e Papanek (1995).

As informações apresentadas no gráfico permitem observar duas correlações entre as temáticas. A primeira seria utilização de plugins de desempenho, simulação e otimização, em que é possível gerar e interpretar formas não pensadas pelos projetistas. O uso de programação escrita acompanhada de sensores ou placas de prototipagem eletrônicas, como Arduinos e sensores para obter dados ou imagens em tempo real e que também podem ser trabalhados como um gatilho para a projeção de imagens, cores, movimentações pneumáticas, transformações da forma e mudanças de temperaturas. E com isso, representar diferentes sensações ou trabalhar com a memória, som, ritmo ou confecção de cenários. A segunda, seria a percepção e ajuste de espaços por meio de qualidades que são difíceis de serem avaliadas por computadores, mas que poderiam ser identificadas, alteradas e reconstruídas, por meio de robôs e placas de prototipagem eletrônicas.

As associações construídas a partir do gráfico permitem interpretações sobre as potencialidades da utilização de ferramentas computacionais no desenvolvimento de processos de projeto e arquiteturas que exprimem percepções e sensações do lugar. Para Pallasmaa (2013) a utilização de ferramentas computacionais e a informatização de processos de desenho trouxeram benefícios e mudaram a prática da arquitetura de um modo irreversível. Contudo, o autor descreve que a aplicação das ferramentas computacionais também pode aumentar o distanciamento das fases sensíveis e preliminares do processo de projeto, nas quais a essência da arquitetura é concebida.

A representação desenvolvida neste trabalho demonstra que o surgimento e o aperfeiçoamento de tecnologias digitais e inteligências computacionais podem interferir nas etapas do processo de projeto, assim como na busca do projetista pela interpretação de diferentes sensações. Com isso, tem-se, consequentemente, a ampliação das possibilidades criativas e interpretativas do projetista. A figura 4 apresenta o gráfico com as correlações computacionais e fenômenos sensíveis do lugar.

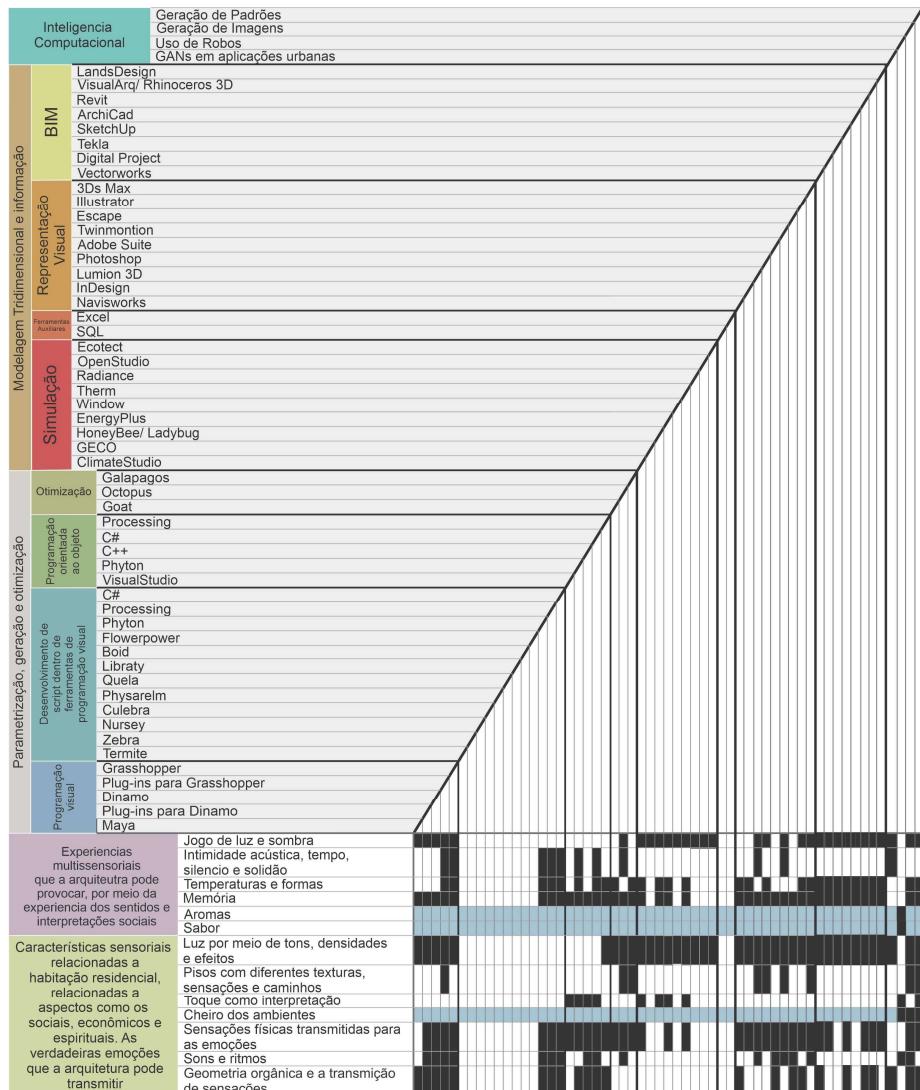


Figura 4. Gráfico com as correlações. Fonte: os autores, 2023.

