

## Wikihouse: a parametric approach for generating different spatial arrangements

Faria, Igor Ambrósio<sup>1</sup>, Martinez, Andressa Carmo Pena<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil  
igorambrosiofaria@gmail.com;

<sup>2</sup> Judson University, Elgin, Illinois, United States  
andressa.martinez@judsonu.edu

**Abstract.** Wikihouse is an open-source, modular, digitally fabricated building system. Despite being the object of many studies in different countries, most of these experiences present a sequence of frames that generate only linear forms without formal variations. In this sense, this study aims to develop a geometry that allows more variations through the repetition of the same module. For this purpose, the research uses visual algorithmic modeling in Grasshopper to generate the geometry. As a result, we inserted the frames into a trapezium and mirrored the main profile, which kept the number of pieces. In future research, we intend to optimize the number of parts, reduce the cost and production time, and build a 1:1 module for validating its constructive stability.

**Keywords:** Wikihouse; algorithmic modeling; shape variation; temporary architecture.

### 1 Introdução

A Wikihouse é um sistema construtivo modular, de encaixes em madeira compensada, open-source, e fabricado digitalmente, desenvolvido em 2011 por Alastair Parvin e Nick Ierodiaconou. Segundo os seus desenvolvedores, é um sistema leve, fácil de montar e desmontar, durável e carbono zero. Caracteriza-se também pela facilidade de produção local, manufaturado em pequenos laboratórios a partir de fresadoras controladas numericamente por computador, mas com capacidade de atingir mercados em escala global, dada a facilidade de desmontagem e transportabilidade.

Por ser um projeto open-source, o sistema de encaixes e documentação estão disponíveis online para uso compartilhado, podendo ser alterado e modificado para abrigar diferentes projetos. Variações formais já foram amplamente testadas não apenas no exterior, mas também no Brasil. O primeiro exemplar projetado e construído no Brasil, a Casa Revista, foi

desenvolvido no LAMO 3D/UFRJ (Laboratório de Modelos 3D e Fabricação Digital da universidade), por Clarice Rohde e Andrés Passaro (Passaro & Rohde, 2015). Realizado em duas oficinas abertas de fabricação digital, as 200 peças de compensado de madeira foram usinadas em fresadora CNC durante dois meses e, posteriormente montadas em 2 semanas por estudantes de arquitetura no campus Fundão da UFRJ. Além de ser a primeira Wikihouse da América Latina, segundo Passaro e Rohde (2015), o objetivo do trabalho era adaptar o sistema construtivo Wikihouse para o clima local, adicionando elementos tradicionais da arquitetura brasileira, como o telhado em duas águas, o beiral e a varanda, que atuam como elementos de regulação térmica.

Experiências posteriores também testaram possibilidades do sistema construtivo da Wikihouse: proposição de módulo com geometrias curva e adaptações do sistema de encaixes (Mendonça et al. 2018) também desenvolvido no LAMO3D UFRJ; adaptação ao contexto ambiental brasileiro (Branco et al., 2017); adaptação ao sistema de habitação social no Brasil (Nardelli, Backheuser, 2016; Rocha, et al., 2021), estudos sobre autoconstrução (Nardelli & Pereira, 2017), adaptação de encaixes do sistema construtivo (Almeida et al. 2021); e testes de resistência para otimização de número de peças do sistema (Campolongo & Vicente, 2018). Em 2018, o grupo de pesquisa Nó na Universidade Federal de Viçosa, desenvolveu um protótipo de Wikihouse cujo principal objetivo era otimizar o número de peças, com o intuito de reduzir o custo e o tempo de fabricação e montagem do módulo, já apontados por vários autores como limitações para a escalabilidade do sistema.

No entanto, apesar da ampla experimentação do sistema no Brasil e no exterior, as experiências mantêm o conceito de módulo único, a partir da justaposição em sequência de pórticos que, ao serem dispostos linearmente, geram unidades pavilhonares com variabilidade formal limitada. Nesse sentido, esse artigo tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um pavilhão temporário itinerante e desmontável que permite agrupamentos distintos, não necessariamente lineares, ampliando as possibilidades formais, apesar da repetição do mesmo pórtico. O objetivo principal foi produzir uma geometria modular que permita arranjos espaciais diferentes, ampliando a variabilidade formal do atual sistema da Wikihouse e suas aplicações. O projeto foi elaborado como um pavilhão temporário, de modo que a estrutura seja desmontável, visando a sua incorporação em diferentes localidades e contextos urbanos.

Por sua vez, a associação da modelagem algorítmico-paramétrica ampliou as possibilidades não apenas no processo de geração da forma (com o uso de parâmetros numéricos para desenvolver o posicionamento dos pórticos), quanto à configuração para a fabricação do modelo final. De fato, segundo Caetano, Santos e Leitão (2020), essas estratégias tornam possível explorar e avaliar soluções complexas, fabricar usando técnicas avançadas e controlar vários estágios do processo de projeto.

