ANÁLISE DE PLATAFORMAS DE CÓDIGO ABERTO EM ARQUITETURA: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA PRÁTICA CONSTRUTIVA SUSTENTÁVEL

ANALYSIS OF OPEN-SOURCE PLATFORMS IN ARCHITECTURE: CONTRIBUTIONS TO A SUSTAINABLE BUILDING PRACTICE

Bruno Massara Rocha[1]; Cristina Engel de Alvarez[2]; Luís Bragança[3].

[1]Doutor | bruno.rocha@ufes.br | UFES | Vitória, Brasil; [2]Doutora | cristina.alvarez@ufes.br | UFES | Vitória, Brasil; [3] Doutor |braganca@civil.minho.pt | UMINHO | Porto, Portugal.

Resumo:
Este artigo busca analisar a utilização de plataformas de código-aberto em projetos de arquitetura no contexto atual, tomando como recorte iniciativas voltadas para as construções modulares por meio da fabricação digital. Parte-se da hipótese de que muitas delas estão intrinsecamente relacionadas com princípios de sustentabilidade e da colaboração e podem dar grande contribuição para atuar contra os desafios climáticos, econômicos e sociais. A partir de uma revisão sistemática de literatura buscou-se compreender: (i) quais princípios conceituais fundamentam estas estratégias, (ii) quais repertórios tecnológicos são utilizados como suporte ao desenvolvimento dos projetos, (iii) que iniciativas sustentáveis concretas podem ser identificadas; e (iv) quais lacunas e desafios para sua difusão e implementação. Os resultados revelaram que princípios de democratização, colaboração, customização e sustentabilidade são os mais recorrentes. Houve grande diversidade de aplicação da terminologia plataforma, destacando-se os sistemas construtivos modulares disponibilizados online voltados para fabricação digital. Conclui-se que sua difusão e aplicação depende principalmente de uma combinação de incentivos governamentais e estratégias de capacitação e formação profissional.

Palavras-chave:
Código aberto; Plataformas digitais; Projetos de Arquitetura; Sustentabilidade.

Abstract:
This article aims to analyse the use of open-source platforms in architectural projects, focusing specifically on initiatives related to modular construction through digital fabrication. The hypothesis is that many of these initiatives are intrinsically linked to principles of sustainability and collaboration, and can make significant contributions toward addressing the climatic, economic, and social challenges faced by the construction sector. Based on a systematic literature review, the study seeks to understand: (i) which conceptual principles underpin these strategies; (ii) what technological resources are employed to support project development; (iii) which concrete sustainable initiatives can be identified; and (iv) what gaps and challenges exist in terms of their dissemination and implementation. The results reveal that the most recurring principles are democratization, collaboration, customization, and sustainability. A wide variety of uses of the term *platform* was observed, with particular emphasis on modular construction systems made available online for digital fabrication. The study concludes that the dissemination and practical application of these platforms largely depend on a combination of governmental incentives and strategies for professional training and capacity building.

Keywords:
Open source; Digital platforms; Architectural Design; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Novas estratégias de desenvolvimento de plataformas digitais abertas destinadas a projetos de arquitetura vêm demonstrando como o compartilhamento de dados pode ser um aliado poderoso na aceleração de práticas sustentáveis na arquitetura, com potencial econômico, ambiental e social positivos. Com a evolução das redes de comunicação digitais, vem se aprimorando toda uma infraestrutura de suporte para que plataformas de código aberto tais como Wikihouse se ampliem em termos de complexidade e difusão. Além de potencialmente relevantes para democratização do acesso a informações construtivas de qualidade, há indícios de que elas vêm adotando inúmeros princípios de sustentabilidade tais como preocupações com a circularidade dos materiais, o uso responsável de energia e recursos naturais nos processos produtivos, e uma baixa pegada de carbono. Considerando as exigências das agendas globais de sustentabilidade com relação à diminuição do impacto ambiental da indústria da construção civil, estas iniciativas se colocam como uma importante fonte de investigação.

Além das qualidades mencionadas, estratégias de código aberto também podem fomentar novos modelos econômicos baseados na colaboração e na cooperação, e assim oferecer alternativas para as demandas atuais de crescimento econômico sustentável. Estratégias de código aberto surgem como um movimento global de organização multitudinária do comum (Hardt e Negri (2018), enfatizando a cooperação e a autogestão como alternativa ao regime do lucro e controle capitalistas, alternativa não apenas mais igualitária, mas mais eficiente e estável. No entanto, suas abordagens mais “democráticas” não garantem a priori que o uso e apropriação de dados ocorra de modo similar e igualitário em todo o mundo. Para isso, é fundamental entender quais pré-requisitos tecnológicos são necessários para que elas sejam implementadas e geridas.

