

RELATOS DO USO DE ARQUITETURA DE CÓDIGO-ABERTO EM PROJETOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

REPORTS ON THE USE OF OPEN-SOURCE ARCHITECTURE IN SOCIAL INTEREST HOUSING PROJECTS

INFORMES SOBRE EL USO DE ARQUITECTURA DE CÓDIGO ABIERTO EN PROYECTOS DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL

Bruno Massara Rocha¹, Leonardo Valbão Venâncio¹, Fernanda Orlandi da Silva¹

RESUMO:

Este é um projeto pioneiro no uso do sistema *Wikihouse* na construção de um protótipo habitacional em uma comunidade em situação de vulnerabilidade. O Brasil é um país com grande déficit habitacional concentrado em grandes regiões metropolitanas, e este artigo traz resultados de uma iniciativa para atender parte dessa demanda utilizando para isso o sistema de código aberto *Wikihouse*. O projeto foi desenvolvido utilizando metodologia *Design Science Research* aplicada em três etapas de prototipagem e produção de um módulo vivencial em escala 1:1: a) Conscientização, b) Desenvolvimento e c) Aplicação. Os resultados demonstraram importância focal em desenvolver uma ecologia de projeto melhor estruturada e adaptada para viabilizar o sistema *Wikihouse* no contexto brasileiro. Aspectos distintivos serão descritos e analisados sob a ótica da ecologia de projetos, que discutirá aspectos teóricos e conceituais à luz de um experimento real executado em escala 1:1 na região metropolitana na cidade de Vitória/ES.

PALAVRAS-CHAVE: Wikihouse; Open Design; Comunidades Vulneráveis.

¹Universidade Federal do Espírito Santo

Fonte de Financiamento:
FAPES: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (bolsa de mestrado)

Conflito de Interesse:
Declara não haver.

Ética em Pesquisa:
Declara não haver necessidade.

Submetido em: 24/04/2022
Aceito em: 07/05/2023

How to cite this article:

ROCHA, B. M.; VENÂNCIO, L. V.; SILVA, F. O. Relatos do uso de arquitetura de código-aberto em projeto de habitação de interesse social. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v18, n2, 2023. <https://doi.org/10.11606/gtp.v18i2.196885>



ABSTRACT:

This is a pioneering prototype project using Wikihouse system to be built in a vulnerable condition community. Large metropolitan areas in Brazil concentrate an expressive housing deficit, and this article presents the results of an initiative to solve part of this demand using the Wikihouse open source system. The project was developed using a three stages Design Science Research methodology by prototyping and executing an experiential module on a 1:1 scale. The stages were: a) awareness, b) development and c) application. The results showed a major importance in developing a better structured and adapted project ecology to make the system viable in the Brazilian context. Distinctive aspects will be described and analyzed from the perspective of project ecology, which will discuss theoretical and conceptual aspects in the light of a real experiment performed on a 1:1 scale in the metropolitan area of Vitória/ES.

KEYWORDS: Wikihouse; Open Design; Vulnerable Communities.

RESUMEN:

Este es un proyecto pionero en el uso del sistema Wikihouse en la construcción de un prototipo de vivienda en una comunidad vulnerable. Brasil es un país con un gran déficit habitacional concentrado en grandes áreas metropolitanas, y este artículo presenta los resultados de una iniciativa para atender parte de esta demanda utilizando el sistema de código abierto Wikihouse. El proyecto fue desarrollado utilizando la metodología Design Science Research aplicada en tres etapas de prototipado y producción de un módulo experiencial a escala 1:1: a) Concientización, b) Desarrollo y c) Aplicación. Los resultados demostraron una importancia central en el desarrollo de una ecología de proyecto mejor estructurada y adaptada para viabilizar el sistema Wikihouse en el contexto brasileño. Los aspectos distintivos serán descritos y analizados desde la perspectiva de la ecología del proyecto, que discutirá aspectos teóricos y conceptuales a la luz de un experimento real realizado a escala 1:1 en la región metropolitana de Vitória/ES.

PALABRAS CLAVE: Wikihouse; Diseño abierto; Comunidades Vulnerables.

INTRODUÇÃO

A pesquisa aqui apresentada traz relatos da utilização do sistema construtivo de código-aberto *Wikihouse* em um contexto urbano de vulnerabilidade social e habitacional na cidade de Vitória/ES. A concepção, prototipagem e execução de um módulo habitacional experimental foi resultante de um problema emergencial real relativo à degradação de moradias em áreas vulneráveis em função de fortes chuvas, e subseqüentes interdições por parte da Defesa Civil do Estado do Espírito Santo. As interdições são necessárias e ocorrem no sentido de evitar maiores problemas e perdas de vida em razão do risco alto de desmoronamento em locais como por exemplo o Território do Bem, mas também em inúmeras outras comunidades brasileiras. A partir de contato inicial realizado por organizações não governamentais (ONGs) com o Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) foi elaborado um projeto de extensão universitária com finalidade de prestar assessoria técnica no desenvolvimento de uma solução construtiva que fosse viável, a saber: ser compatível com condições de vulnerabilidade, apresentar um custo acessível, de rápida montagem, consciente sobre o uso dos materiais, e com abertura para a participação externa comunitária. A estruturação do projeto identificou, a partir de relatos recebidos dos moradores e do exame in loco das condições do terreno, a gravidade e a urgência de novas moradias mais adequadas. Numa visão mais ampla, pesam neste esforço a percepção de que, para além dos problemas específicos identificados no Território do Bem em Vitória, há inúmeras outras ocorrências de moradias em péssimas condições construtivas e com risco de desmoronamento em todo território brasileiro. Tem-se em conta que o acesso à moradia digna é direito fundamental previsto na Constituição Brasileira (BRASIL, 1988) e na Declaração dos Direitos Humanos da Organização das Nações Unidas (ONU, 1948). Há uma expectativa de que os resultados obtidos até o presente momento possam orientar futuros projetos de construção de moradias baratas, seguras e de baixo impacto ambiental no contexto brasileiro.

Como forma de contextualização do problema, cabe brevemente mencionar que dados recentes publicados pela Fundação João Pinheiro (FJP) apontaram, para o ano de 2019, um déficit habitacional brasileiro de 5.876.699 unidades, o que corresponde a 8% dos domicílios do país (FJP, 2021). O conceito de déficit habitacional não inclui apenas a demanda por novas unidades, mas também unidades existentes sem condições de habitabilidade, e sua proporção no estoque de moradias disponíveis no país (IJSN, 2019). No caso do Estado do Espírito Santo, o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) verificou que, no ano de 2019, havia 74.454 famílias em situação de déficit, o que correspondia a um percentual extremamente significativo de 19,40% das famílias registradas no CadÚnico.

O projeto de extensão implementado na UFES foi intitulado “Protótipo pré-fabricado de habitação unifamiliar no Território do Bem” (PROEX 1774/UFES), e se baseou em princípios técnico-científicos e socioambientais para avaliação e validação de propostas de projeto. Somou-se ainda o interesse por oferecer uma tecnologia de interesse social coerente com a evolução e democratização do acesso ao conhecimento contemporâneo digital proporcionados pelo código aberto.

Como parte da estruturação do projeto do módulo habitacional originado do projeto de extensão mencionado, fez-se uso de recursos de softwares de modelagem 3d, modelagem generativa, prototipagem em escala reduzida (corte a laser) e fabricação em escala 1:1 (fresadora), pré-requisitos para o sistema *Wikihouse*. As premissas para utilização deste sistema recorreram a posicionamentos projetuais que nos pareceram bastante pertinentes e que coadunam com o histórico de investigação de projeto do Grupo de Pesquisa Conexão VIX, que envolve processos paramétricos, fabricação digital e visualização de dados. A alta complexidade do problema demarcado pelo projeto de extensão impôs novos desafios aos

pesquisadores em função do ineditismo no uso do sistema nas pesquisas do Conexão VIX. Ademais, lidar com uma situação real é uma ação de alta complexidade por necessitar de soluções práticas que combinem demandas tais como: proporcionar habitabilidade e dignidade em espaços exíguos, utilizar materiais de fontes renováveis e recicláveis, apresentar competitividade econômica frente aos tradicionais métodos construtivos, ser passível de transporte e montagem em locais de difícil acesso e topografia acidentada, e propiciar abertura processual para a inserção de membros da comunidade na execução do projeto. A proposta de utilização do sistema *Wikihouse* foi apoiada nas boas soluções já executadas no Brasil e principalmente pela autonomia que ele proporciona em função de seu caráter modular e da fabricação consciente.

