

Metodologia de Projeto Auxiliado por Computador: intersecção entre saber local e tecnologia

Eixo Temático: Transformar

OLIVEIRA, Rafael Prado de
Mestrando | Universidade São Judas Tadeu | rafapradodeolivera@gmail.com
DUARTE, Márlon Henrique
Mestrando | Universidade São Judas Tadeu | marllon.mhd@hotmail.com
CARVALHO, Gabriel José de
Mestrando | Universidade São Judas Tadeu | gabrielcarvalhojose@gmail.com
CAMPOY, Carlos Quedas
Doutor | Universidade São Judas Tadeu | prof.carloscampoy@usjt.br

Metodologia de Projeto Auxiliado por Computador: intersecção entre saber local e tecnologia

Este artigo propõe uma metodologia high-tech de projeto assistido por computador voltada à arquitetura low-tech, com foco na criação de soluções de baixo impacto ambiental adaptadas ao clima semiárido brasileiro. Utilizando ferramentas como Autodesk Revit e o plug-in Insight Lighting, o estudo analisa a iluminação natural de uma residência unifamiliar localizada em Macururé (BA), explorando como a simulação computacional pode guiar a melhor orientação da edificação no lote e apoiar decisões projetivas coerentes com o conforto térmico e o uso de materiais locais. A proposta metodológica articula arquitetura de desempenho, análise ambiental e validação de desempenho, evidenciando como o uso crítico da tecnologia pode ampliar a eficácia de estratégias passivas. Conclui-se que a integração entre métodos digitais e soluções low-tech é uma alternativa viável, especialmente em contextos vulneráveis, onde o acesso a tecnologias construtivas é limitado.

Palavras-chave: arquitetura low-tech; projeto assistido por computador; conforto térmico; simulação ambiental; Revit.

Computer-Aided Design Methodology: intersection between local knowledge and technology

Computer-Aided Design Methodology: intersection between local knowledge and technology

This paper proposes a high-tech computer-aided design methodology focused on low-tech architecture, aiming to create low environmental impact solutions adapted to the Brazilian semi-arid climate. Using tools such as Autodesk Revit and the Insight Lighting plugin, the study analyzes the natural lighting of a single-family residence located in Macururé (BA), exploring how computational simulation can guide the optimal orientation of the building on its lot and support design decisions consistent with thermal comfort and the use of local materials. The methodological proposal integrates performance-based design, environmental analysis, and performance validation, demonstrating how the critical use of technology can enhance the

effectiveness of passive strategies. It concludes that the integration of digital methods and low-tech solutions is a viable alternative, especially in vulnerable contexts where access to construction technologies is limited.

Key words: low impact; computer-aided design; low-tech; generative design; sustainability.

Metodología de Diseño Asistido por Computadora: intersección entre saber local y tecnología

Metodología de Diseño Asistido por Computadora: intersección entre saber local y tecnología

Este artículo propone una metodología high-tech de diseño asistido por computadora orientada a la arquitectura low-tech, enfocada en la creación de soluciones de bajo impacto ambiental adaptadas al clima semiárido brasileño. Utilizando herramientas como Autodesk Revit y el complemento Insight Lighting, el estudio analiza la iluminación natural de una vivienda unifamiliar ubicada en Macururé (BA), explorando cómo la simulación computacional puede guiar la orientación óptima de la edificación en su parcela y apoyar decisiones de diseño coherentes con el confort térmico y el uso de materiales locales. La propuesta metodológica articula diseño basado en desempeño, análisis ambiental y validación de rendimiento, mostrando cómo el uso crítico de la tecnología puede mejorar la eficacia de las estrategias pasivas. Se concluye que la integración de métodos digitales y soluciones low-tech es una alternativa viable, especialmente en contextos vulnerables donde el acceso a tecnologías de construcción es limitado.

Palabras clave: arquitectura low-tech; diseño asistido por computadora; confort térmico; simulación ambiental; Revit.