O presente trabalho se dedica a investigar o estado-da-arte das práticas de código aberto a partir de uma revisão sistemática de literatura. No contexto da arquitetura, define-se como foco soluções que venham sendo desenvolvidas em contextos de pré-fabricação, que façam uso de recursos de manufatura digital, e que se destinem a suprir a demanda por pequenas construções, como unidades de habitação, e outros tipos de soluções modulares multifuncionais. Partimos da hipótese de que muitas destas iniciativas operam em grande sincronia com princípios da sustentabilidade e podem oferecer um repertório valiosos de estratégias para não apenas atender às demandas ambientais da construção contemporânea, mas fazer isso sob um modelo de desenvolvimento econômico colaborativo e de grande potencial social. Para isso, são objetivos específicos da pesquisa:

a) Avaliar quais são os princípios e os fundamentos conceituais básicos que orientam projetos de código aberto no contexto da arquitetura;
b) Investigar quais plataformas tecnológicas dão suporte aos projetos de código aberto considerando os domínios de *software* e *hardware*;
c) Elencar iniciativas de referência existentes no âmbito dos projetos sustentáveis, descrevendo as contribuições para uma prática sustentável na arquitetura;
d) Discutir lacunas e desafios para sua difusão e implementação de forma contextualizada;

Espera-se contribuir com um melhor entendimento da importância das plataformas de código aberto na arquitetura, e da sua contribuição para o atendimento dos desafios contemporâneos relativos à mitigação dos efeitos ambientais negativos da construção, e de fomento a novas práticas economicamente e socialmente sustentáveis.

2. FUNDAMENTOS GERAIS DO CÓDIGO ABERTO

Em termos gerais, conceito de código aberto tem relação com o direito ao livre compartilhamento de produções materiais e imateriais (Stallman, 2015) e o fomento à colaboração entre pares, também definida como *peer-to-peer*. Este conceito sofreu uma ampliação de significados desde sua popularização quando associada à prática de disponibilização dos códigos fonte de computador. A noção de abertura hoje pode estar relacionada a diversos campos, não apenas ao

compartilhamento de informações, mas também processos, recursos e projetos. Programadores compartilhavam seus códigos com objetivo de ampliar sua capacidade de ação em projetos de computador de grande complexidade. Na atualidade, o conceito passou a servir com uma referência para todo tipo de iniciativa que opere em um contexto de colaboração, interação, igualdade de direitos, acessibilidade, autonomia, dentre outros vários modos de pensar e agir com mais horizontalidade na era da informação.

O conceito de colaboração, que fundamenta as práticas de código aberto, não apenas fomenta a disponibilização de materiais e recursos a toda uma comunidade, mas pressupõe que haja uma reciprocidade em todo o processo, no sentido de que todas as melhorias e aperfeiçoamentos que surgirem a partir destas fontes sejam igualmente compartilhadas com todos os pares nas mesmas condições. Esse é, segundo Dipasquale *et al.* (2014b) uma noção básica fundamental inerente a toda civilização humana nos primórdios de sua organização coletiva. No caso da arquitetura, por exemplo, o processo de produção em comunidades vernaculares envolvia trocas e interações frequentes que alimentavam mutuamente a criatividade e a solução de problemas.

Com os processos de modernização, industrialização e a consolidação de uma sociedade baseada na economia capitalista e na livre concorrência há uma supressão de práticas colaborativas, substituídas pelo regime de concorrência e competitividade. Hoje, vivemos em sociedades que expressam a magnitude de um sistema econômico baseado no capital, na propriedade privada, e no indivíduo. Segundo Hardt e Negri (2018), novos projetos sociais e políticos estão emergindo desafiando a primazia da propriedade privada. Em seu lugar, propõem o acesso aberto e igualitário à riqueza e procedimentos democráticos de tomadas de decisão.

Percebe-se que, no contexto da arquitetura, os princípios do código aberto aparecem articulados com a ideia de se "projetar globalmente e produzir localmente" (Privalou & Niaros, 2019). A disponibilização de informações qualificadas de projetos em plataformas digitais pode auxiliar a formação de grandes redes de desenvolvimento global que atuam sincronizadas em um projeto comum. As informações circulam e são aperfeiçoadas progressivamente e organicamente entre todos. Em paralelo, fábricas de pequeno porte locais podem absorver esse conhecimento e aplicá-lo em projetos locais contextualizados. Nesse sentido, a combinação entre a plataformização do projeto de arquitetura e os recursos de fabricação digital podem colaborar com desenvolvimento econômico no setor construtivo, além de apontar caminhos para práticas mais sustentáveis.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada a esta pesquisa caracteriza-se por uma revisão sistemática da literatura. Corresponde a um tipo de pesquisa que oferece uma visão abrangente da produção científica sobre um determinado tema por meio de uma análise aprofundada de obras relevantes, geralmente selecionadas com base em critérios rigorosos de inclusão e exclusão, de acordo com os objetivos e o escopo temático da pesquisa. Após essa etapa de seleção, os esforços são direcionados à extração de dados relevantes para a investigação, com o objetivo de sintetizar análises quantitativas e qualitativas relacionadas ao contexto contemplado. Os objetivos da metodologia foram divididos em quatro pontos, que incluem análise dos princípios projetuais do código aberto, análise de repertórios tecnológicos, levantamento de referências e definição de lacunas e desafios de implementação. Para cumprir estes objetivos, foram estabelecidos cinco estágios de desenvolvimento, incluindo seleção de bases, definição de palavras-chave, realização das buscas, refinamento e leitura do material. A Figura 1 sintetiza uma visão geral de como as etapas metodológicas desta pesquisa estão organizadas.