A busca por autonomia na produção de construtos em escala real capazes de serem instaladas em áreas sub-urbanizadas surge inspirada em uma crescente cultura da apropriação e do compartilhamento de informações, dados e projetos que, mediados pelas redes digitais, vêm permitindo que um número significativo de pessoas tenha acesso a recursos para ações de caráter emancipatório. Sejam moradias, espaços comerciais, de serviço e lazer, áreas de convivência ou multifuncionais, por meio delas emerge um campo relevante de produções experimentais, customizadas, e com potencial para atender redes de ação solidária, comunitária e de caráter emergente.

A cultura maker é reveladora deste movimento pela autonomia individual e democratização do conhecimento, sendo o *Open Design* sua versão arquitetural mais difundida. Estudos recentes realizados por Lima e Rocha (2020) constataram que o *Open Design* vem incorporando boas práticas de compartilhamento de projetos e sistemas construtivos que, vinculadas às licenças *Creative Commons*, conferem segurança e confiabilidade em produções de ampla reprodutibilidade e circulação global. No entanto, no caso de sistemas complexos como a *Wikihouse*, o acesso à informação é apenas o ponto de partida. A ampla circulação dos dados não é por si só suficiente para atender toda rede de exigências para a produção arquitetônica que inclui ainda inúmeros serviços, produção dos componentes, obras, além dos aspectos logísticos e de montagem do objeto arquitetônico propriamente dito. Esta ecologia de projetos (ROCHA et al., 2019) precisa ser entendida como um sistema complexo de projeção no qual os agentes constituintes devem estar em interação, coordenados e orientados para que assim decorra uma aplicação adequada.

CONSIDERAÇÕES ACERCA DA CULTURA DO COMPARTILHAMENTO E SUAS RELAÇÕES COM A ARQUITETURA

Previamente ao surgimento do sistema *Wikihouse*, o desejo por maior autonomia na geração de moradias foi objeto de pesquisa de muitos arquitetos, destacando-se o designer americano Ken Isaacs. Apoiado em um projeto de módulos estruturais, denominados de matrizes, para construção de pequenas edificações, Isaacs compartilhou em 1974 a publicação *How to build your own living structures*, que oferecia à sociedade um guia completo e detalhado de como se construir de forma autônoma. Seu método construtivo modular continha a descrição dos recursos para execução, técnicas a serem empregadas, tipos de combinações e os modos de acabamento, dentre outras inúmeras orientações ao leitor-construtor. O resultado, segundo o designer, eram estruturas multifuncionais denominadas por ele de dispositivos conviviais (ISAACS, 1974). Precursor dos movimentos *Maker* e *do-it-yourself*, ele reuniu nesta publicação técnicas e procedimentos que favoreciam um modo autônomo de construção baseado na improvisação de arranjos das matrizes estruturais (ROCHA, 2015). Isaacs pode ser considerado personagem importante na implementação da cultura do compartilhamento na arquitetura e uma referência para iniciativas atuais como a *Wikihouse*. Sua visão política

era de que todo cidadão deveria ter o direito a produzir suas próprias estruturas habitacionais sem se endividar ou contrair pesadas hipotecas (ISAACS, 1974).

Foi ao longo das décadas subsequentes que o movimento *Maker* evoluiu em função do surgimento e popularização da internet, e adquiriu alcance amplo na cultura projetual. Em meados dos anos 1990 as redes de informação instauraram um novo regime de interação entre criadores e conteúdo. Para Anderson (2012), esta nova condição dialógica de trocas e comunicação fez evoluir o modo *do-it-yourself* para *do-it-with-others*. O novo regime de compartilhamento tornou mais complexos os sistemas de distribuição de dados e os próprios produtos colocados em circulação. São eles resultantes um esforço de muitas mãos e cérebros em sincronia. Pode-se afirmar que as redes digitais e os princípios da livre circulação de códigos e informações oportunizaram uma dinâmica de projeto com características definitivamente mais orgânicas e evolucionárias, sendo a *Wikihouse* um de seus muitos desdobramentos no mundo físico.

Mesmo reconhecendo a importante evolução processual instaurada pelo *information commons* na democratização da arquitetura, seja como objeto físico ou como disciplina, não se pode desconsiderar o exponencial ganho de complexidade do processo projetual que passa, a partir de agora, a exigir maior envolvimento e mais responsabilidades para o arquiteto. Embora informações de projetos estejam mais acessíveis, não se trata apenas de baixá-las para em seguida começar a construir, mas são necessários novos posicionamentos e modos de organização do trabalho de arquitetura até então inexistentes.

A experiência de trabalho no Território do Bem revelou, por exemplo, que, distintamente do que manifestam autores como Secchi et al (2020), as ações necessárias para que uma pessoa obtenha as informações sobre projetos de código aberto como a *Wikihouse* e tenha condições e conhecimentos para transformá-las em um objeto arquitetônico de qualidade são extremamente complexas. Soma-se a isso um incremento de complexidade operacional e produtiva dos componentes necessários para a execução da edificação, que incluem questões acerca da materialidade, resistência estrutural, conforto e segurança. Há uma singularidade no fluxo de trabalho e nos processos que regem o código aberto no âmbito da arquitetura, e uma das intenções desta pesquisa é relativizar esta relação, entendendo que, em outros campos do conhecimento, como na computação ou no design de produtos, há uma menor exigência em termos físicos comparados com a escala arquitetural.

Entretanto, apesar da complexidade ampliada do campo arquitetural para a sua produção em comparação com outras áreas, é notório um cenário extremamente favorável para o crescimento das práticas de código livre entre os arquitetos em grande parte por causa do aperfeiçoamento dos equipamentos de fabricação digital. Percebe-se que este cenário não tem se mostrado de forma compartimentada, mas a presença da robótica e da prototipagem digital no contexto dos projetos de arquitetura conduzem ao que de Masi (2001) define como corte epistemológico, ou seja, o amadurecimento de uma nova potência organizacional e criativa fortemente ancorada nos sistemas eletrônicos e na interação entre inteligências humanas em redes digitais. Isso significa que a presença da robótica na arquitetura favorece a emergência de um campo ampliado de saberes relacionados ao projeto dentro da qual se inserem iniciativas como a *Wikihouse*, *Open Desk* e *Open Building Institute*. Em termos gerais é possível identificar princípios comuns, tais como:

- a) o compartilhamento de dados e informações em fluxo contínuo e não-hierárquico nas redes digitais por meio de plataformas e repositórios;
- b) a adoção de metodologias experimentais apoiadas em ciclos sucessivos de adaptação de ideias testadas e avaliadas por meio de inúmeros protótipos e versões;

c) a unicidade das decisões projetuais em função das condições e contingências do contexto, considerando repertórios, dados e narrativas existentes;

d) a valorização de procedimentos de reconfiguração e reutilização de materiais e informações preexistentes e não a sua supressão ou substituição.