## 1.1 Arquitetura temporária

Segundo Kronenburg (2003), a arquitetura temporária pode ser definida por três classificações: (a) Edifícios portáteis: aqueles que podem ser transportados inteiros e intactos, a partir da incorporação de um método de locomoção; (b) Edifícios relocáveis: aqueles que são transportados em partes e, quase instantaneamente, podem ser montados no local; (c) Edifícios desmontáveis: aqueles que são transportados em várias peças para a montagem no local. Para esse trabalho, portanto, adotamos o edifício desmontável, uma vez que ele possui maior flexibilidade para ajustes das dimensões e layout, além da vantagem de compactação no transporte.

No que se refere à desmontagem, em geral os métodos convencionais de construção geralmente apresentam restrições, o que dificulta a recuperação dos materiais de forma economicamente viável. Muitos motivos estão atrelados, como o custo massivo de conexões (como grampos e adesivos) difíceis de serem desfeitas e o uso constante de minerais inorgânicos e orgânicos (como o petróleo) em detrimento de materiais renováveis e baseados em fibra (Guy et al, 2003). De acordo com a NBR 15575-1 (2013), as estruturas dos edifícios são projetadas para durar no mínimo 50 anos. Entretanto, quando analisa-se a duração funcional no uso de um edifício, observa-se que ela é mais curta que a vida técnica dos materiais utilizados em seus componentes construtivos (Barreto, 2017, apud Durmisevic, 2006). Isso gera limitações de ordem econômica, uma vez que há uma parcela do valor despendido que não reflete em seu uso, e outro de ordem ambiental, já que há a exploração de um recurso natural que será desperdiçado no futuro.

Nesse sentido, o sistema Wikihouse possui como qualidades a possibilidade de reuso (por ser desmontável) e a transportabilidade das diversas peças, mas há poucos estudos sobre a flexibilidade para ajustes dimensionais e formais, diretamente relacionados à possibilidade de adaptação do sistema às condicionantes do contexto de inserção, no caso de pavilhões temporários e itinerantes. Como princípios norteadores de projeto, foram considerados, então:

**Flexibilidade:** possibilidade de diferentes arranjos espaciais, a partir do mesmo módulo, número e tipos de peças. O objetivo é facilitar a alteração de posição e rotação dos pórticos, sem afetar a lógica de montagem de cada módulo, ou seja, elaborar um sistema flexível e simples, que mantém a mesma lógica de montagem.

**Simplificação:** padronizar o modelo e projetar componentes construtivos simples e leves que permita que os próprios usuários participem e opinem na sua montagem, integrando a população local.

**Parametrização:** otimizar a produção arquitetônica por meio da modificação de parâmetros pré-estabelecidos e visualizar suas consequências em tempo real;

**Permeabilidade:** o projeto não deve se isolar no espaço urbano, permitindo a visibilidade e caminhabilidade no espaço inserido;

Efemeridade: permitir a instalação no local por um período de tempo limitado, de modo que o espaço abrigue usos de menor duração que reflitam práticas locais e insira novos olhares para diferentes realidades.

## **2 Metodologia**

Como procedimento metodológico, o trabalho foi desenvolvido a partir (1) da análise de precedentes de modelos de Wikihouse, (2) a modelagem algorítmico-paramétrica em Grasshopper, em associação ao software Rhinoceros, (3) prototipagem para validação do sistema construtivo e da estabilidade do módulo proposto, (4) validação do algoritmo visual a partir da geração de diversas soluções de arranjos espaciais; (5) elaboração do manual de montagem, vislumbrando um processo de construção participativo.

### **2.1 Análise de precedentes**

Para analisar e estudar o sistema construtivo do projeto original da Wikihouse e outros disponíveis na rede, o grupo de pesquisa Nó realizou o levantamento de precedentes e selecionou 5 exemplares como estudo de caso, segundo critérios formais, número de peças, sistema de travamento e tipos de encaixe. Desenvolvida como etapa preliminar, a pesquisa de Mestrado no PPG.au/UFV de Naiara Silva, “O Potencial Da Prototipagem E Fabricação Digital Na Produção De Abrigos Emergenciais”, defendido no PPG.au/UFV, produziu protótipos na escala 1:5 dos projetos selecionados para teste dos sistemas: a Microhouse, Vermont Microhouse, SCS Wikihouse, Wikished e PPES Reading Hut.