1 Introdução

A partir do início das medições sistemáticas e globais de variáveis ambientais – consolidadas a partir de meados do século XIX para temperatura e do final dos anos 1950 para CO₂ atmosférico (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2023, 2025) –, observa-se que, no século XXI, as mudanças climáticas se agravaram. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2021) indica aumento da temperatura global, reforçado por Maes (2024) em suas análises de eventos extremos, enquanto Cornwell (2024) associa episódios de inundações inéditas à intensificação do efeito estufa. Tais fenômenos comprometem a segurança e a qualidade de vida, especialmente em regiões de elevada vulnerabilidade, como o semiárido brasileiro, onde a transição para clima árido provoca secas severas e impulsiona processos de desertificação (Monteiro, 1999; Oliveira *et al.*, 2024)

Atualmente, tem-se em desenvolvimento um mercado voltado para inovações em termos de materiais ecológica e ambientalmente adequados. Destacam-se, por exemplo, o bioconcreto ou misturas com resíduos industriais (Benatallah *et al.*, 2025; Fraunhofer, 2024; Singh *et al.*, 2024; Souza *et al.*, 2025). Entretanto, a eficácia isolada dessas abordagens pode ser questionada. Embora tais materiais contribuam para a redução da pegada de carbono, algumas etapas produtivas ainda envolvem processos industriais prejudiciais ao equilíbrio ambiental, demandando complementações metodológicas de sustentabilidade (van Lengen, 2021).

Neste contexto, a convergência estratégica entre técnicas e materiais construtivos de baixo impacto ambiental (*low-tech*), assim como avançadas ferramentas computacionais projetivas (*high-tech*), possibilita uma proposta metodológica viável, replicável de forma flexível e socioambiental inclusiva. Soluções *low-tech*, como taipa de pilão, blocos prensados e sistemas de ventilação natural (van Lengen, 2021) podem ser articuladas a partir de dados ambientais processados por modelagem *high-tech* paramétrica-analítica e simulações de desempenho energético e térmico.

Este artigo propõe a estruturação de uma metodologia de projeto e de construção baseada nessa intersecção entre alta tecnologia projetiva e edificações de baixo impacto. Procura-se oferecer meios para que arquitetos brasileiros possam

compreender e desenvolver decisões projetivas orientadas a partir de parâmetros climáticos locais, avaliados computacionalmente, para angariar eficiência energética e conforto térmico em habitações sociais de baixo custo/impacto.

Pelo sentido de validação da metodologia que se estrutura aqui, mas também, por um procedimento recursivo e iterativo, que constrói a própria metodologia a que se recorre, tem-se um estudo de caso. Este estudo é direcionado à concepção de uma residência unifamiliar genérica no município de Macururé, Bahia. A escolha pela tipologia habitacional é em virtude de empreender uma força contrária ao crescente déficit brasileiro nesse setor (Campos, 2024). A região do estado da Bahia foi escolhida por ser classificada como pertencente ao primeiro trecho de clima árido permanente no Brasil (Peixoto, 2024).

Em termos de processo de projeto, a metodologia está estruturada em quatro etapas principais: análise ambiental e contextualização; modelagem paramétrica; simulação de desempenho; e validação por Avaliação Pós-Ocupação (APO). A APO, baseada em dados empíricos e em dimensão normativa, contribui com a conversão de dados quantitativos para qualitativos, assim como lastreia os processos analíticos avaliativos desenvolvidos pelo arquiteto (Ono, 2018).

Todavia, por aquela intenção recursiva e iterativa, sublinha-se que esses passos podem ter um caráter cíclico, no qual os resultados da validação contribuem com retomadas das primeiras decisões projetivas. Assim, tem-se uma abordagem de meta-processo, em que o arquiteto que utiliza esta metodologia tem possibilidades para modifica-la, construí-la e/ou complementá-la conforme as pequenas variações e ajustes finos relativos aos objetivos do projeto e ao meio ambiente dinâmico.