Os princípios acima mencionados demandam de espaços físicos dotados de uma infraestrutura operacional aos moldes de uma mini fábrica na qual se possa produzir os componentes, peças, realizar pré-montagens e testar encaixes. Estes locais de desenvolvimento tecnológico e inovação são fundamentais para projetos de código aberto em arquitetura porque territorializam a informação disponibilizada em ambientes de produção compartilhada. Autores como Hippel (2005) os consideram espaços-laboratório e exaltam a sua importância como locais que democratizam o conhecimento oferecendo uma alternativa para a prática autônoma da arquitetura. No entanto, estes locais de desenvolvimento demandam um espaço físico substancial para comportar equipamentos grandes de fabricação digital, para abrigar os componentes numa etapa de pré-montagem e preparar seu acondicionamento antes do envio para o canteiro. Além disso, demandam um custo alto de investimento para aquisição e manutenção dos equipamentos e por esta razão, no contexto brasileiro, sejam restritos a um número limitado de centros de pesquisa dotados de tal capacidade.

Para contornar questões de ordem financeira, espaços-laboratórios menores se apresentam de modo mais integrativo, buscando gerar uma rede de serviços auxiliares de produção, montagem e transporte, como é o caso da proposta apresentada aqui. Neste formato mais compacto, foi fundamental estruturar uma ecologia de projeto descentralizada e configurada por diferentes prestadores de serviço especializado responsáveis por cada etapa de produção do sistema *Wikihouse*. A operacionalização deste processo será descrita e analisada nos itens subsequentes.

SOBRE O SISTEMA WIKIHOUSE E SUA INSERÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO

O sistema *Wikihouse* é atualmente administrado pela organização sem fins lucrativos *Open Systems Lab*, que mantém relações de trabalho com organizações públicas, privadas, terceiro setor e sociedade civil, e oferece consultoria no desenvolvimento de sistemas abertos. Seguindo os princípios do código aberto, as alternativas construtivas oferecidas são hospedadas em plataformas online e distribuídas a um custo muito reduzido e sem necessidade de burocracias complicadas para licenciamento e autorização. No caso da *Wikihouse*, todas as informações técnicas necessárias para o projeto e a execução do sistema construtivo têm sua propriedade intelectual compartilhada podendo ser livremente apropriadas.

Com base nas experiências realizadas, é possível afirmar que a estrutura de organização necessária para a construção de um sistema *Wikihouse* abarca de três condicionantes básicos: a) que o projeto seja realizado em plataforma digital, em softwares de modelagem 3D, preferencialmente paramétricos, com recursos para a operacionalização de uma grande quantidade de peças e encaixes; b) que a fabricação digital ocorra em local próximo ou in loco por meio de máquinas controladas por computador, como fresadoras *CNC*; e c) que a montagem dos componentes em madeira seja acompanhada de tratamento imediato contra umidade e insetos. Com relação ao primeiro condicionante a *Open System Lab* oferece banco de dados disponibilizado em seu próprio website e na plataforma *GitHub* que inclui modelos digitais tridimensionais, manuais de montagem, documentação com orientações sobre etapas

de desenvolvimento, exemplos de residências já realizadas e canais de acesso para interação com outros membros da comunidade *Wikihouse*. Considerando que o sistema está diretamente ancorado nos processos de fabricação digital, não há por parte da organização a disponibilização de infraestrutura necessária para a produção das peças, e por esta razão pressupõe-se que o interessado tenha acesso em sua comunidade às máquinas e equipamentos necessários para fabricação e transporte. Sem o suporte dos recursos de fabricação digital o projeto não se viabiliza, em razão do alto nível de complexidade dos encaixes, da quantidade elevada de peças diferenciadas e dos acertos e correções sempre importantes de serem feitos durante o andamento da produção. O tipo de material recomendado para o sistema construtivo é o OSB (*Oriented Strand Board*), painéis de tiras de madeira de reflorestamento prensadas medindo aproximadamente 2,40 x 1,20m. Destas placas são retiradas, por meio de uma fresadora computadorizada, a totalidade das peças necessárias, incluindo painéis de vedação, pilares, vigas, encaixes, etc. Uma vez produzidas as peças há maneiras diferentes de se proceder a construção: uma delas é realizar a pré-montagem da estrutura e posterior envio para o local de instalação por caminhão, e outra é a montagem de mini fábrica in loco para a simultânea produção e montagem do projeto na sua destinação final. Ambas as opções apresentam complexidades em termos logísticos, embora a montagem *in-loco* tenha a vantagem de reduzir o deslocamento das peças produzidas e o tempo e esforço de acondicionamento, além de oferecer suporte continuado para possíveis ajustes ao longo da montagem, que se mostraram bastante frequentes. Um dos diferenciais do sistema frente aos métodos construtivos tradicionais como alvenaria e concreto armado é a montagem à seco que pode ser levada adiante com o uso de ferramental relativamente simplificado. Há ainda contribuições relativas a outros temas de grande valor processual tais como a menor emissão de carbono na produção, a redução do peso estrutural da construção, uma maior precisão de montagem e a redução do esforço físico e dos riscos de acidentes para trabalhadores.

A experiência de condução de um processo de projeto baseado na *Wikihouse* no contexto brasileiro trouxe à tona inúmeras particularidades que exigem uma rediscussão de determinadas garantias oferecidas tendo em vista um cenário de maior limitação de recursos, tecnologias e pessoal. Uma sequência de impasses e fatores limitadores surgidos ao longo do desenvolvimento do projeto aqui apresentado revelou que o corte epistemológico do qual nos fala de Masi (2001) não é definitivamente, no caso brasileiro, um corte linear. Ao contrário, foi possível constatar que a autonomia sobre os métodos construtivos demanda muita preparação e inclui um processo demorado de readaptação da arquitetura em múltiplos níveis, notadamente, operacionais, gerenciais, conceituais e comportamentais. Os resultados obtidos no projeto Território do Bem serão comparados com outras iniciativas implementadas em solo brasileiro para melhor abordar o tema em âmbito nacional. É possível afirmar que o conjunto de fatores de readaptação necessários para a inserção congruente do sistema *Wikihouse* no Brasil deve considerar, em especial, um processo coordenado de organização de cada etapa e cada ator de modo compartilhado e complementar, esquematizando e estruturando as sequências de ação no decorrer da concepção até sua finalização. Em outras palavras, demandam uma ecologia de projetos (ROCHA et al., 2019) integrada e funcional.

Diante da complexidade do processo de desenvolvimento da *Wikihouse* foi realizado um mapeamento das iniciativas ocorridas no Brasil, levantando-se os grupos envolvidos, laboratórios de pesquisa, ações análogas de extensão universitária, além de ações em instituições privadas, para se obter um panorama de ação e o estado da arte da *Wikihouse* no Brasil. Para a realização deste mapeamento utilizou-se como método a coleta das informações disponibilizadas por meio de publicações científicas em congressos e periódicos qualificados, mas também em sites especializados de arquitetura, design e engenharia. Os

resultados encontrados foram avaliados sob a lente do conceito de ecologia de projetos (ibid.), ou seja, avaliação de itens fundamentais necessários para o desenvolvimento do sistema *Wikihouse*, descritos da seguinte maneira: (1) agente responsável pela criação da demanda do projeto e seu ponto de partida; (2) responsável pela gestão dos dados iniciais disponibilizados e produção do projeto; (3) origem das fontes de financiamento para implementação do projeto; (4) aspectos relativos à materialidade utilizada; (5) modelo de produção das peças e responsáveis pelo corte em fresadora *CNC*; (6) aspectos logísticos; e (7) montagem. O mapeamento ainda se encontra em processo de aprofundamento, mas a seguir estão descritos os dados coletados até o presente momento.

O primeiro projeto mapeado intitula-se Casa Conectada, e ficou exposta na Casa Cor – São Paulo em 2021 no período de 21 de setembro até 15 de novembro. O projeto foi encomendado pela CASACOR (mostra que parte da iniciativa privada do Grupo Abril), tendo sido projetada pelos escritórios Estúdio Guto Requena e PAX Arquitetura. O projeto é fruto de uma grande organização entre empresas, prestadores de serviços, equipes e mão-de-obra envolvidos para a realização da construção. A origem do financiamento é privada e conta com variadas parcerias no âmbito das empresas de arquitetura e fornecedores de materiais de construção, incluindo esquadrias, iluminação, materiais de acabamento e automação. Embora não tenham sido identificadas informações detalhadas sobre as especificações de materiais (composição química, tamanhos e espessuras), é possível concluir pela análise das imagens que a materialidade principal do projeto respeita a indicação dada pela *Open System Lab* para a utilização de chapas de *OSB*. Em entrevista realizada com arquiteto da PAX Arquitetura, foi informado que as peças em madeira do projeto foram cortadas em empresa privada (situada na cidade de São Paulo), local onde as peças ficaram armazenadas até o transporte para o pavilhão de exposições para posteriormente serem içadas com a grua até o terraço do edifício.

