

12º PROJETER
REEXISTIR NO MUNDO CONTEMPORÂNEO
interpretar, conservar e transformar
14 a 17/10 | Pelotas | Rio Grande do Sul | Brasil **2025**

Inteligência Artificial e parametrização na complexidade do projeto arquitetônico

Eixo Temático: Transformar

CAMPOY, Carlos Quedas

Doutor | Universidade São Judas Tadeu | prof.carloscampoy@usjt.br

SCANAVINO, Raul Emanuel

Mestrando | Universidade São Judas Tadeu | raul.scanavino@gmail.com

Resumo

No processo de projeto arquitetônico, considera-se que a crescente demanda por processamento e interpretação de grandes volumes de dados e informações exige abordagens mais dinâmicas, adaptáveis e responsivas. No âmbito brasileiro, procura-se reduzir barreiras financeiras e culturais de aprendizagem para o emprego efetivo processos computacionais. Propõe-se uma metodologia algorítmica e paramétrica, aplicável à fase de estudo preliminar, combinando ChatGPT (generativa e analítica) e Grasshopper (modelagem paramétrica), direcionada à elaboração de um programa de necessidades de grande porte e opções de espacialização orientadas por setorização e distintos fluxos. A inteligência artificial e a modelagem paramétrica são apontadas como ferramentas relevantes para identificar problemas e para traduzir padrões emergentes em soluções espaciais coerentes, ampliando a capacidade de antecipação e adaptação no processo projetivo. Os arquitetos desenvolvem competências técnicas e conceituais, mas também habilidades subjetivas e intuitivas para interpretar os resultados computacionais.

Palavras-chave: inteligência artificial; parametrização; projeto.

Artificial Intelligence and Parametrization in the Complexity of Architectural Design

Abstract

In the architectural design process, it is considered that the growing demand for processing and interpreting large volumes of data and information requires more dynamic, adaptable, and responsive approaches. In the Brazilian context, efforts are made to reduce financial and cultural learning barriers for the effective use of computational processes. An algorithmic and parametric methodology is proposed, applicable to the preliminary study phase, combining ChatGPT (generative and analytical) and Grasshopper (parametric modeling), aimed at developing a large-scale program of requirements and spatialization options guided by sectorization and distinct flows. Artificial intelligence and parametric modeling are identified as relevant tools for identifying problems and translating emerging patterns into coherent spatial solutions, enhancing the ability to anticipate and adapt in the design process. Architects develop technical and conceptual competencies, as well as subjective and intuitive skills to interpret computational results.

Key words: artificial intelligence; parametrization; design.

Inteligencia Artificial y parametrización en la complejidad del proyecto arquitectónico

Resumen

En el proceso de diseño arquitectónico, se considera que la creciente demanda de procesamiento e interpretación de grandes volúmenes de datos e información requiere enfoques más dinámicos, adaptables y receptivos. En el contexto brasileño, se busca reducir las barreras financieras y culturales de aprendizaje para el uso efectivo de procesos computacionales. Se propone una metodología algorítmica y paramétrica, aplicable a la fase de estudio preliminar, que combina ChatGPT (generativa y analítica) y Grasshopper (modelado paramétrico), dirigida a la elaboración de un programa de necesidades de gran escala y opciones de espacialización orientadas por sectorización y distintos flujos. La inteligencia artificial y el modelado paramétrico se identifican como herramientas relevantes para detectar problemas y traducir patrones emergentes en soluciones espaciales coherentes, ampliando la capacidad de anticipación y adaptación en el proceso proyectual. Los arquitectos desarrollan competencias técnicas y conceptuales, así como habilidades subjetivas e intuitivas para interpretar los resultados computacionales.

Palabras clave: Inteligencia artificial; parametrización; proyecto.

1 Introdução

A complexidade, desde um fenômeno imanente ao mundo real, quanto na condição de constructo epistemológico de natureza inter e transdisciplinar, consolida-se como uma das estruturas das sociedades globalizadas e informatizadas (Browning, 2023; Coeckelbergh, 2023; Cybal-Michalska, 2023; Strikwerda, 2024). Emerge da interação dinâmica entre ordem, desordem e organização (Morin, 2005). Manifesta-se, operacionalmente, por meio de variáveis e relações, que revelam diversidade, fragmentação, variabilidade, interdependência e adaptação a contextos em transformação não-linear (Holland, 1995; Page, 2009).