2 Desenvolvimento

O primeiro passo metodológico (análise ambiental e contextualização) é desenvolvido para encontrar locais em situação, permanente ou não, de vulnerabilidade. Diante das variações e complexidade socioambientais possíveis, que demandam um recorte estratégico, lembra-se que esta pesquisa se dedica apenas às regiões que apresentam temperaturas e secas extremas, mas outras poderiam partir de locais que apresentam enchentes ou outros problemas contextuais. Uma maneira de se aproximar a tal passo metodológico está em

pesquisar dados climáticos em fontes fidedignas. Assim sendo, conforme as matrizes de dados mencionadas anteriormente, definiu-se com precisão o local do estudo: Rua do Campo, 100, Centro, Macururé (BA), CEP 48650-000.

Ainda no primeiro passo, deve-se avaliar os materiais sustentáveis presentes no contexto aproximado ao sítio do projeto. Também para aderir aos princípios *low-tech*, escolheu-se como técnica e material ideal (ademais genérico, neste caso) o adobe usado para manufaturar blocos ecológicos prensados, para as paredes, mas que também poderia combinar técnicas, como taipa de pilão. Brises e outros elementos arquitetônicos podem ser executados com a mesma técnica (adobe), o que tende a facilitar algum possível treinamento dos colaboradores da obra. Portanto, indica-se que a escolha da técnica construtiva também pode ser guiada pela redução da curva de aprendizagem, assim como pelo caráter compreensivo na manufatura de elementos arquitetônicos. A avaliação contextual também considera o programa de necessidades relativo à configuração familiar. Como se parte, aqui, de uma abordagem genérica, considera-se uma família com 4 pessoas.

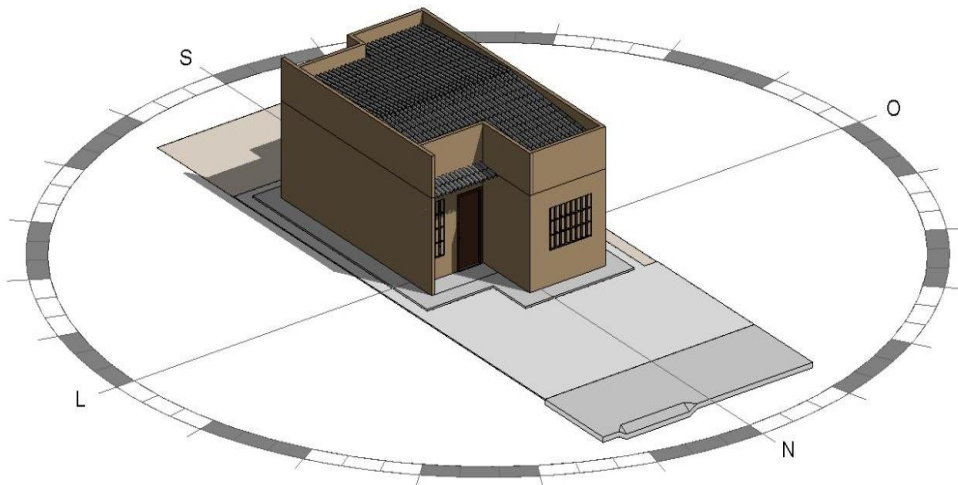
O passo de modelagem paramétrica deve oferecer uma concepção integrada, em termos de ferramentas digitais e de disciplinas arquitetônicas. Sugere-se o emprego da plataforma *Building Information Modeling* (BIM), seja por meio do software Revit ou Archicad. Este estudo é desenvolvido utilizando o Revit, que, pela operação paramétrica, permite eficientes (rápidas e objetivas) modificações nos elementos do projeto, pela manipulação de variáveis e parâmetros provenientes do modelo central de dados BIM (Eastman; Teicholz; Sacks, 2011).

Complementando as informações, o Revit possui diversos *plug-ins* analíticos desenvolvidos dentro da conceituação de *arquitetura performática* ou de *desempenho* (Kolarevic; Malkawi, 2005). Nesta pesquisa, utiliza-se o *plug-in* Insight Lighting para as análises de iluminância e conforto térmico presumido.

3 Resultados

A Figura 1 mostra o modelo paramétrico da residência genérica: objeto do estudo de caso metodológico proposto. Tem-se aberturas (janelas) com a inserção de brises prensados em argila (como no adobe), justamente para diminuir a incidência solar direta, assim consequentemente diminuindo a temperatura interna.