O projeto intitulado Casa Revista foi desenvolvido pelo Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital (LAMO) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e é objeto de publicação dos autores Passaro e Rohde (2016). O agente responsável pela sua implementação foi estudante de arquitetura em projeto realizado como requisito para conclusão do curso de graduação. O projeto foi fruto de uma articulação entre o estudante, o LAMO e o Laboratório de Ensino de Materiais de Construção e Estudo do Solo – LEMC da mesma universidade. Em termos de recursos, o financiamento se deu por meio de bolsas de pesquisas, como as oferecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPQ) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). As chapas de madeira compensada utilizadas neste projeto foram doadas por empresa privada e cortadas em máquina *Router CNC* pertencente a outra empresa privada, que deu apoio ao projeto (POLIZZO et al., 2020). Os autores Passaro e Rohde (2016) afirmam que “durante os meses de janeiro e fevereiro de 2016 foram usinadas 200 chapas de madeira compensada” (ibid.). Deduz-se que o transporte das peças não foi objeto de grandes complexidades logísticas uma vez que o projeto foi montado em local próximo à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ e contou, segundo relatos, com o auxílio de cinquenta voluntários, sendo eles estudantes, professores e funcionários do LAMO.

O projeto intitulado Casa Nordeste (GRIZ et al., 2017) foi iniciativa de pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e do Laboratório de Modelos + Prototipagem (LM+P) da UFPB. O projeto contou com a colaboração do Laboratório de Objetos Urbanos Conectados (LOUCo) do Porto Digital (Recife) e do Pronto 3D da Universidade Federal de Santa Catarina, que disponibilizaram equipamento de corte a laser para fabricação das peças (protótipo em escala). O projeto contou com financiamento concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Nível Superior (CAPES) por meio do Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD). Esta iniciativa não evoluiu até o nível da construção em escala 1:1 e se restringiu ao desenvolvimento de protótipo em escala reduzida (1:10) utilizando papel Paraná de 2mm de espessura. Por esta razão, não houve demanda por processos de transporte e produção de peças em escala maior, se tratando, portanto, de um exercício projetual de arquitetura.

O projeto desenvolvido pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) encontra-se descrito em publicação realizada pelos autores Secchi et al. (2020) e foi uma iniciativa que partiu do Departamento de Arquitetura e seu corpo docente, uma vez que há na matriz curricular disciplinas que promovem o conhecimento da fabricação digital. Vários estudos de aplicação do sistema Wikihouse foram realizados por um grupo de vinte alunos da disciplina Fabricação Digital e Prototipagem Rápida. Os protótipos desenvolvidos utilizaram como matéria-prima chapas de *MDF (Medium Density Fiberboard)* disponibilizadas com recursos internos da própria universidade. Por se tratar de projetos de mobiliários em escala 1:1, a produção e transporte foram relativamente menos exigentes do que no caso de uma edificação, tendo sido passível de realização pelo próprio corpo docente e discente.

Em entrevista realizada em março de 2022 com pesquisadores envolvidos no projeto *Wikihouse* desenvolvido na UNOCHAPECÓ, houve oportunidade de aprofundamento sobre o uso e os dilemas do sistema no contexto brasileiro. Foram mencionados problemas relativos ao custo elevado do sistema no Brasil em comparação com outros países, o que ainda perpetua a inviabilidade do sistema como alternativa de moradia a curto prazo. Embora, segundo os pesquisadores, haja um nicho de aplicação imediato voltado para espaços efêmeros tais como stands e mobiliários, nota-se ainda uma desconfiança sobre a real efetivação dos princípios do *opensource* no contexto da arquitetura por meio da *Wikihouse*, considerando por exemplo as dificuldades relacionadas à aprovação de projetos desta natureza nas prefeituras municipais.

Por iniciativa dos pesquisadores da Universidade Presbiteriana Mackenzie e do grupo de pesquisa Teoria e Projeto na Era Digital (TPED) foi executado um projeto que recorreu ao sistema *Wikihouse* para avaliar a produção de habitações de interesse social com foco voltado para o Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV. Os autores Nardelli e Backheuser (2016) afirmam que para a execução deste projeto foram efetivadas parcerias com outras instituições de ensino e empresas privadas, e contou-se com recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Os autores afirmam que o recurso pôde auxiliar na compra de materiais construtivos (*MDF 3mm* e placas de *OSB*) e equipamentos para a produção de um protótipo em escala reduzida e parte da estrutura (pórtico) de uma edificação em escala real. O desenvolvimento do projeto esteve articulado com a oferta de workshops pelos próprios alunos e professores no contexto do campus da Universidade, local este que também abrigou as peças desenvolvidas sem necessidade de transporte a outras localidades.

Percebe-se nos exemplos identificados que não houve até o momento uma iniciativa de utilização do sistema *Wikihouse* no contexto brasileiro que efetivamente fosse construída fora dos limites universitários visando se constituir como um espaço de moradia em um contexto urbano. O mapeamento revela que as iniciativas se apresentam como protótipos de caráter experimental ou expositivo destinado a finalidades culturais, comerciais ou científicas. O projeto que apresentamos aqui, iniciado no ano de 2019 se constitui como uma iniciativa de tentar efetivamente levar o sistema *Wikihouse* para o ambiente urbano tendo como finalidade ser ocupado como moradia.

METODOLOGIA DO PROJETO TERRITÓRIO DO BEM

O projeto baseado na *Wikihouse* intitulado Território do Bem foi elaborado por professores, alunos e ex-alunos do DAU/UFES e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU) da mesma universidade. Sua origem é de 2019, ano em que movimentos sociais e fóruns comunitários fizeram contato com pesquisadores do DAU/PPGAU/UFES relatando a situação crítica em que se encontravam moradores de comunidades no Território do Bem na cidade de Vitória. Visitas técnicas identificaram precárias residências em madeira (Fig.01) irreversivelmente debilitadas pela ação do tempo, das chuvas e pela carência de recursos de manutenção, muitas delas interditadas pela Defesa Civil do Estado do Espírito Santo. Organizações sociais acionaram o apoio do DAU/PPGAU/UFES, que promoveu a criação de projeto de extensão específico para esta causa. Para elaboração do projeto de arquitetura estiveram envolvidos alunos, ex-alunos e professores do DAU/PPGAU/UFES. O Grupo de Pesquisa Conexão VIX foi envolvido para auxiliar nos processos de fabricação digital e desenvolvimento do protótipo. Muitos outros professores, convidados externos, parceiros, pesquisadores colaboradores alunos e ex-alunos de graduação e pós-graduação participaram em algum momento do desenvolvimento do projeto.

Figura 1. Fotos das precária moradias identificadas ocupadas pela população do Morro da Consolação.

Fonte: Autores.



A metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto se insere majoritariamente, mas não apenas, no contexto da *Design Science Research* (VAN AKEN et al., 2016), modelo de pesquisa efetivamente direcionada às soluções e aos produtos tecnológicos. Tem como objetivo gerar conhecimentos de caráter prescritivo, sendo intencionalmente mais pragmática, normativa e sintética. Está baseada em experimentações práticas e oferece análises qualitativas sobre os resultados da aplicação do sistema construtivo *Wikihouse* na produção de um módulo habitacional. As informações deste artigo priorizam aspectos operativos e gerenciais do processo de projeto, fabricação e construção no contexto da assistência técnica para habitações de caráter social. Outras análises de ordem política e urbanística serão abordadas como instrumento de contextualização das decisões projetuais.