No âmbito do projeto arquitetônico, o problema da complexidade se desenvolve pela crescente exigência de processamento, interpretação e resposta a volumes massivos de dados distintos, desorganizados e transitórios. Essa condição, que abarca a construção de um tipo do conhecimento, tende a demandar metodologias mais dinâmicas e adaptáveis ao contexto (Campo, 2022; Leach, 2022).

A inteligência artificial oferece um meio para interpretar e operar as dinâmicas da complexidade. Sob a ótica da lógica difusa (Dubbelam, 2006), algoritmos compilam e processam dados preexistentes, assim como revelam padrões latentes e cenários subjacentes. Proporciona saltos laterais de inventividade, ao passo que novos níveis socioculturais e econômicos emergem da crescente ubiquidade digital (Coeckelbergh, 2023; Gatti, 2024; Jordão, 2025; Jorge; Costa, 2024). Mas, como efeito colateral, também pode ser agente da própria complexificação, por recursões e iterações, que amplificam os dados (Browning, 2023; 2023; Strikwerda, 2024).

Ferramentas computacionais, como a modelagem paramétrica associada à inteligência artificial (generativa e analítica), possibilitam representar a complexidade (espacial ou não) e traduzir padrões emergentes em soluções arquitetônicas coerentes, por meio da testagem heurística de estratégias e da simulação de cenários responsivos a atributos transitórios. Essa abordagem se revela como uma metodologia original (inovadora) e promissora para amparar a invenção arquitetônica, conferindo maior sinergia entre as ferramentas e métodos, assim como entre os desafios impostos pela estrutura da contemporaneidade.

Entretanto, há desafios práticos e operacionais. Um dos principais entraves reside na própria dinamicidade dos processos computacionais, que podem ser

instáveis ou contraintuitivos. Essas condições exigem que arquiteto adquira domínio técnico para a manipulação e análise de dados, mas também um repertório crítico capaz de interpretar os resultados algorítmicos no contexto projetivo.

Ampliando essas questões metodológicas, a inclusão tecnológica de arquitetos brasileiros no uso de tais ferramentas ainda se depara com barreiras financeiras e culturais de aprendizagem (Batista, 2024; Campoy, 2023; Grunow, 2023; Redação CAU/SP, 2024). A mitigação desses desafios e dificuldades, mesmo que parcialmente, amplificaria significativamente o espectro de possibilidades projetivas, democratizando o acesso a tecnologias avançadas no campo da arquitetura.

Diante da complexidade inerente à concatenação do processo de projeto arquitetônico, a fase de estudo preliminar se destaca como instância estratégica e fértil para a incorporação de metodologias algorítmicas inovadoras. Trata-se da etapa em que são delineados os programas de necessidades, a espacialização diagramática, a disposição de áreas e os fluxos (ABNT, 2017).

Objetiva-se propor uma metodologia algorítmica e paramétrica, posicionando a máquina como entidade analítica e generativa, aplicada ao projeto arquitetônico. Assume-se o estudo preliminar como etapa central para a formulação de soluções espaciais e de fluxos adaptáveis à complexidade contemporânea. A proposta é fundamentada na integração de inteligência artificial, por meio do Chat GPT, modelagem paramétrica, empregando o Grasshopper, e projeto orientado por dados, visando atenuar desafios operacionais, financeiros, culturais e metodológicos, que ainda se impõem ao arquiteto brasileiro no domínio computacional.

A metodologia é desenvolvida por uma abordagem teórica e conceitual lastreada em revisão bibliográfica (Lakatos; Marconi, 2019) e pela incorporação de questões locais. Também por um estudo de caso prático, procurando uma aproximação ao projeto orientado por grandes volumes de dados, por meio da complexidade tipológica, ainda que de maneira comedida e mais em um sentido de teste de certos protocolos.

2 Desenvolvimento

A combinação entre inteligência artificial algorítmica, generativa e analítica representada pelo ChatGPT – *Large Language Model* (Grande Modelo de

Linguagem) –, e a modelagem procedural paramétrica presente no Grasshopper – um *plug-in* do software Rhinoceros –, permite estruturar processos projetivos dinâmicos e responsivos. Os modelos oferecem a possibilidade de compilar e sintetizar dados e informações, assim como a auxiliar na formulação de cenários e sugerir padrões de organização espacial. Pode-se simular diversas respostas a variáveis contextuais, operando por intermédio de ajustes iterativos e recursivos.