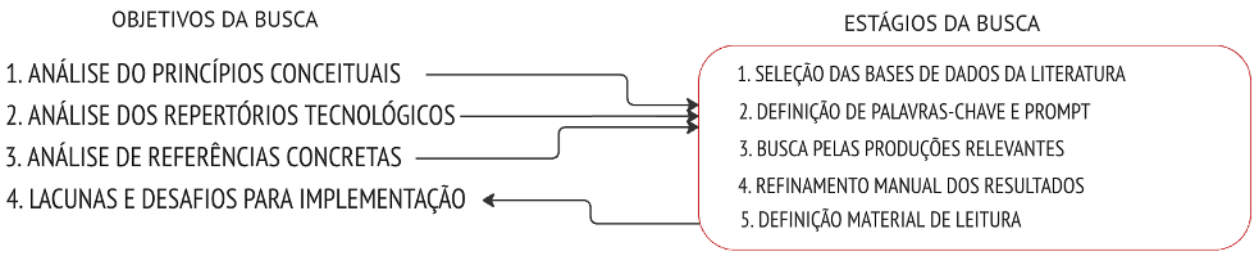

Figura 1: Síntese das etapas e estágios da pesquisa.
Fonte: os autores (2025).

3.1. A SELEÇÃO DA LITERATURA

A seleção das bases de dados foi feita considerando sua adequação ao tema da pesquisa e a um contexto global, incluindo produções de língua inglesa, espanhola e portuguesa, necessariamente publicadas em periódicos revisados por pares. Ficaram estabelecidas as seguintes bases indexadas: *Cumincad*, *Scopus (Elsevier)*, *Science Direct*, *Scielo*. De modo complementar, definiram-se as plataformas de inteligência artificial *Consensus*, *Chat GPT* e *DeepSeek* para o refinamento das buscas. O prazo definido para as publicações considerou um intervalo de 10 anos, de 2016 a 2025.

3.2. DEFINIÇÃO DE PALAVRAS-CHAVE E PROMPT

A busca pelas produções relevantes foi orientada por uma combinação gradativa de palavras-chave e suas variantes, conforme a Tabela 1.

Idioma	Palavra-Chave 1	Operador 1	Palavra-Chave 2	Operador 2	Palavra-Chave 3
ING	*"open source"* **variantes** *"opensource"*	*AND*	*"architecture"* **variantes** *"architectural design"* *"design process"*	*AND*	*"fabrication"* **variantes** *"digital fabrication"* *"robotic fabrication"*
POR	*"código aberto"*		*"arquitetura"* **variantes** *"projeto de arquitetura"* *"processo de projeto"*		*"fabricação"* **variantes** *"fabricação digital"* *"fabricação robotizada"*
ESP	*"código ablerto"*		*"arquitectura"* **variantes** *"proyecto de arquitectura"* *"proceso de proyecto"*		*"fabricación"* **variantes** *"fabricación digital"* *"fabricación robotizada"*

Tabela 1:definição de termos de busca e variantes.
Fonte: os autores (2025).

O objetivo da aplicação sucessiva de termos é progressivamente reduzir o espectro analítico de artigos relevantes relacionados ao uso de estratégias de código aberto no contexto específico da arquitetura, com recorte em procedimentos voltados para a adoção de técnicas de manufatura digital. A aplicação dos termos tomou como referência a seleção de valor máximo de 100 trabalhos relevantes em cada base de dados para posterior análise individual de seus conteúdos e refinamento por meio da leitura dos títulos, resumos e conteúdos integrais.

3.3. BUSCA E REFINAMENTO DE PRODUÇÕES RELEVANTES

No contexto das bases de dados indexadas, a aplicação gradativa das palavras-chave resultou em um total de 369 produções. A busca por produções nas plataformas de IA resultou em um total de 34 produções, totalizando 393 produções a serem refinadas na etapa subsequente. Os resultados foram importados para a plataforma Mendeley na qual foi realizada a análise dos

enfoques de cada produção a partir dos títulos, resumos, palavras-chave e temática da revista de publicação. Em razão da convergência dos termos “arquitetura” e “código aberto” com as áreas de computação e ciência da informação, muitas produções foram glosadas por não articularem estes termos ao campo específico do projeto de arquitetura. Foram ainda verificadas as duplicidades nos resultados e as autorizações de acesso a algumas editoras. Não foi possível avaliar o conteúdo de produções da *Springer Nature Link.* O refinamento da busca se deu pela análise de títulos, resumos e palavras-chave, e sua aderência à área de conhecimento estabelecida. Ao final, foram selecionadas 37 produções relevantes para leitura aprofundada. A figura 2 demonstra a distribuição dos estágios da pesquisa.