O desenvolvimento do projeto ocorreu, conforme sugere a metodologia, em três etapas: a) Conscientização: momento de estruturação do problema, de levantamento e processamento de dados, avaliação da disponibilidade de recursos, análise dos procedimentos operacionais, concepção arquitetônica e pré-orçamento; b) Desenvolvimento: planificação do projeto, prototipagem por corte a laser em *MDF* escala 1:6, ciclos de avaliação, análise dos procedimentos de produção e sequências de montagem, aprimoramento; c) Aplicação: produção do módulo em escala 1:1 em *OSB*, testes de integridade, resistência, transporte e montagem.

Os recursos financeiros para projetos que envolvem produção, fabricação e construção são especialmente importantes por causa do custo dos materiais, máquinas e equipamentos necessários para efetivar o objeto arquitetônico. A alternativa que se mostrou mais rápida e desburocratizada para iniciar o processo foi o financiamento colaborativo que obteve via plataforma online um valor total de R\$24.770,00. Posteriormente foram obtidos recursos adicionais de bolsas de pesquisa para alunos de graduação e pós-graduação, com complementação de R\$7.800,00 de doações.

PROCEDIMENTOS DA ETAPA 1 – CONSCIENTIZAÇÃO

Esta etapa iniciou-se com o pré-dimensionamento do projeto e elaboração de modelo 3D detalhado orientado para fabricação. Para definir as dimensões do módulo vivencial levou-se em consideração o espaço físico disponível onde se situava a construção anterior demolida, que correspondia a uma área de aproximadamente 20m². O módulo foi concebido com um programa que deveria abrigar: quarto com banheiro, cozinha e varanda (Fig.02) distribuídos sob um conjunto de pórticos modulares em madeira vedados com painéis sanduiche nas paredes, pisos e coberturas. O projeto foi concebido como um único volume formado por seis pórticos modulares, intervalados em 1,2 metros, com cobertura de uma água e beiral de 1,0 metros na sua porção inferior.

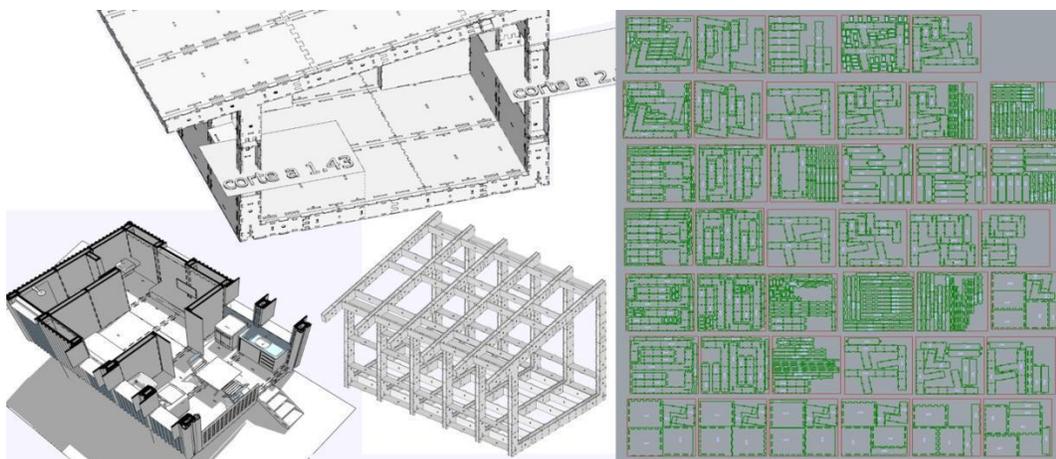


Figura 2. Módulo tridimensional da Wikihouse projetada e rebatimento bidimensional de suas respectivas peças nas placas para corte e prototipagem.

Fonte: Autores.

A concepção e desenvolvimento do modelo 3D foram feitos de forma orientada ao objeto, no software *Rhinoceros*, aos moldes de um *digital twin*, contendo todas as informações e especificações necessárias para a representar o sistema construtivo em sua integralidade. Um volume de mais de mil peças e componentes do modelo digital foram planejados e organizados em um total de 41 pranchas de MDF 3mm cru (400x400mm) por meio do *plugin Open Nest*. *Nesting* é o processo algorítmico de distribuição otimizada de peças em uma chapa de corte (ORCIUOLI, 2016).

PROCEDIMENTOS DA ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO

O processo de prototipagem da primeira versão do módulo habitacional foi realizado em escala 1:6 utilizando *MDF* cru 3mm *pinnus* (Fig.03) em máquina de corte a laser modelo WS4040. Previamente ao envio das pranchas de corte para a prototipagem houve necessidade de realizar a contabilização, catalogação e organização do fluxo de corte. Em função da sobrecarga de produção, nesta etapa se estabeleceu um processo de colaboração

entre o Grupo de Pesquisa Conexão VIX e o FINDESLAB, hub de inovação tecnológica da Federação das Indústrias do Estado do Espírito Santo. A disponibilidade de maquinário de corte a laser da marca *Prime* modelo *Cutmaker* de maior potência e mesa de 1400x900mm acelerou o processo de prototipagem de forma exponencial, sendo este um dos pontos determinantes na estruturação da ecologia operativa do projeto. Questões relacionadas aos aspectos técnico-operacionais de produção se revelaram de alta complexidade em função da elevada demanda de ajustes, configurações, logística de materiais e organização geral do volume de peças.

Figura 3. Protótipo em escala 1:6 do projeto.

Fonte: Autores.



A montagem do protótipo trouxe à tona a importância em prever erros em situações de produção em lotes separados, em equipamentos distintos, com materiais de fornecedores diferentes e regulagens de potência e velocidade de corte com configurações personalizadas. Não é incomum ocorrerem problemas durante a montagem de peças produzidas em lotes diferentes principalmente em função dos ajustes de escala que, em um processo de fabricação digital que demanda precisão milimétrica, é determinante para o sucesso ou fracasso do projeto.

PROCEDIMENTOS DA ETAPA 3 – APLICAÇÃO

A etapa de aplicação é a de maior exigência em termos operacionais porque lida com a produção das peças para construção do módulo vivencial em escala 1:1, exigindo maior esforço físico, cuidados redobrados com segurança, mais investimento de recursos e maior número de pessoas envolvidas. O corte das placas de OSB 18mm foram realizados em empresa privada localizada na Região Metropolitana da Grande Vitória que dispunha de duas fresadoras computadorizadas (utilizavam o software *Mach3 CNC Controller*) embora não tivessem tradição e experiência no seu uso com finalidades construtivas. Em função do formato distinto em que são comercializadas as placas de OSB (2400x1200mm) foi necessário realizar novamente o procedimento de organização das peças (*nesting*) que, nesta etapa, demandou 150 pranchas de corte. A dificuldade de acesso às máquinas CNC foi uma limitação que novamente chamou atenção para a importância de estruturação de uma ecologia de projeto que atenda satisfatoriamente a complexidade do processo produtivo, em especial o custo de aluguel do equipamento e a indisponibilidade de acesso a ele em tempo integral para acompanhamento do processo. Percebe-se com clareza que a viabilidade econômica da *Wikihouse* está muito atrelada ao acesso às máquinas de fabricação digital, em especial fresadoras, que, apesar de serem consideradas popularizadas, não estão ainda plenamente disponíveis no contexto *maker* brasileiro quando se necessita de uma a custo reduzido. A demanda pela contratação de empresa privada que prestasse serviço de corte das

150 pranchas consumiu uma porcentagem muito significativa da verba captada, cerca de 50% do total, exigindo amplo processo de negociação de valores e doações.