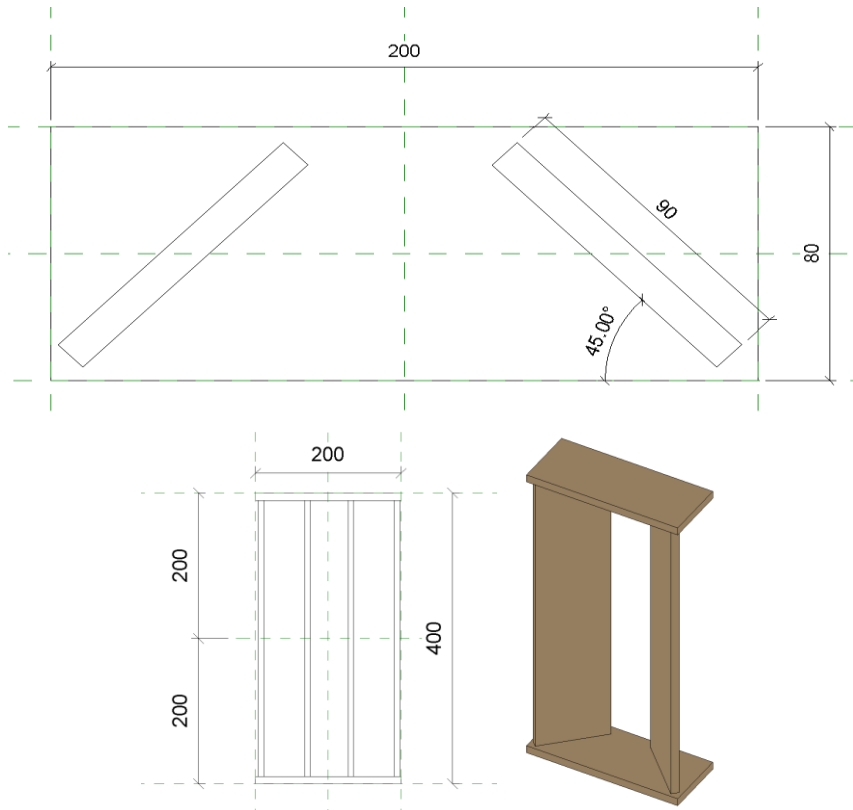
Figura 1: Modelo tridimensional paramétrico da residência no Revit



Elaborada pelos autores.

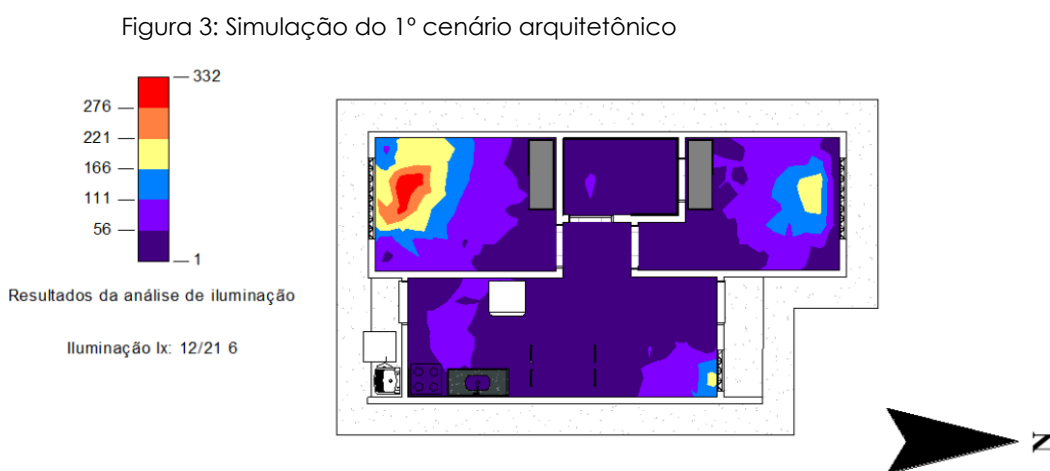
A seguir, na Figura 2, apresentam-se algumas informações técnicas dimensionais e um detalhe em perspectiva do brise projetado:

Figura 2: Brise executado em argila prensada e fibras (técnica do adobe)



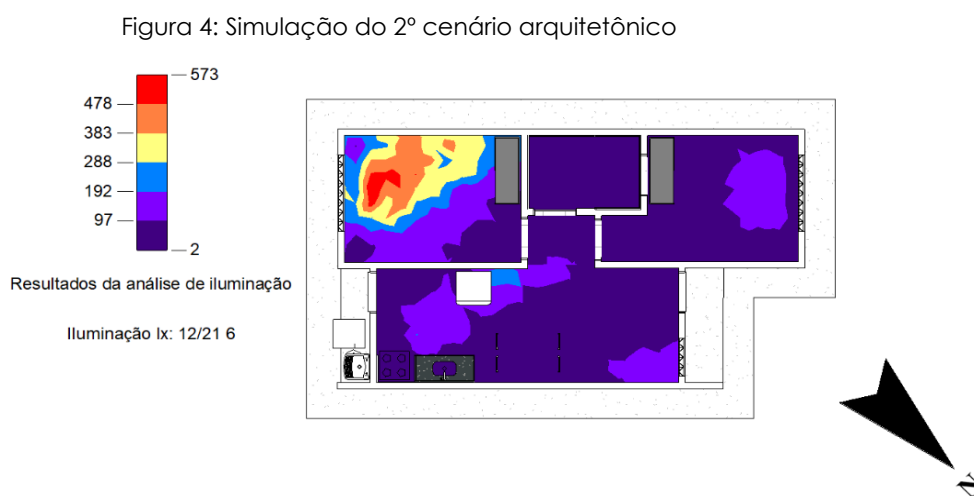
Elaborada pelos autores.

A simulação de desempenho é referenciada pelo solstício de verão, por ser o período de maior exposição solar. Pela característica da própria ferramenta digital analítica, adota-se a unidade de medida lux. Pelo sentido de validação da proposta arquitetônica, assim como metodológica, tem-se um primeiro cenário arquitetônico: brise em argila prensada como elemento de fechamento parcial para as janelas e inserção no lote alinhada com o norte magnético. A Figura 3 apresenta, de maneira gráfica, os resultados analíticos alcançados:



Autodesk Revit Insight Lighting, 2025. Adaptada pelos autores.

Como um segundo cenário, elaborado a título comparativo, mantém-se o brise, mas a inserção no lote é rotacionada em 45 graus (Figura 4):



Fonte: Autodesk Revit Insight Lighting, 2025. Adaptada pelos autores.

As escalas cromáticas (nas Figuras 3 e 4) indicam a maior incidência de luz solar pelas cores quentes. A rotação de inserção no lote diminui a incidência de luz e calor na parte superior direita da planta: um dormitório. Porém, tal decisão prejudica o outro dormitório, localizado na porção esquerda superior da planta, nem tanto por incidência direta de raios solares, em virtude da orientação sudeste, mas indireta pela radiação emitida pela calota celeste – mais uma característica do *plug-in* utilizado.

Conforme a metodologia APO, mantendo a segunda opção de inserção no lote, os dados obtidos indicam que o dormitório localizado na porção superior esquerda exibe índices extremamente elevados, atingindo valores superiores a 400 lux. Tal intensidade excede as recomendações para espaços residenciais de uso geral, ocasionando provável desconforto visual por ofuscamento e, presumivelmente, desconforto térmico decorrente da alta incidência de radiação. Esta condição leva à adoção de estratégias arquitetônicas, como cobertura externa executada em madeira e sapê, aplicada generosamente como um alpendre, capaz de gerar sombreamento efetivo sobre a parede sudoeste e a própria janela. O brise é substituído por muxarabi, executado em madeira, cujas aberturas menores são capazes de reduzir a luz e o calor penetrantes. A Figura 5 apresenta os dados resultantes dos novos cálculos, para a última solução projetiva apontada:

Figura 5: Simulação do 3º cenário arquitetônico

Resultados da análise de iluminação: Nível Térreo_0,00 (LUX)



Fonte: Autodesk Revit Insight Lighting, 2025. Adaptada pelos autores.