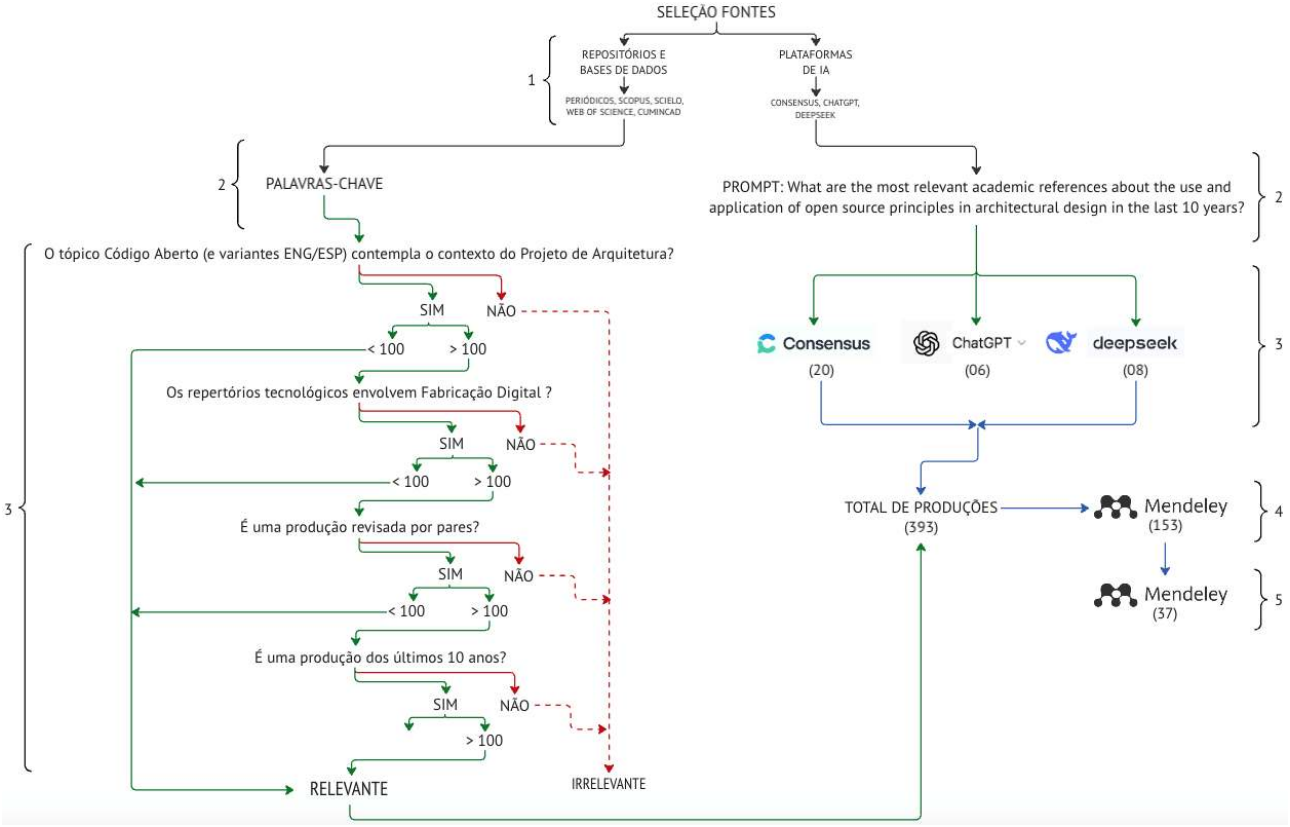

Figura 2: síntese das etapas e estágios da pesquisa.
Fonte: os autores (2025).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1. PRINCÍPIOS DE USO DO CÓDIGO ABERTO EM ARQUITETURA

Princípios como a *sustentabilidade construtiva* têm papel central em significativo número de práticas de código-aberto. Elas se mostraram condicionadas pela minimização do desperdício de materiais construtivos e redução da extração de matérias-primas. Em autores como Kabošová (2019), Doe (2021), Granello, Reynolds e Prest (2022) e Esenarro e Porras (2024), são apresentadas ações voltadas para a redução, reuso, reciclagem e recuperação de ativos construtivos, considerando temáticas como o ciclo de vida e a análise do impacto ambiental nas etapas de concepção, construção, manutenção e desmonte do projeto.

O conceito de *democratização* é recorrente em inúmeras produções. Influenciados pela ideia de projetar globalmente e produzir localmente, autores como Bullivant (2017) explicam que o modelo aberto de distribuição informações são apropriadas, de forma adaptada, por fábricas de pequeno porte e comunidades locais. A livre circulação de conteúdo entre grupos distribuídos globalmente cria novas redes de trabalho e troca de experiências. Estas ações são motivadas pela criatividade, autonomia, descentralização e utilização social da tecnologia.