Outro ponto de inflexão nas expectativas do projeto tem relação direta com o transporte e a montagem do módulo no seu local de destino. A dificuldade de acesso ao local por questões topográficas somado à indisponibilidade de um terreno nivelado e suficientemente grande para a montagem dos pórticos fez com que houvesse necessidade de realizar uma pré-montagem no pátio da fábrica e em seguida transporte em caminhão baú (Fig. 04). O processo de pré-montagem em escala 1:1 seguiu a mesma sequência da etapa de desenvolvimento do protótipo, iniciando-se pelos pórticos (Fig. 04) e em seguida as vedações. A pré-montagem dos pórticos foi realizada utilizando-se mão-de-obra composta por colaboradores, estudantes e professores do DAU/PPGAU/UFES e teve uma demanda de um dia de trabalho para cada uma das seis unidades.



Figura 4. Pré-montagem na fábrica, transporte via caminhão baú e montagem no local, respectivamente.

Fonte: autores.

O transporte dos pórticos pré-montados e demais placas de conexão e fechamento foi realizado em caminhão baú de porte médio com capacidade para 3 toneladas. Houve muita dificuldade de acesso ao terreno por se tratar de local no alto de encosta, cujo acesso se dá por ruas extremamente íngremes e curvas muito acentuadas. Diante da inviabilidade de acesso da carga via caminhão, as peças tiveram que ser deixadas na sede da associação do bairro em questão para posterior transporte em quantidades menores mais leves. A finalização da construção ainda não foi realizada em função do período de chuvas e das limitações causadas pela pandemia de Covid-19, mas as estruturas dos pórticos já se encontram executadas, bem como o piso e parte da cobertura (Fig. 05). Seguindo as recomendações da *Open System Lab*, a montagem dos componentes em madeira deve ser acompanhada de tratamento imediato contra umidade e insetos. Sobre as peças do projeto Território do Bem foi aplicada uma camada de verniz marítimo hidrofugante que, apesar de ser destinado à proteção de madeira contra umidade, exposição ao sol pregas e fungos, se mostrou ineficiente para o caso do OSB. A composição física do OSB se mostrou excessivamente porosa e sujeita à rápida absorção de umidade mesmo quando tratada com verniz marítimo. O curto espaço de tempo em que as peças ficaram expostas provocou graves sinais de estufamento que precisaram ser reforçados posteriormente. Recomenda-se que, para o contextos caracterizados pela alta umidade, calor e incidência de insetos, seja utilizado produto betuminoso formulado à base de resina asfáltica e solventes, aplicado imediatamente após a produção de cada uma das peças ainda na fábrica.

Figura 5. Imagens do estágio atual da construção, com estrutura e cobertura em estágio avançado de montagem. Bases de fundação realizadas pilares de concreto e pontaletes de madeira para apoio temporário.

Fonte: Autores.



No que se refere à fundação, o elevado desnível do terreno exigiu a execução de quatro pilares de concreto de 25x25cm apoiados em sapatas enterradas para nivelamento da estrutura de suporte da casa. Sobre estes pilares foram apoiadas duas vigas de madeira Paraju maciça de 25x10cm sobre as quais os pórticos se acomodavam, conforme pode ser visto na Figura 5. Alterações contingenciais foram necessárias em função de novos problemas que se sucederam, temas que serão discutidos na seção a seguir.

ANÁLISES PROCESSUAIS

A complexidade de fatores envolvidos na produção do módulo *Wikihouse* apresentado aqui demanda diferentes enquadramentos. Mesmo sem sua completude é possível discutir seus resultados parciais tendo em vista a divulgação para a comunidade científica e a orientação de novas iniciativas dedicadas à implementação de estratégias de projeto de código-livre na arquitetura, em especial em contextos periféricos. Serão apresentados quatro enquadramentos de análise que reúnem críticas e propostas de encaminhamento para os principais dilemas enfrentados durante o processo, sendo eles: (1) agenciamento social, (2) sistema construtivo, (3) tecnologia e recursos financeiros e (4) acasos e dificuldades.

AGENCIAMENTO SOCIAL

Fok e Picon (2016) comentam que iniciativas como a *Wikihouse* são construídas sob a expectativa de que possam se tornar motores para o fortalecimento das comunidades locais. Segundo os autores, o modelo de gestão participativo e sustentável é a base para a implementação de uma alternativa viável para o modelo produtivo tradicional da construção civil. Nos parece aqui ecoar os anseios manifestos por Ken Isaacs ainda anos 1970 com seu sistema *Matrix*. No entanto, para que esta alternativa se viabilize, cabe sublinhar a necessidade de haver um envolvimento prévio estruturado entre os agentes da iniciativa e as comunidades locais, objetivando apresentar e propor técnicas e modelos gestionários novos (visando instaurar estratégias de capacitação e transferência de conhecimentos). Deve-se objetivar horizontalizar o processo de gestão e intermediação das ações futuras de execução com os usuários e moradores. A ausência de uma aproximação mais precoce e estruturada com representantes das comunidades, lideranças locais e potenciais envolvidos pode trazer, ao longo do processo, dificuldades na gestão de voluntários interessados em participar das ações. O frágil planejamento destas relações pode acarretar gastos imprevistos com a contratação de mão-de-obra de transporte, construção e administração. A questão de acessibilidade é essencial. Cabe relatar que o acesso ao local da realização da obra só era acessível a pé, por trilhas sem calçamento ou longas escadarias, passando por terrenos

acidentados, por entre construções existentes, invadindo, em muitos casos, a privacidade de muitos moradores.

Em um território marcado por muitas injustiças, são inúmeras as fragilidades presentes. O modo de interação e de comunicação com os residentes deve levar em consideração todas as particularidades da experiência de vida e de moradia que caracterizam locais periféricos, de forma a nunca se configurar como uma imposição externa. Conforme comentam Biffignandi e Dornelles (2012), é necessário contextualizar os processos de comunicação para o universo das famílias locais e não dissociar o relacionamento humano de cada atividade técnica realizada, reconhecendo suas subjetividades e comportamentos.

De acordo com os autores, a interação entre profissionais prestadores de serviço nem sempre é uma tarefa simples, e deve se basear num longo processo interatividade com as pessoas e seus representantes. O exercício da representatividade pelas comunidades vulneráveis também é complexo e é afetado pelas tensas e contraditórias relações sociais que se instauram em territórios marginalizados. Por essas razões, o processo de interação deve ser construído de forma antecipada e atenta às particularidades da realidade em que se instaura. Além disso, deve ser pensado de forma duradoura, com respeito às diferenças e permitindo a inclusão social. A realidade encontrada no Território do Bem em Vitória revelou contradições frequentes a vários territórios urbanos brasileiros, uma estrutura de representação sobrecarregada com muitas demandas e urgências sociais. Apenas com tempo e antecipação é possível solidificar um processo de interação com coesão que seja duradouro e transformador. No entanto, aspectos relacionados a recursos, questões de saúde pública como a pandemia, períodos de chuva impactaram no desenvolvimento dos trabalhos e devem ser sempre considerados como variáveis importantes embora, em alguns casos, imprevisíveis.

SISTEMA CONSTRUTIVO

A madeira de reflorestamento em formato de placas de *OSB* é a matéria prima padrão sugerida pela organização *Wikihouse* pelos seguintes motivos: ela atende aos requisitos de sustentabilidade por ser produzida a partir de fontes renováveis; é fácil de ser cortada em fresadoras computadorizadas; tem preço bastante acessível comparada a outros tipos de placas utilizadas na construção civil; é leve e pode ser tratada com materiais adicionais para adquirir resistência física, inércia térmica e resistência ao fogo. No entanto, apesar de muito utilizada em construções residenciais em diversos países do primeiro mundo, a madeira ainda é, no Brasil, considerada uma submatéria, associada à baixa durabilidade e baixo valor estético (MEIRELLES, 2007). Reflexo dessa cultura avessa ao uso da madeira em habitações pôde ser diretamente percebido pela suspeição que a *Wikihouse* gerou em um número relevante de membros da comunidade por ser totalmente concebida a partir desse material. Ao longo da construção dos pórticos estruturais foram ouvidos questionamentos sobre a necessidade de se fazer as vedações externas em alvenaria e o piso em concreto.