Nota-se, pela Figura 5, como a condição de conforto térmico presumido teve uma melhora qualitativa considerável, neste terceiro cenário.

Em contrapartida, os ambientes manifestam níveis substancialmente reduzidos de iluminância (entre 90 e 192 lux). Reafirmam-se como áreas destinadas ao repouso e longas permanências, mas problemáticas para situações sociais. Também conforme a APO e questões normativas pertinentes, a solução arquitetônica apresentada requer certos cuidados, justamente para evitar a necessidade de intensa iluminação artificial, que, obviamente, reduz a eficiência energética do projeto.

Assim sendo, torna-se necessária a utilização, por exemplo, de cores claras nos ambientes internos, que podem ser executadas utilizando revestimentos naturais, como argamassa de terra clara estabilizada e tinta natural à base de terra pigmentada (van Lengen, 2021).

4 Discussão

A metodologia proposta abarca alguma eficiência, ao permitir decisões arquitetônicas mais assertivas, embasadas em parâmetros ambientais sistematicamente analisados, e em ciclos iterativos de validação e aprimoramento, suportados pela metodologia Avaliação Pós-Ocupação (APO).

Além de soluções que poderiam ser baseadas de maneira intuitiva, percebeu-se que a emergência de um problema inesperado redirecionou um conjunto de soluções técnicas e construtivas, a partir do uso de projeto paramétrico e analítico avançado.

Complementando, nota-se como certas soluções consolidadas, entendidas como *low-tech*, e pertencentes a algum saber local (popular) construtivo (blocos de adobe, alpendre e muxarabi), continuam eficientes atualmente, mesmo com o aumento da temperatura naquela região estudada. Destaca-se o adobe, que emprega terra argilosa, água e fibras vegetais, apenas (van Lengen, 2021).

Portanto, conclui-se que a metodologia proposta não apenas pode atender às demandas socioambientais contemporâneas – lembrando, ademais, daquele caráter de aprendizado e/ou de capacitação profissional facilitada –, mas também

tende a oferecer flexibilidade e sistematização robusta suficiente para a construção do pensamento arquitetônico.

Ressalta-se, contudo, que esta pesquisa apresenta algumas limitações. As simulações realizadas são restritas a um único período sazonal e não contemplam variáveis ocupacionais, como comportamento térmico dinâmico dos usuários ou cargas internas. A ampliação do escopo experimental, incorporando tais variáveis, pode refinar a aplicabilidade da metodologia, ainda que não a inviabilize como está proposta e/ou estruturada aqui. Sobretudo, tem-se um *work in progress* (trabalho em desenvolvimento).

Esta abordagem metodológica transforma o computador em ferramenta fundamental de projeto, contribuindo ativamente (por processos analíticos, nem tanto generativos) com a construção do pensamento inventivo. Ou seja, a máquina deixa de ser posicionada apenas como uma prancheta de desenho ou de modelagem direta, para se tornar uma consultora especializada para arquiteto.

Outra perspectiva, que tende a corroborar com o apontado no parágrafo anterior – importante para a construção do meta-processo de projeto –, está no fato de que Insight Lighting apenas retornou dados quantitativos, em lux. Cabe ao arquiteto experiente interpretar esses dados metodologicamente e pensar em soluções projetivas, que atendam aos objetivos eficientes e sustentáveis.

Ao cruzar dados quantitativos, oferecidos pelos softwares, e interpretações qualitativas, desenvolvidas pelo fator experiente humano, com uma lógica de projeto consciente e socialmente contextualizada, o profissional é capaz propor soluções ajustadas às necessidades reais da população e do ambiente envolvido.

5 Considerações Finais

Como desdobramentos futuros desta pesquisa, sugere-se aprofundar a investigação sobre a durabilidade e desempenho em longo prazo das técnicas construtivas *low-tech* adotadas. A ênfase deveria estar especialmente em condições ambientais extremas, como as apresentadas no semiárido, mas poderiam englobar outras situações, como enchentes e outros desastres naturais intensificados pela ação humana. Portanto, outra frente promissora se refere à aplicação da

metodologia em diferentes contextos climáticos brasileiros, ampliando o alcance e adaptabilidade das soluções construtivas e projetivas desenvolvidas neste estudo.