O princípio da *colaboração* é determinante para muitas estratégias de ação de código aberto. Elas posicionam as comunidades na base fundadora de um processo de reinvenção dos modelos produtivos e econômicos. Estes processos apresentam forte vínculo local, sendo abordados como *bottom-up design* (Dortheimer e Yang, 2023), (Edelweiss, 2019). Eles recorrem, com frequência, a métodos de financiamento coletivo (*crowdsourcing*) (Grasser; Parger; Hirschberg, 2020), um sistema no qual recursos financeiros são arrecadados de diversas fontes na forma de doações.

As possibilidades de *customização* dos projetos é também uma estratégia frequente em processos de código aberto. A associação entre softwares paramétricos e recursos de fabricação robotizada são utilizadas em projetos modulares, auxiliando adaptações em função de restrições específicas. Conforme apontam Bianconi, Filippucci e Buffi (2019), Griz, Queiroz e Nome (2019) e Zhang *et al.* (2025), o processo de customização contribui em diferentes etapas do projeto: no desenvolvimento de encaixes e montagens, na tipologia construtiva, na adaptação às condições climáticas e à disponibilidade de recursos.

4.2. PLATAFORMAS DIGITAIS DE CÓDIGO ABERTO NA ARQUITETURA

Para Bullivant (2017), plataformas como as redes sociais *Foursquare* e *Pilgrim* favorecem trocas entre comunidades locais e criam redes paralelas de engajamento cívico, fortalecendo laços. Plataformas de trabalho digital como *Upwork*, que utiliza um sistema online de contratação de profissionais *free-lancers* (Dortheimer, 2023) auxiliam a dar visibilidade para projetos colaborativos, automatizando a interação entre atores e comunidade. Para Rezoug e Özkar, (2022), projetos de reciclagem como *Precious Plastic* operam como plataformas de engajamento e troca de informações sobre economia circular, com grande impacto na formação de uma consciência ecológica em comunidades e residentes. Tabarés e Kuittinen (2020) e Zivkovic e Battaglia (2022) associam o conceito de plataformas aos sistemas de código aberto *Arduino* e *Raspberry*, destinados a projetos de computação física e desenvolvimento de equipamentos de *hardware* (impressoras 3d *Rep.Rap*), e também aos sites *Thingiverse* e *Instructables*, responsáveis por hospedar grandes quantidades de conteúdos voltado para manufatura digital.

Sistemas construtivos de código aberto como *Wikihouse* são também considerados plataformas por autores como Fok (2016), Griz, Queiroz e Nome (2019), Mendonça, Passaro e Castro Henriques (2018) e Esenarro e Porras (2024). Segundo os autores, todo o conjunto de soluções técnicas do sistema, arquivos e manuais, estratégias de difusão e ensino via conteúdos digitais audiovisuais, suporte técnico e redes socias, compõem o espectro ampliado do conceito plataforma. Nesta mesma direção, Backheuser e Campolongo (2017) reiteram a importância da infraestrutura técnica digital como suporte principal e razão da grande difusão do sistema *Wikihouse*.

Em autores como Nan, Patterson e Pedreschi (2016) e Cheng e Hou (2019), o conceito de plataforma é utilizado como referência para interfaces de configuráveis de programação gráfica como *Grasshopper*, na qual podem ser inseridos *plugins* gratuitos para as mais distintas aplicações. De modo semelhante, Haeusler, Asher e Booth (2017) se referem a softwares GIS como ArcGis, Qgis, entre outros, utilizados como referência para a proposta intitulada *Urban Pinboard*. Segundo eles, trata-se de uma plataforma digital integrada que viabiliza a troca de informações, ideias, propostas e comentários entre setores públicos, privados e a comunidade acerca de propostas de planejamento urbano. Softwares de código aberto como 3D Sun-Path são adotados por Sokar, Brakez e Sobhy (2023) como instrumento de simulação e análise de projetos sustentáveis.

Autores como Grasser, Parger e Hirschberg, (2020), são mais audaciosos em desenvolverem um programa de computador intitulado *Realtime Architecture Platform* que pode ser instalada em computadores desktops e é integralmente destinada à troca de ideias em projetos participativos. Opera a partir de blocos interativos, multicamadas de informação, avatares para usuários, com interação por realidade aumentada via *smartphones*. Trata-se de um projeto que busca agregar a troca de ideias entre diferentes autores com o objetivo de aumentar o impacto das formações sociais na arquitetura. De modo semelhante, o projeto *Open Source Community,* desenvolvido por

Jiang e Cai (2023) propõe um aplicativo para *smatphones* que auxilia arquitetos no entendimento das visões pessoais e necessidades dos usuários no contexto urbano, a partir de uma coleta de informações de dados do *Twitter*. O uso de plataformas de visualização em *smartphones* oferece suporte para projetos vinculados à realidade aumentada sob o pretexto de facilitar que usuários amadores possam entender melhor processos complexos de projeto computacional associados à fabricação digital (Luo *et al.*, 2023).