O uso da madeira em formato de chapas de *OSB* em fresadoras computadorizadas também merece algumas considerações. Por ser um painel composto por partículas, fibras e lascas de madeira orientadas, sua composição heterogênea não uniforme não ofereceram um bom acabamento quando submetidas a cortes da *CNC*, resultando em peças com muitas farpas, que dificultavam seu manuseio e prejudicavam no momento de se encaixarem umas com as outras. Por se tratar de um sistema cujo reforço é dado pelos múltiplos encaixes entre as peças, a precisão entre eles é essencial para uma resposta adequada em termos estruturais. Seja pela falta de oportunidade de testar previamente os diversos encaixes ou pela falta de tempo para regular a broca e lixar as peças antes da montagem, houve bastante dificuldade na montagem prévia dos pórticos na fábrica uma vez que o acabamento das peças se

apresentava excessivamente grosseiro. Além disso, é importante destacar que o *OSB* é um material originalmente pouco resistente à água e sua exposição a ela ou a ambientes úmidos por tempo prolongado pode provocar deformações irreversíveis e perda de resistência (BORTOLETTO JÚNIOR, GARCIA, 2004). A falta de um local adequado para o armazenamento das peças no canteiro somado à limitação de acesso e à demanda pelo isolamento social por um longo período fez com que uma parte das placas de OSB que estavam armazenadas sob uma lona absorvesse rapidamente água e entrasse em processo de deformação, antes do início do processo de tratamento e acabamento. O risco de perda iminente do material fez com que se decidisse aplicar com urgência uma camada de verniz hidrofugante, acarretando um aumento não planejado no orçamento do projeto. Por esta razão, é recomendado que o sistema não fique jamais armazenado por tempo prolongado sem o devido tratamento, e que seja prontamente revestido com materiais de acabamento resistentes à água. Além disso, pesquisas complementares sobre tipos de materiais para o tratamento de placas de *OSB* que não agridam o meio ambiente e apresentem custo-benefício alto são fundamentais, uma vez que uma parte significativa dos produtos betuminosos têm composições químicas de risco.

A configuração do sistema *Wikihouse* se baseou em condições climáticas de países de clima temperado no hemisfério norte que enfrentam longos períodos de frio, e por esta razão o sistema utiliza vedações duplas nas paredes com interior de material isolante, sem aberturas significativas para o exterior. Cabe reconhecer que as paredes duplas do sistema apresentam função estrutural, ajudando a manter a estabilidade do todo. No entanto, são necessários aperfeiçoamentos nos módulos de vedação do sistema que considerem a ventilação cruzada e outros sistemas de refrigeração natural para se adaptarem ao contexto tropical brasileiro, bem como soluções de sombreamento de fachadas e aberturas visando impedir a insolação direta no interior da edificação. Não resta dúvida de que é essencial que haja um processo de hibridização do sistema com técnicas construtivas locais que possam ser incorporadas à mesma lógica de fabricação digital, mas, com melhor performance.

A versão do sistema *Wikihouse* utilizada foi a de número 03, que se mostrou eficiente em condições ideais, mas ineficiente para o caso específico aqui relatado em função, principalmente, das limitações impostas pela dificuldade de acesso ao local da obra. As peças se mostraram muito pesadas para serem levadas por operários por causa da topografia acidentada, sem calçamento e da irregularidade do solo. É fundamental que novas versões do sistema disponibilizado considerem que as peças a serem transportadas (pilares, vigas, vedações e encaixes) possam ser personalizadas para serem carregadas sem muito esforço por apenas uma ou duas pessoas. Levando em consideração também o sistema estrutural de base, é importante pensar em soluções que sejam adequadas para lugares de topografia acidentada, considerando aspectos de segurança no transporte e construção.

FATOR PANDEMIA

Poucos meses após o início deste projeto a disseminação do Covid-19 se tornou uma pandemia cujos efeitos na sociedade mundial superaram expectativas. Os altos índices de contaminação foram extremamente prejudiciais para o andamento do projeto, tornando tudo muito mais difícil, moroso e arriscado. Em meados de 2021, momento em que se fazia o preparo das peças para o transporte até o Território do Bem houve novo pico de contaminação em todo Brasil, exigindo a interrupção das atividades e o distanciamento social. Além disso, a questão pandêmica também provocou um novo aumento substancial no custo dos materiais de construção necessários para realizar o acabamento, vedações internas, equipamentos elétricos e hidráulicos, cobertura, esquadrias etc. A inflação comprometeu consideravelmente o restante dos recursos disponíveis, levando a nova interrupção por falta de verba.

RECURSOS FINANCEIROS

Não há como implementar um processo de assessoria técnica em projetos arquitetura sem uma quantidade adequada de recursos financeiros. Boa parte dos problemas encontrados poderiam ter sido melhor atendidos se houvesse disponibilidade financeira e orçamento com margem aos imprevistos. O agenciamento de recursos é imprescindível e deve ser realizado por grupo específico de pessoas dedicadas exclusivamente a eles. Neste projeto foram utilizadas diferentes fontes de recursos, entre elas: financiamento colaborativo em plataformas *online*, bolsas de pesquisa de alunos de graduação e pós-graduação, recursos próprios e doações dos próprios professores e verbas disponíveis de edital de fomento à pesquisa no Estado do Espírito Santo. Cabe salientar que o custo total do projeto tem ainda previsão de incorporar, além dos materiais para a fabricação do sistema estrutural, materiais de acabamento, revestimento, equipamentos elétricos e hidráulicos, além de mão-de-obra para execução destes serviços. Um dos fatores que mais gerou despesas no cômputo global foi o gasto com a utilização do equipamento de fabricação digital em empresa privada, consumindo 56% do montante obtido. Não resta dúvida de que a disponibilização deste tipo de infraestrutura por parte da universidade ou instituição parceira é decisiva para a viabilização do projeto. Números importantes sobre gastos do projeto incluem: a) demolição casa existente: 2%; b) fundações: 10%; c) transporte: 4%; d) montagem do sistema: 18%; e) tratamento da madeira: 10%. O orçamento previsto para execução de vedações externas, acabamentos internos, instalações elétricas e hidráulicas, considera um montante de 28% de recursos a mais sobre o total obtido até o presente momento.

A falta de acesso aos equipamentos de fabricação digital somado ao custo elevado das placas de OSB levanta uma questão relevante discutida anteriormente sobre a necessidade de uma ecologia de projetos composta por uma rede de serviços que inclui: núcleos de desenvolvimento de projetos, espaços de prototipagem, mini fábricas para produção, ambientes de pré-montagem e organização dos lotes, serviços de logística, equipes de gestão de recursos humanos, captação de verbas, e interação com a comunidade, além de registro, documentação e comunicação. Num cenário ideal, esta ecologia de projetos se manifestaria por meio da boa integração entre: universidades, escritórios de arquitetura, ONGs, fábricas de pequeno porte ou FabLabs, empresas de transporte, instituições públicas e privadas de apoio à ciência e inovação, coletivos e órgãos governamentais. No entanto, não basta apenas que eles existam, é fundamental que estejam em comunicação frequente, interação e com políticas contínuas de fomento e incentivo a projetos de arquitetura voltados para o interesse público. A viabilização de projetos de código-aberto em arquitetura demanda estratégias que permitam principalmente reduzir o custo relativos à produção representado aqui pelo acesso a equipamentos de fabricação digital como a CNC.