O ChatGPT dispõe um plano gratuito, que atende aos requisitos aqui testados. Abarca facilidade de interação com o usuário, baseada em linguagem natural. Assim, reduz-se drasticamente as barreiras financeira e cultural de aprendizagem.

Embora o custo da licença do Rhinoceros possa ser considerado elevado para a realidade brasileira, trata-se de um investimento com licença perpétua, diferentemente de outros softwares como o Revit, da Autodesk (que possui um *plug-in* similar: o Dynamo), cujo licenciamento é mais caro e ainda mensal ou anual.

A maioria dos *add-ons* (como *plug-ins* internos do Grasshopper, executando funções específicas) é gratuita, o que amplia a sua aplicabilidade. A barreira cultural de aprendizagem pode ser reduzida pela existência de uma comunidade ativa de pesquisadores e usuários, que, por sua vez, produzem materiais didáticos acessíveis presentes em fóruns, discussões e tutoriais em vídeo. Esta metodologia emprega o *plug-in* Magnetizing (gratuito) para atribuir modelagem espacial bidimensional em plantas, desde o programa de necessidades arquitetônico. São geradas alternativas dinâmicas de disposições, adjacências e fluxos.

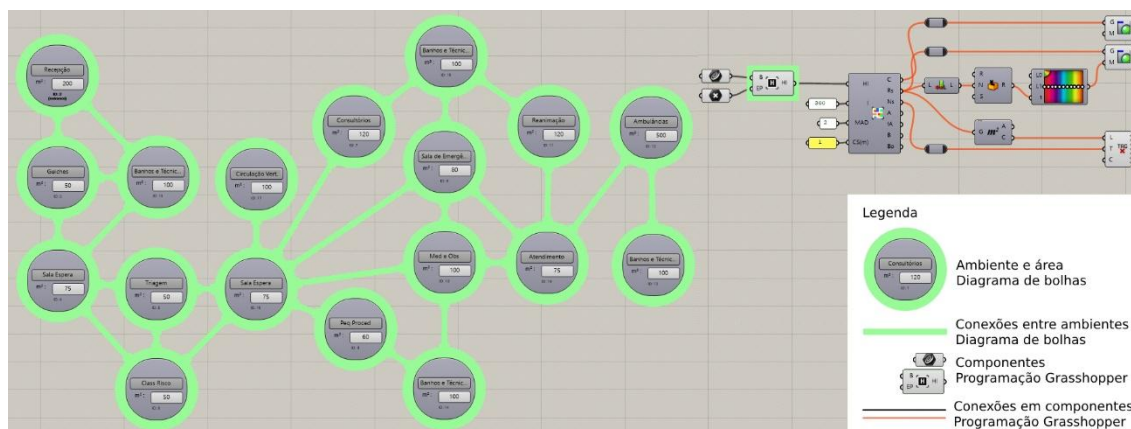
Em relação aos testes práticos, destaca-se que o interesse principal está no processo, ainda que o artefato gerado seja obviamente importante. Todavia, a tipologia foi relevante para descobrir como o Chat GPT conseguiria lidar com níveis de complexidade de projeto. Assim, elegeu-se um hospital genérico, justamente pela complexidade entre a quantidade e a diversidade de ambientes e fluxos. Não obstante, os primeiros resultados acerca de um programa de necessidades, com atribuições de áreas de ambientes, não foram satisfatórios.

Entendeu-se que o processo deveria se desenvolver de maneira recursiva e iterativa, ademais evolutiva, sem um número predefinido de rotinas. Passou-se a pensar generativa, analítica e algoritmicamente em conjunto com o Chat GPT. Esse fator tende a reforçar a originalidade e a relevância desta proposta metodológica.

Definiu-se, sem ajuda da máquina, 43.000 m² de área total do projeto e 11 pavimentos, por uma inspiração proveniente de projetos análogos. Solicitou-se ao Chat GPT descrições de atividades e mobiliários. O software elaborou o cálculo de população e uma lista com ambientes e áreas de circulação. De forma autônoma, consultou a RDC 50 (Brasil, 2002) para desenvolver tais passos. O programa de necessidades, constituído após 5 rotinas no Chat GPT, contou com: 2 subsolos, para a infraestrutura; 3 andares para o pronto-socorro, o centro de diagnósticos e exames, o centro cirúrgico e recuperação; 3 andares para as unidades de internação, UTI e maternidade; 1 andar para administração e ensino; 1 andar para cozinha, refeitório e nutrição; e 1 último andar complementando a infraestrutura técnica. Todos esses subsetores contêm detalhamentos relativos a cerca de 187 tipos de ambientes.