4.3. INICIATIVAS E REFERÊNCIAS RELEVANTES

Estudos realizados por Romero Quidel *et al.* (2023) demonstraram a viabilidade de sistemas construtivos de código aberto como o *Wikihouse* desenvolvido pela *Open Systems Lab* como alternativas sustentáveis em países da América Latina. O sistema Wikihouse pode ser considerado o mais difundido, e é objeto de investigação e análise em uma gama de organizações, universidades e centro de investigação, conforme pôde ser identificado em autores como Fok (2016), Backheuser e Campolongo (2017), Mendonça, Passaro e Castro Henriques (2018), Salzberger e Lautwein (2018), Griz, Queiroz e Nome (2019) Esenarro e Porras (2024) e Granello, Reynolds e Prest (2022). Esta iniciativa vem desenvolvendo uma tecnologia de projeto e construção de código aberto que utiliza placas de madeira tipo *OSB* (*Oriented Strand Board*) na totalidade das peças de seu sistema estrutural.

O projeto *Built In Common,* idealizado pela arquiteta Irena Bauman e a curadora Kerry Harker, se baseou no sistema *Wikihouse* para dar suporte ao desenvolvimento de projetos de habitação que pudessem ser empreendidos de forma autônoma pelos próprios membros da comunidade, via autoconstrução. O projeto é proposto como uma metodologia experimental de trabalho que visa a aquisição de valor social e ambiental em projetos sustentáveis, com o suporte de sistemas abertos e baseados em fabricação digital (Bauman e Harker, 2020). Apoia-se na democratização e descarbonização da construção civil e na valorização do capital social de integração da comunidade de desenvolvedores locais.

O projeto *Housing 4.0 Energy* (*Affordable & Sustainable Housing Through Digitization - H4.0E*) foi uma iniciativa financiada pela *Interreg North-West Europe* concebida em 2019 de acordo com conceitos de acesso aberto a tecnologias construtivas de baixo carbono (Souaid *et al.*, 2024). O objetivo era incentivar o desenvolvimento de projetos-piloto que estimulassem a economia colaborativa e a circularidade. Seis projetos foram desenvolvidos em países como Alemanha, Bélgica e Holanda a partir de critérios que avaliaram sua performance arquitetônica frente às demandas da população e sua viabilidade de implementação na cadeia produtiva industrial. O projeto *H4.0E* pressupõe a criação de uma plataforma online para o compartilhamento de sistemas construtivos.

O sistema *Circular Mobble*, desenvolvido na Universidade de *Ghent*, na Holanda foi adotado em projeto-piloto desenvolvido na cidade de *Huldenberg*, na Bélgica, e também inserido no contexto de *H4.0E*. Nesta ocasião, foram reunidos vários atores dedicados à construção circular como o hub de inovação *Circular Flemish*, organizações do governo belga *OVAM* e *Vlaanderem*, a empresa de reformas *Domus Mundi*, *Bast Architects*, *BAO Living*, *Kamp C*, dentre outros. O sistema *Mobble* adota a ideia de pequenos pavilhões modulares, feitos com estrutura em camadas de *plywood* coladas, painéis sanduiche também em *plywood*, isolamento em lã de rocha, e instalações complementares montadas numa estrutura retangular semelhante a um contêiner, que podem ser facilmente transportados, combinados e montados, inclusive sobrepostos.

O sistema *Holz100* desenvolvido pela empresa *Thoma*[1]*,* com sede na Áustria também utiliza a madeira em seus sistemas estruturais e vedações, no entanto sob a forma laminada e colada. Esta técnica, também conhecida no Brasil como madeira engenheirada, é modelada a partir peças maciças de madeira, normalmente de reflorestamento (*pinnus,* por exemplo), cortadas no formato de tábuas, tiras ou pedaços, que recebem tratamento e são então unidas, para formarem peças de tamanhos variados sob medida.

[1] https://www.thoma.at/en/broschueren/thoma-planning-guide/

4.4. LACUNAS E DESAFIOS

Parte significativa das produções analisadas indica que o conceito de plataforma de código aberto em arquitetura tem uma projeção significativamente maior em países do norte global e em produções de língua inglesa do que em países do Sul global, com produções na língua portuguesa e espanhola. Por se tratar de um conhecimento especializado, que demanda uma infraestrutura técnica e operacional complexa, e em grande parte está relacionada com processos industriais, as estratégias de código aberto em arquitetura tendem a se concentrar em países já desenvolvidos na Europa e Estados Unidos. No entanto, em países da América Latina como Brasil e Chile constata-se um número crescente de iniciativas que buscam atender demandas habitacionais com o uso de sistemas de código aberto associados à manufatura digital. Foi possível constatar que no contexto europeu há incentivos governamentais que apoiam projetos de democratização de sistemas construtivos de código aberto que, somados a uma rede consolidadas de organizações públicas e privadas, vêm conseguindo criar e dar mais difusão a esse tipo de iniciativas.