4 Conclusões

O gráfico representado pela figura 4 permite observar a utilização de ferramentas digitais para a formação de processos de projeto paramétricos, generativos, de desempenho e por meio de inteligência computacional. Essas ferramentas podem ampliar o desenvolvimento de arquiteturas que expressam

as sensações do lugar ao serem vinculadas com programações, placas de prototipagem eletrônica, simulações e alucinações digitais (machine hallucinations) por meio dos GANs. Neste contexto, é possível observar, analisar, organizar e até criar sensações e imagens que poderiam passar despercebidas ao projetista e cuja associação está atrelada ao pensamento dos dois autores escolhidos: Pallasmaa (2013) e Papanek (1995) para a correlação.

A análise do gráfico apresenta diferentes possibilidades instrumentais para pensar, desenvolver e solucionar problemas arquitetônicos, e esse leque de mídias tende a se expandir quando se projeta os infinitos meios de criação que a programação e as inteligências computacionais podem trazer à arquitetura. Deste modo, a disponibilidade de ferramentas tende a ser algo positivo para estudantes e profissionais que podem adaptar suas habilidades a mídia que melhor lhes convém, tanto em relação às suas habilidades quanto aos recursos financeiros.

Dessa forma, por meio de simulações, gráficos e visualizações tridimensionais e bidimensionais disponibilizados por renderizações e criações autônomas de inteligências computacionais, a expressão artística e artística do arquiteto é percebida por clientes e interessados, com as diversas sensações que o ambiente pode proporcionar, como luz, calor, acústica, vento, textura de materiais, cores e reflexos, comprovadas por resultados de simulações imersas em realidades virtuais e aumentadas.

Agradecimentos. Os autores agradecem ao CAPES pela bolsa disponibilizada, e a Universidade Federal de Santa Catarina, pelo espaço e ferramentas disponibilizadas.

Referencias

- Andrade, M. L. V. X. (2012). Projeto Performativo Na Prática Arquitetônica Recente: estrutura conceitual. 2012. 472 f. Tese (Doutorado) - UNICAMP, Campinas, 2012.
- Autodesk (2022). Maya: crie mundos em expansão.
- Baudrillard, J. (2011). Tela Total: mito-ironias do virtual e da imagem. 5. ed. 159 p.
- Bentley, P. J.; Corne, D. W. (2002) An introduction to Creative Evolutionary Systems. Creative Evolutionary Systems, p. 1-75.
- Campo, M.; Leach, N. (2022.). Machine Hallucinations: architecture and artificial intelligence. Oxford: John Wiley & Sons149 p.
- Cerovsek, T.; Martens, B. (2020). The Evolution of Caadria Conferences. Anthropocene, Proceedings of Caadria 25th, p. 325-334.

- Dervishaj, A. (2023). From Sustainability to Regeneration: a digital framework with BIM and computational design methods. *Archit. Struct.*
- Duarte, J. P. (2005). Towards the Mass Customization of Housing: The Grammar of Siza's Houses at Malagueira. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(3), 347-380.
- Franklin, S. L (2022) z2 workstation hp Studio Libeskind Reveals the Technological Power Behind Its Iconic Architecture.
- Gaudilliere, N. (2020). Computational tools in architecture and their genesis: the development of agent-based models in spatial design. Anthropocene, Caadria 25th, p. 497-506.
- Guney, D. (2015). The Importance of Computer-aided Courses in Architectural Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 176, p. 757-765.
- Heidegger, M. *A Origem da Obra de Arte*, 1977.
- Hsiao, Y. S. (2020) A comparison of design impact and creativity in the early stage of complex building design processes. Anthropocene, Caadria 25th, p. 345-354.
- Kelmans, M. (2004). Bahá'í Temple: temple of light. In: ACADIA, 23., p. 34-39.
- Kolarevic, B. (2005). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*.: Taylor & Francis Group, 320 p.
- Llach, D. C. (2015). Builders of the Vision: software and the imagination of design. 241p.
- Loukissas, Y. A. (2012) Co-Designers: Cultures of Computer Simulation in Architecture, 204 p.
- Menges, A.; Ahlquist, S. (2011). *Computational Design Thinking*. John Wiley and Sons.
- Norberg – Schulz, C. (1995) O pensamento de Heidegger sobre Arquitetura, p. 461-474.
- Pallasmaa, J. (2011). Parte 2. In: PALLASMAA, Juhani. *Os Olhos da Pele: a arquitetura e os sentidos*. 7. ed.
- Pallasmaa, J. (2013) As Mãois inteligentes: a sabedoria existencial e corporalizada na arquitetura. Porto Alegre: Bookman, 2013. Cap. 4. p. 90-107.
- Papanek, V. (1995). *Arquitetura e Design, Ecologia e Ética*.
- Salim, F. D; Burry, J. (2010) Software Openness: Evaluation Parameters of Parametric Modeling Tools to Support Creativity and Multidisciplinary Design Integration. *ICCSA*, p. 483-497.
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. Nova Iorque: Architectural Press.
- Tsiftsi, X. (2017) Libeskind and the Holocaust Metanarrative: from discourse to architecture. *Open Cultural Studies*, p. 291-303.
- Stangl, B. (2013). How Digital Tools Shape the Way Architects Think: the digital design process in architecture.
- Zhao, S; de E., Angelis. (2019). Performance-based Generative Architecture Design. *Journal of Integrated Design and Process Science*, vol. 22, p. 55-76.