Como validações, a cada rotina generativa e analítica, a espacialidade do programa de necessidades foi testada no Grasshopper. O Magnetizing funciona a partir da inserção e organização de um diagrama de bolhas, contendo as áreas dos ambientes, em conjunto com a programação visual de componentes (Figura 1).

Figura 1. Ambiente do Grasshopper e Magnetizing.

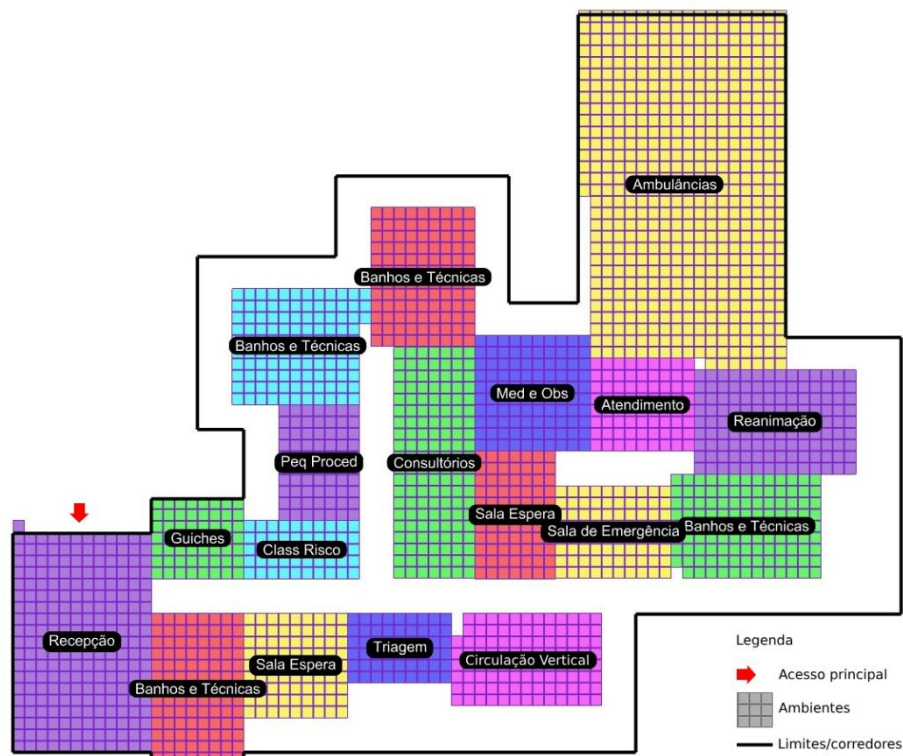


Elaborada pelos autores.

A programação apresenta rápidas e dinâmicas opções de disposições espaciais para plantas, conforme um grid determinado pelo arquiteto. Por uma limitação da estrutura deste artigo, decide-se apresentar apenas o andar térreo como estudo de caso. Porém, os procedimentos são efetivos para todos os