No contexto das produções analisadas, foi possível confirmar que há uma correlação direta entre as práticas de código aberto e agendas sustentáveis. Por se tratarem de processos apoiados na inovação tecnológica e no desenvolvimento de sistemas de software e hardware especializados, o custo inicial mais elevado para sua implementação busca ser compensado com os potenciais ganhos em termos ambientais e sociais. A redução nas emissões de carbono, o menor gasto energético operacional e incorporado, e redução no consumo de matéria prima, são alguns dos principais argumentos para a defesa na implementação de sistemas construtivos e plataformas colaborativas de código aberto. Para que sua difusão e implementação possam ocorrer em contextos como o Brasil é fundamental haver esforços multilaterais que envolvam: incentivos governamentais para melhoria da infraestrutura industrial com equipamentos de fabricação digital, projetos de formação e capacitação profissional voltados para tecnologias digitais e manufatura robotizada, incentivos para a industrialização e pré-fabricação na construção civil como forma de apoiar um fazer arquitetônico ambientalmente consciente, e criação de programas de fomento a práticas de economia colaborativa como alternativas viáveis para o mercado de trabalho na construção, notadamente em escalas locais com maior potencial de envolvimento de pequenas empresas.

5. CONCLUSÕES

As iniciativas de código aberto na arquitetura e construção civil analisadas neste artigo contribuem de forma concreta para a ampliação da sustentabilidade em níveis ambientais, sociais e econômicos. Elas cumprem funções que atendem aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial para os ODS 11, 12 e 13. Ao fomentar a participação de comunidades locais na concepção e implementação de soluções habitacionais sustentáveis, estas práticas alinham-se com o ODS 11, promovendo cidades mais inclusivas, resilientes e seguras. A ênfase na reutilização de materiais, na modularidade e na redução de resíduos reforça diretamente o ODS 12, estimulando padrões de produção e consumo mais responsáveis. Finalmente, ao reduzir a energia incorporada, privilegiar materiais de baixo carbono e adotar sistemas construtivos com menor impacto ambiental, estas abordagens contribuem para a mitigação das alterações climáticas, conforme os objetivos do ODS 13. Dessa forma, os processos construtivos de código aberto revelam-se não apenas como soluções técnicas inovadoras, mas como alternativas relevantes para uma transformação sistêmica necessária à sustentabilidade global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACKHEUSER, L. A. F.; CAMPOLONGO, E. L. P. S. Experimentação prática de encaixes em fabricação digital subtrativa. In: Congresso Internacional De Arquitetura E Construção, 2017, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: PROPAR/UFRGS, 2017.

BAUMAN, I.; HARKER, K. New infrastructure for communities who want to build. **Architectural Design**, v. 90, p. 38–45, 2020.

BIANCONI, F.; FILIPPUCCI, M.; BUFFI, A. Automated design and modeling for mass-customized housing: a web-based design space catalog for timber structures. **Automation in Construction**, v. 103, p. 13–25, 2019.

BULLIVANT, L. The Hyperlocal: Less Smart City, More Shared Social Value. **Architectural Design**, v. 87, n. 1, p. 6–15, 2017.

CHENG, C. L.; HOU, J. H. A highly integrated Horizontal coordinate-based tool for architecture. In: SOUSA, J. P.; HENRIQUES, G. C.; XAVIER, J. P. (org.). **ECAADE SIGraDi 2019**. Volume 3. Porto, 2019. p. 305–312.

DIPASQUALE, L.; MECCA, S.; ÖZEL, B. Productive settlements. In: CORREIA, M.; DIPASQUALE, L.; MECCA, S. (org.). **VerSus Heritage for Tomorrow**: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture. Firenzi: Firenzi University Press, 2014.

DOE, R. M. An open, integrated modular format: For flexible and intelligible architecture, engineering and construction design and production. **International Journal of Architectural Computing**, v. 19, n. 1, 2021.

DORTHEIMER, J.; YANG, S.; YANG, Q.; SPRECHER, A. Conceptual Architectural Design at Scale: A Case Study of Community Participation Using Crowdsourcing. **Buildings**, v. 13, n. 1, p. 222, 2023.

EDELWEISS, R. K.; VOLPATTO, C. P.; CASAGRANDE, R. D. Vila Flores: um processo arquitetônico. **Módulo Arquitectura CUC**, v. 22, 2019.

ESENARRO, D.; PORRAS, E.; VENTURA, H.; FIGUEROA, J., RAYMUNDO, V.; CASTAÑEDA, L. Use of Digital Tools (Wikihouse System) in Multi-Local Social Housing. **Sustainability**, v. 16, n. 8, p. 3231, 2024.