Adicionalmente, seria relevante explorar a integração de sistemas híbridos que combinem soluções passivas e ativas de controle ambiental, como geração de energia renovável integrada às edificações. Também poderia considerar soluções automatizadas de ventilação e iluminação natural controladas digitalmente, mas com pouco impacto energético.

6 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.

7 Referências

BENATALLAH, L. et al. **Combined effect of recycled alternative waste materials for cement and sand substitution: impact on bio-concrete mechanical properties.** *Studies in Engineering and Exact Sciences*, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 1–19, 2025. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/sees/article/view/13461>. Acesso em: 20 abr. 2025.

CAMPOS, A. C. **Brasil registra déficit habitacional de 6 milhões de domicílios.** Agência Brasil, 24 abr. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-04/brasil-registra-deficit-habitacional-de-6-milhoes-de-domicilios>. Acesso em: 02 mai. 2025.

CORNWELL, A. **What caused Dubai floods? Experts cite climate change, not cloud seeding.** *Reuters – Climate & Energy*, 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/middle-east/what-caused-storm-that-brought-dubai-standstill-2024-04-17/>. Acesso em: 22 fev. 2025.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P. M.; SACKS, R. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners.** 2. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2011.

FRAUNHOFER. **Bio-concrete and biogenic construction materials with cyanobacteria as a climate-friendly alternative to traditional concrete production.** 2024. Disponível em: https://www.ikts.fraunhofer.de/en/press_media/press_releases/2024-07-01-p-bio-concrete-and-biogenic-construction-materials-with-cyanobacteria.html. Acesso em: 13 abr. 2025.

KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative Architecture: beyond.** New York: Routledge, 2005.

MAES, J. **Entenda a relação das mudanças climáticas com o desastre no RS.** *Folha de S. Paulo*, ano 104, n. 34.733, 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2024/05/entenda-a-relacao-das-mudancas-climaticas-com-o-desastre-no-rs.shtml>. Acesso em: 5 mar. 2025.

MONTEIRO, C. A. F.. **O estudo geográfico do clima.** 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. (Cadernos Geográficos, n. 1)

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Climate Change: Global Temperature.** *Climate.gov*, 2023. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>. Acesso em: 30 abr. 2025.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Trends in atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory.** *Global Monitoring Laboratory*, 2025. Disponível em: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

OLIVEIRA, D. R. B. *et al.* **Mixed construction and demolition powder as a filler to Portland cement: study on packaged pastes.** *Ambiente Construído*, v. 24, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/i/2024.v24/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ONO, Rosaria *et al.* (org.). **Avaliação pós-ocupação: da teoria à prática.** 1. ed. Cubatão, SP: Oficina de Textos, 2018. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 18 jan. 2025.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

PEIXOTO, R. **Como a recente descoberta do primeiro clima árido no Brasil pode impactar o restante do país.** *G1 – Meio Ambiente*, 21 jan. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2024/01/21/como-a-recente-descoberta-do-primeiro-clima-arido-no-brasil-pode-impactar-o-restante-do-pais.ghtml>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SINGH, R.; KUMAR, A.; SHARMA, P. **A comprehensive study on eco-friendly alternatives for construction.** *Construction Materials*, v. 7, n. 2, p. 1–22, 2024. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/26349833241255957>. Acesso em: 13 abr. 2025.

SOUZA, V. S. *et al.* **Resiliência socioecológica e sustentabilidade: uma discussão sobre as contribuições e desafios.** In: NUNES, Matheus Simões (org.). *Estudos em Direito Ambiental: Territórios, racionalidade e decolonialidade.* Campina Grande: Editora Licuri, 2022. p. 223–244. Disponível em: <https://editorallicuri.com.br/index.php/ojs/article/download/35/33/124>. Acesso em: 20 abr. 2025.

VAN LENGEN, J. **Manual do arquiteto descalço.** Porto Alegre: Bookman Editora, 2021.