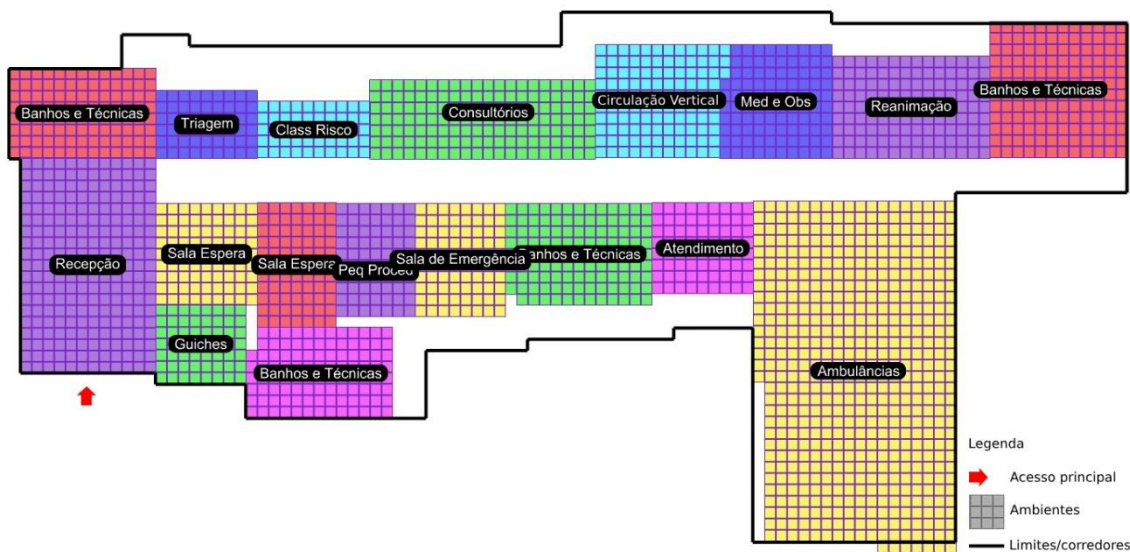
pavimentos. As figuras 2 a 4 apresentam alguns dos resultados adaptáveis para o pavimento térreo:

Figura 2. Opção 1 para planta do térreo, 3.036 m².



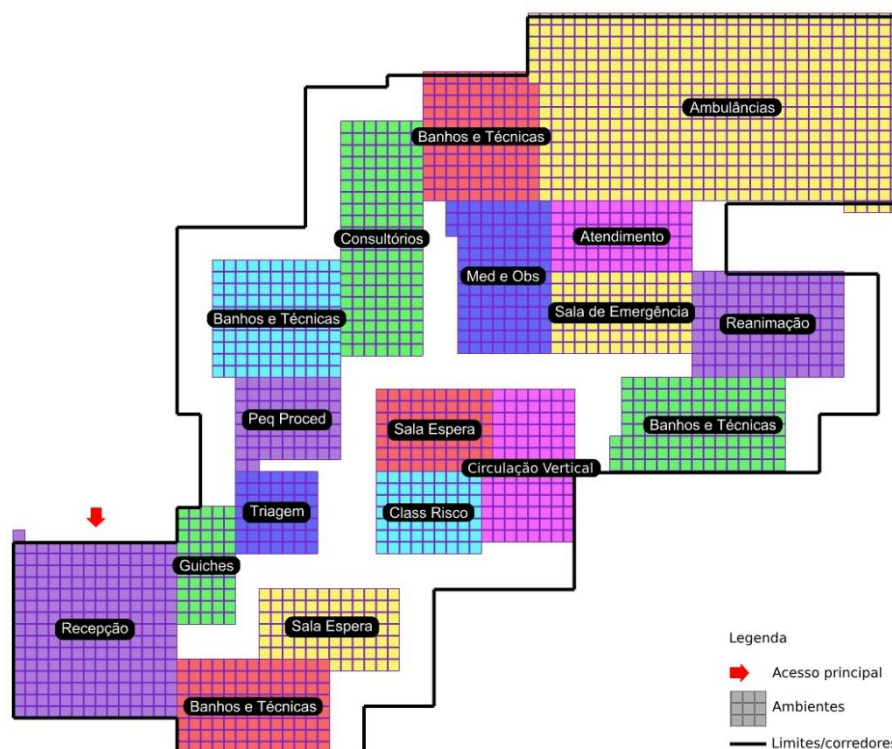
Elaborada pelos autores.

Figura 3. Opção 2 para planta do térreo, 2.934 m².



Elaborada pelos autores.

Figura 4. Opção 3 para planta do térreo, 2.787 m².



Elaborada pelos autores.

O Magnetizing dispõe ambientes retangulares e quadrados, seguindo o melhor arranjo lógico para as adjacências entre eles. Também segue o formato do lote e/ou da área de projeção predeterminados pelo arquiteto.

Outro benefício imediato proporcionado por esta metodologia reside na possibilidade de mitigar, quando pertinente ou desejável, a necessidade de o arquiteto iniciar a disposição espacial desde uma tela vazia. Ainda que algumas imprecisões sejam observadas – notadamente em determinados módulos do grid (1x1 m), cujos limites extrapolam os perímetros de alguns ambientes (Figuras 2 e 4) –, a celeridade na obtenção de várias soluções plausíveis constitui uma vantagem incontestável, comparando com métodos analógicos. Ademais, eventuais ajustes podem ser refinados diretamente no ambiente de desenho do Rhinoceros.