FOK, W. W. Opening Up the Future of Open Source: From Open Innovation to the Internet of Things for the Built Environment. **Architectural Design**, v. 86, n. 5, p. 116–125, 2016.

GRANELLO, G.; REYNOLDS, T.; PREST, C. Structural performance of composite WikiHouse beams from CNC-cut timber panels. **Engineering Structures**, v. 252, p. 113639, 2022.

GRASSER, A.; PARGER, A.; HIRSCHBERG, U. L. Pervasive collaboration and tangible complexity in realtime architecture. In: **Proceedings of the 38th eCAADe Conference**: Anthropologic – Architecture and Fabrication in the Cognitive Age, Berlin, 2020.

GRIZ, C.; QUEIROZ, N.; NOME, C. **Edificação modular**: estudo de caso e protótipo de um sistema construtivo de código aberto utilizando prototipagem rápida. In: XXI– SIGraDi Conference, v. 3, n. 12, p. 261–268. São Paulo: Blucher, 2017.

HAEUSLER, M. H.; ASHER, R.; BOOTH, L. Urban Pinboard: development of a platform to access open source data to optimise urban planning performance. In: **Proceedings of the 35th eCAADe Conference**. Roma, Itália, 2017. p. 439–448. DOI:10.52842/conf.ecaade.2017.1.439

HARDT, M.; NEGRI, A. **Assembly**: a organização multitudinária do comum. São Paulo: Editora Filosófica Politeia, 2018.

JIANG, M.; CAI, C. Communication with Detroit: machine learning in open source community housing design. In: **Proceedings of the 41st eCAADe Conference**, 2023.

KABOŠOVÁ, L. The search for an optimal architectural shape using wind performance analysis. **IOP Conference Series Materials Science and Engineering**, v. 566, n. 1, p. 12012, 2019.

LUO, J.; MASTROKALOU, E.; ALDABOUS, R.; ALDABOOS, S.; LOPEZ RODRIGUEZ, A. Fabrication of complex clay structures through an augmented reality assisted platform. In: **Proceedings of the 28th CAADRIA Conference 2023**, v. 1, p. 413–422. Ahmedabad, India: Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, 2023.

MENDONÇA, D.; PASSARO, A.; CASTRO HENRIQUES, G. WikiHouse: a generative and parametric tool to customize curved geometries. In: **Proceedings of the 36th eCAADe Conference**, 2018.

NAN, C.; PATTERSON, C.; PEDRESCHI, R. Digital materialization: additive and robotical manufacturing with clay and silicone. In: **Proceedings of the 34th eCAADe Conference**, 2016.

PRIAVOLOU, C. The Emergence of Open Construction Systems: A Sustainable Paradigm in the Construction Sector? **Journal of Futures Studies**, v. 23, n. 2, 2018.

PRIAVOLOU, C.; NIAROS, V. Assessing the Openness and Conviviality of Open Source Technology: The Case of the WikiHouse. **Sustainability**, v. 11, n. 17, p. 4746, 2019.

REZOUG, A.; ÖZKAR, M. When residents are makers: using additive manufacturing for rehabilitating modernist housing heritage. In: **Proceedings of the 40th eCAADe Conference**, 2022.

ROMERO QUIDEL, G.; SOTO ACUÑA, M. J.; ROJAS HERRERA, C. J.; RODRÍGUEZ NEIRA, K.; CÁRDENAS-RAMÍREZ, J. P. Assessment of modular construction system made with low environmental impact construction materials for achieving sustainable housing projects. **Sustainability**, v. 15, p. 8386, 2023.

SALZBERGER, M.; LAUTWEIN, M. SimpliciDIY – do-it-yourself wood building system. In: **Proceedings of the 36th eCAADe Conference** – Education and research in computer aided architectural design in Europe, 2018.

SOKAR, L.; BRAKEZ, A.; SOBHY, I. A scientific process for a sustainable architectural design: A case study of a rural pavilion in a hot semi-arid climate. **Journal of Building Engineering**, v. 79, p. 107816, 2023.

SOUAID, C.; TEN CAAT, P. N.; MEIJER, A.; VISSCHER, H. Downsizing and the use of timber as embodied carbon reduction strategies for new-build housing: A partial life cycle assessment. **Building and Environment**, v. 253, 2024. ISSN 0360-1323.

STALLMAN, R. **Free Software, Free Society**: Selected Essays of Richard M. Stallman. Boston: Free Software Foundation, 2015.

TABARÉS, R.; KUITTINEN, H. A tale of two innovation cultures: Bridging the gap between makers and manufacturers. **Technology in Society**, v. 63, p. 101352, 2020.

ZHANG, Y. *et al*. Customizing designs with minimum resources: An accessible and sustainable fabrication process for bespoke, compressed earth blocks using additively manufactured molds. **Journal of Building Engineering**, v. 108, p. 112904, 2025.