CONCLUSÕES

A experiência obtida até o presente momento com o uso de um sistema arquitetônico de código aberto em um projeto de assistência técnica para habitação de interesse social é de enorme aprendizado, algumas frustrações, muitas satisfações e certeza de grandes desafios a serem superados no presente e no futuro deste tipo de iniciativa. Embora seja frequente identificar em referências ao *Wikihouse* como um sistema de complexidade baixa, custo reduzido e passível de montagem por pessoas sem experiência, os resultados de nossa pesquisa revelam aspectos relativamente contraditórios. É importante que os projetos tenham mais ciclos de experimentação e sejam produzidos em ambiente laboratorial controlado, com mão-de-obra capacitada e supervisionada, com equipamentos em estado funcional e uma margem de recursos financeiros razoável para que os resultados possam ser

adequados. O sistema *Wikihouse* pode ser aperfeiçoado em vários aspectos tendo em vista o contexto e a realidade tecnológica brasileira, tais como: utilização de materiais mais resistentes, duráveis e melhor acabados, tais como placas de *MDF* Hidrófugo ou Compensado Naval, embora mais caros; concepção de melhores soluções de vedação, proteção solar e ventilação, que sigam a mesma lógica de produção subtrativa e customização, mas favoreçam a ventilação e iluminação natural; criação de soluções estruturais e tipos de encaixes que permitam reduzir o tamanho e peso dos módulos pré-montados; adequação das soluções de fundação a diferentes tipos de solos e inclinações de terreno.

Com relação aos aspectos de gestão do projeto, é fundamental haver uma ecologia equilibrada entre os diferentes organismos envolvidos e suas ações. Dois aspectos que merecem destaque são: a condução de um processo participativo que consiga construir um modelo compartilhado de ação junto à comunidade e ao poder público, e a formação de grupos responsáveis pela captação de recursos, sejam eles humanos, financeiros ou técnicos. Estas ações são fundamentais e complementares a todas as etapas de concepção, produção e montagem do objeto arquitetônico.

Agradecimentos

FAPES (Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação do Estado do Espírito Santo) por bolsa de mestrado, FINDESLAB (Hub de inovação tecnológica da Federação das Indústrias do Estado do Espírito Santo), professores, alunos e ex-alunos do DAU/PPGAU/UFES e todos aqueles que participaram à sua maneira nas etapas de desenvolvimento e execução do projeto.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, Chris. **Makers: the new industrial revolution**. New York: Crown Publishing Group, 2012.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Art. 06. Emenda Constitucional No. 90 de 15 de setembro de 2015. Brasília, DF: Câmara dos Deputados e Senado federal. 2015. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc90.htm. Acesso em: 11 mai. 2023.

BIFFIGNANDI, Fernando; DORNELLES, Beatriz. Comunicando com as comunidades de baixa-renda: construindo uma arquitetura social e participativa. **Revista Faac**, v. 2, n. 1, p. 11-20, abr./set. 2012.

BORTOLETTO JÚNIOR, Geraldo; GARCIA, José Nivaldo. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 563-570, ago. 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000400010>

DE MASI, Domenico. **O futuro do trabalho: fadiga e ócio na sociedade pós-industrial**. Rio de Janeiro, RJ: José Olympio, 2001. ISBN 8503006820 (broch.).

FOK, Wendy; PICON, Antoine. The Ownership Revolution. **Architectural Design**, 86, p. 6-15. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1002/ad.2083>

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP). **Metodologia do déficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil – 2016-2019**. Belo Horizonte: FJP, 2021.

GRIZ, Cristiana; QUEIROZ, Natália; NOME, Carlos. Edificação Modular: Estudo de caso e protótipo de um sistema construtivo de código aberto utilizando prototipagem rápida. **Anais do XXI Congresso Internacional de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**, Blucher Design Proceedings, Volume 3, 2017, p. 261-268, ISSN 2318-6968, <http://dx.doi.org/10.1016/sigradi2017-042>

HIPPEL, Eric. von. **Democratizing Innovation**. Cambridge: The MIT Press, 2005.

DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/2333.001.0001> ISBN (electronic): 9780262285636

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). Déficit Habitacional no Espírito Santo com base no CadÚnico. Governo do Estado do Espírito Santo: IJSN, **Boletim 03**. 2019. Disponível em:

https://ijsn.es.gov.br/Media/IJSN/PublicacoesAnexos/boletins/Boletim-Deficit_Habitacional_2019_17-Dez_FINAL-red.pdf. Acesso em 11 mai. 2023.

ISAACS, K. **How to build your Living Structures**. New York: Harmony Books, 1974. Disponível em:

<https://issuu.com/golfstromen/docs/ken-isaacs-1974>. Acesso em: 11 mai. 2023.

LIMA, Camilo Simão de; ROCHA, Bruno Massara. Open design: compartilhamento e democratização nas práticas de projeto. **Gestão & Tecnologia De Projetos**, 15(3), 6-18.

DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v15i3.166815>

MEIRELLES, Célia Regina Moretti; DINIS, Henrique; SEGALL Mario Lasar; SANT'ANNA, Silvio. Considerações sobre o uso da madeira no Brasil em construções habitacionais. **Anais do III Fórum de Pesquisa Mackenzie**.

São Paulo, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/9885575-Consideracoes-sobre-o-uso-da-madeira-no-brasil-em-construcoes-habitacionais.html>. Acesso em 11 mai. 2023.

NARDELLI, Eduardo Sampaio; BACKHEUSER, Luiz Alberto Fresi. Sistema Wikihouse aplicado ao Programa Minha Casa Minha Vida. **Anais do XX Congresso de la Sociedad Ibero-Americana de Gráfica Digital SIGRADI 2016**. Buenos Aires, Argentina. Disponível em:

http://papers.cuminCAD.org/data/works/att/sigradi2016_461.pdf. Acesso em 11 mai. 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. 1948.

Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/91601-declaracao-universal-dos-direitos-humanos>>. Acesso em 21 jul. 2021.

ORCIUOLI, Affonso. Nesting. In: BRAIDA, Frederico; FONSECA, Juliane; LIMA, Fernando; MORAIS, Vinicius (Ed.). **101 conceitos de arquitetura e urbanismo na era digital**. São Paulo: ProBooks, 2016.

PASSARO, Andrés; ROHDE, Clarice. Casa Revista: arquitetura de fonte aberta. **Gestão & Tecnologia De Projetos**, 11(2), 25-42. 2016. <https://doi.org/10.11606/gtp.v11i2.114437>

POLIZZO, Ana Paula; CAPILLÉ, Cauê; ENGEL, Pedro (Ed.) **Série monográfica sobre ensino de arquitetura e urbanismo na FAUFRJ**. Online. 2020. Disponível em: <http://www.fau.ufrj.br/wp-content/uploads/2020/10/FAU-PUBLICA_final_07B_dupla.pdf>, Acesso em 21 jun 2022.

ROCHA, B. M. Do it yourself e improviso: por uma outra epistemologia da projeção. **VIRUS**, 10 (1), 2015. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus10/?sec=4&item=2&lang=pt>. Acesso em 12 mai. 2023.

ROCHA, Bruno Massara, BOLSSONI, Gabriela; BUSSOLOTTI, Victor. Ecologias de Projeto: métodos e processos em arquitetura digital. In: **Anais do 9º Fórum de Pesquisa FAU-Mackenzie: Projeto e processos em tempos de transição**. Timburi, SP: Editora Cia do eBook, p. 265-276. 2019.

SECCHI, Carla; PIAIA, Luana; AVILA, Paola; SCARIOT, Ana Luisa. Applying the Wikihouse Constructive System in Architecture Atelier: from teaching to the materialization of urban furniture.

In: **Congresso SIGraDi 2020**. São Paulo: Blucher, p. 750-757, 2020. DOI: 10.5151/sigradi2020-103

Relatos do uso de arquitetura de código-aberto em projeto de habitação de interesse s

VAN AKEN, Joan; CHANDRASEKARAN, Aravind; HALMAN, Joop. Conducting and publishing design science research. **Journal of Operations Management**, 47-48: 1-8. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2016.06.004>

Bruno Massara Rocha
bmassara@gmail.com

Leonardo Valbão Venancio
leovalbao@gmail.com

Fernanda Orlandi da Silva
fernanda.silva.26@edu.ufes.br