Os processos analíticos e generativos se revelaram de forma valiosa para a identificação de inconsistências nos fluxos, nos usos e nas quantidades de ambientes, os quais não eram evidentes nas fases iniciais de compilação e organização dos dados (programa de necessidades). Emergiram relações e padrões de organização

funcional e espacial que impulsionaram um questionamento contínuo sobre as decisões projetivas.

Como consequência do diálogo interativo com a máquina, evidenciou-se o caráter sistêmico da emergência, tanto de problemas tácitos, quanto de soluções plausíveis, aprimoradas progressivamente em cada rotina. Assim, novos conjuntos de dados, com implicações diretas e indiretas na configuração de funções, setores e ambientes, mas principalmente na construção do pensamento inventivo, foram gerados e/ou auxiliados pelo software. A validação desses fatores emergentes ocorreu com relativa fluidez no ambiente espacial do Grasshopper.

Por estes estudos, nota-se que a oportunidade em posicionar a máquina como uma entidade analítica e generativa foi alcançada, ainda que em estágio incipiente diante da complexidade inerente ao ato inventivo, mas plenamente alinhada aos objetivos delineados para o estudo preliminar. A abordagem algorítmica paramétrica proporcionou, tanto reduzir a complexidade do projeto (diminuindo os desafios), quanto avançar a partir dela, potencializando-a como suporte investigativo dinâmico. Assim, pode-se avançar também a partir da emergência de incertezas, variabilidades, diversidade, interdependência e adaptação exploratória não-linear.

Sinteticamente, entende-se que esta metodologia pode ser aplicada a outros projetos, com tipologias distintas ou demais fases inventivas e organizacionais, desde volumes massivos de dados e pacotes informacionais, dinâmicos e possivelmente transitórios. Identifica-se escalabilidade, versatilidade e adaptabilidade metodológica.

3 Considerações finais

A adaptação às mudanças do mundo contemporâneo não se desenvolve apenas por respostas reativas, mas ao identificar oportunidades de regeneração e de antecipação. Metodologias projetivas orientadas por fluxos algorítmico-paramétricos de dados e de informações podem ser úteis, desde um ponto de vista prático, mas também estruturantes para a construção do pensamento arquitetônico. Tal característica, articulada fortemente com a inteligência artificial, parece estar em compasso com o ritmo e a realidade contemporânea das sociedades, ainda

abarcando originalidade em relação a outras abordagens projetivas, como a tradicional analógica ou a representação bidimensional realizada manualmente em softwares, como o AutoCad. Sistemas Generativos e a lógica difusa trabalham sobre bases que oferecem múltiplas, dinâmicas e velozes soluções, em detrimento a uma (única) solução.

Como apontado, algumas dificuldades operativas foram encontradas, como imprecisões do grid, limitações da inteligência artificial analítica e generativa (quanto aos primeiros resultados inadequados) e a organização algorítmica-paramétrica dos ambientes, que demandam ajustes finos no ambiente representacional. Porém, apresentou-se maneiras de resolver tais adversidades, assim como se pontuou possíveis estratégias para supera-las em estudos futuros, talvez facilitadas em virtude do esperado avanço das ferramentas digitais.

Apesar das intrincadas relações entre variáveis, que abarcam diversidade, variabilidade, interdependência e adaptação a contextos (naturais do projeto arquitetônico), não se identifica um incremento problemático da complexificação, como um dos possíveis efeitos colaterais da tecnologia utilizada. As recursões e iterações amplificam a interdependência entre os sistemas e a geração de dados, mas não aumentam o desafio das análises e gestão de informações, textuais e geométricas; muito pelo contrário.

Ainda assim, reitera-se que a adoção de metodologias, como a estruturada e sugerida aqui, exige que o arquiteto tenha desenvolvido não apenas um repertório técnico e conceitual, relativo às competências necessárias para manipulação dessas ferramentas, mas também um repertório subjetivo e intuitivo. Nesse último sentido, refere-se às habilidades transferíveis, que possibilitam interpretar e ressignificar os resultados para promover a adaptação inventiva e estratégica dentro do processo de projeto. Embora tenha sido possível minimizar as barreiras técnicas, financeiras e culturais, permanece a necessidade de um engajamento ativo do profissional na construção de sua autonomia metodológica.

4 Agradecimentos

Agradece-se ao Instituto Ânima, pela concessão de bolsa de pesquisa, e ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Arquitetura e Urbanismo (PGAUR), da Universidade São Judas Tadeu (USJT), São Paulo (SP), pelo apoio à pesquisa.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16636-1**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BATISTA, D. S. Inteligência artificial (IA), design e arquitetura. **Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU-BR)**, 2024. Disponível em: <https://caubr.gov.br/artigo-inteligencia-artificial-ia-design-e-arquitetura/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 mar. 2002.

BROWNING, T. R. Complexity. In: WINCH, G.; BRUNET, M.; CAO, D. (ed.). **Research handbook on complex project organizing**, [s.l.] cap. 3, p. 26-35, 2023. eISBN: 9781800880283. DOI 10.4337/9781800880283.00012. Disponível em: <https://www.elgaronline.com/edcollchap/book/9781800880283/book-part-9781800880283-12.xml>. Acesso em: 20 mar. 2025.

CAMPO, M. **Neural Architecture**: design and artificial intelligence. Novato, CA: ORO Editions, 2022.

CAMPOY, C. Q. **Projetar arquitetura**: um estudo de morfogênese digital. Orientador: Fernando Guillermo Vázquez Ramos. 2023. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/3b31e95b-a4a1-4293-849a-7b2838458087/download>. Acesso em: 20 mar. 2025.

COECKELBERGH, M. **Ética na inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Ubu Editora, 2023.

CYBAL-MICHALSKA, A. Globalization: its complexity and critique – on the need to direct the society towards knowledge. **Kultura-Spółeczeństwo-Edukacja**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 49–67, 2023. DOI 10.14746/kse.2023.24.2.3. Disponível em: <https://pressto.amu.edu.pl/index.php/kse/article/view/43687>. Acesso em: 20 mar. 2025.

DUBBELDAM, W. After-though. **Perspecta**, v. 38, 2006. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40482418>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GATTI, B. Brasileiros usam ferramentas de Inteligência Artificial sem perceber. **Folha de S. Paulo**. São Paulo, Melhor da Internet, Tecnologia, ano 104, n. 34.958, 18 dez. 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/tec/2024/12/brasileiros-usam-ferramentas-de-inteligencia-artificial-sem-perceber.shtml>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GRUNOW, E. Pitá. **Projeto**, Perfis, 2023. Disponível em: <https://revistaprojeto.com.br/acervo/perfis/pita/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

HOLLAND, J. H. **Hidden order**: how adaptation builds complexity. Massachusetts: Helix Books, 1995.

JORDÃO, F. Brasília é eleita a melhor cidade do mundo para nômades digitais. **Agência Brasília**, 06 jan. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasilia.df.gov.br/2025/01/06/brasilia-e-eleita-a-melhor-cidade-do-mundo-para-nomades-digitais/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

JORGE, S.; COSTA, C. T. Nova geração de nativos algorítmicos viverá em simbiose com IA. **Folha de S. Paulo**. São Paulo, Ilustríssima, Ilustríssima conversa, Clube de Leitura Folha, 7 nov. 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2024/11/nova-geracao-de-nativos-algoritmicos-vivera-em-simbiose-com-ia.shtml>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2019.

LEACH, N. **Architecture in the age of Artificial Intelligence**: an introduction to AI for architects. New York: Bloomsbury, 2022.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Meridional / Sulina, 2005.

PAGE, S. E. **Understanding complexity**. Chantilly, Virginia, EUA: Teaching Company, 2009.

REDAÇÃO CAU/SP. Câmara Temática do CAU/SP para Inteligência Artificial avalia impactos de tecnologias para Arquitetura e Urbanismo. **Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (CAU-SP)**, 2024. Disponível em: <https://causp.gov.br/camara-tematica-do-cau-sp-para-inteligencia-artificial-avalia-impactos-de-tecnologias-para-arquitetura-e-urbanismo/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

STRIKWERDA, J. Complexity. In: DARBELLAY, F. **Elgar Encyclopedia of Interdisciplinarity and Transdisciplinarity**, [s.l.], cap. 20, p. 91-96, 2024. eISBN: 9781035317967. DOI 10.4337/9781035317967. Disponível em: https://www.elgaronline.com/display/book/9781035317967/ch20.xml?tab_body=abstract-copy1. Acesso em: 20 mar. 2025.