A Microhouse foi o primeiro modelo de Wikihouse projetada no Reino Unido. Possui 10,95m de comprimento por 4,18m de altura, comportando uma área interna total de 37,43m<sup>2</sup>, com 9 módulos de 4,33m<sup>2</sup>. Também seguindo o princípio da Wikihouse, a Vermont Microhouse possui 7 módulos de aproximadamente 3,7m<sup>2</sup> cada, totalizando 25m<sup>2</sup> que pode variar de acordo com a necessidade de cada projeto. A SCS Wikihouse, por sua vez, foi desenvolvida no intuito de atender à população em vulnerabilidade após os terremotos em 2011 na Nova Zelândia, medindo 4,0m x 2,4m, com dois módulos de 4,8m<sup>2</sup>. Desenvolvido em um workshop do evento Taipei Digital Arts Festival em 2015, o PPES Reading Hut se tornou uma cabana de leitura a uma escola primária em Hsin-Bu Township, no Taiwan, possui 3,75m de largura e 4,32m de comprimento, com uma área total de 12,28m<sup>2</sup> (PAULA, Nayara Elisa Silva de)

Dentre esses, escolheu-se como ponto de partida, a Wikished, desenvolvida por, Erick Schimelpfenig caracterizada por um galpão simples, que utilizou a biblioteca aberta de componentes do Wikihouse para se aprofundar sobre o modelo construtivo como etapa preliminar ao

desenvolvimento de um projeto de residência unifamiliar, seu objetivo final. Neste exemplar, o sistema se estabiliza por meio de três tipos de encaixes utilizados: o conector dos pórticos S-Joint, os encaixes das chapas de fechamento e os encaixes dos conectores horizontais secundários. Destaca-se principalmente o sistema S-Joint que, por sua simplicidade formal, é constituído por um número menor de peças, o que facilita a parametrização da geometria. Esse sistema foi utilizado também na elaboração de geometrias curvas (Mendonça et al., 2018), o que demonstra as maiores vantagens desse encaixe.

### 3 Desenvolvimento do método e Resultados

Semelhante à estratégia da Wikished (Wikihouse), a proposta visa gerar pórticos que se conectam por meio de peças de travamento horizontais. No entanto, ao contrário dos módulos de base retangular recorrentes nos modelos de Wikihouse, esse trabalho propõe pórticos inseridos em um módulo trapezoidal submetidos a diferentes combinações, uma vez que geometria do pórtico pode ser rotacionada/espelhada, criando soluções espaciais com diversas variações formais e de implantação. Essa variabilidade é importante não apenas como resultado plástico, mas principalmente para adaptar o objeto ao contexto de inserção, ou seja, as variáveis do lugar tais como restrições de dimensões, variações programáticas, fluxos de pessoas, preexistências, valorização da paisagem, dentre outros. Nesse sentido, os módulos podem se conectar gerando soluções únicas, potencializando as características do ambiente em que está inserido.

Adicionalmente, visando a padronização de peças (para facilitar a montagem e/ou reposição), os encaixes da cobertura foram desenvolvidos de modo independente no conjunto. Para ampliar a variação formal é necessário rotacionar apenas as peças superiores do pórtico, mantendo o mesmo número e geometria das peças (Figura 1).

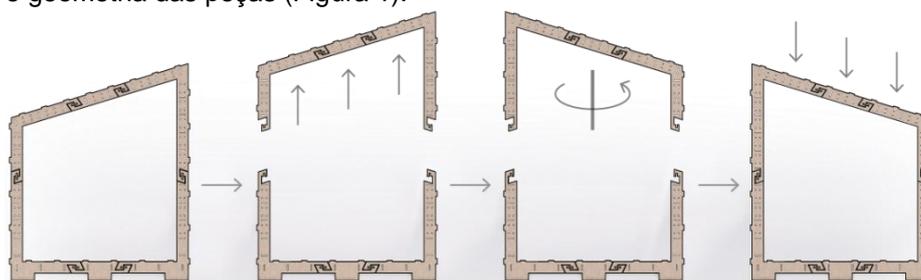


Figura 1. Demonstração do processo de rotação da cobertura.

Como a construção do módulo é realizada por meio de encaixes, o modelo foi desenvolvido para produção em chapas de madeira compensada naval com espessura de 18mm e dimensões de 2200mm x 1600mm. Além de ser um material renovável, o uso dessas chapas viabiliza a fabricação digital por meio

de fresadoras CNC, disponíveis em laboratórios de fabricação digital localizados em diversas cidades brasileiras.

### 3.1 A Geração da forma a partir da modelagem paramétrica

A definição dos pórticos foi desenvolvida no software Rhinoceros + Grasshopper, partindo dos parâmetros básicos de medida, como comprimento - espaço interno caminhável - menor altura do pé direito e maior altura do pé direito. Por meio do deslocamento (offset) dessa geometria interior, é criada a moldura do pórtico, respeitando a largura definida pelos parâmetros.

Na sequência, são adicionados aos limites externos uma base e seus encaixes de vedação (paredes, piso e cobertura), perfurados para passagem das peças de travamento. Com o objetivo de criar peças padronizadas, foram também inseridas as posições dos planos de recorte no pórtico, tanto na base (que se prolonga até a cobertura), quanto nas paredes.

A partir do pórtico inicial, é determinado um plano inclinado para o rebatimento/espelhamento dos demais pórticos, que resultam em um módulo de base trapezoidal. Essa base é o diferencial desse sistema, permitindo que sejam feitas diferentes combinações de arranjos espaciais. A figura 2 faz uma demonstração gráfica do processo descrito anteriormente, desenvolvido no software Grasshopper (figura 3).

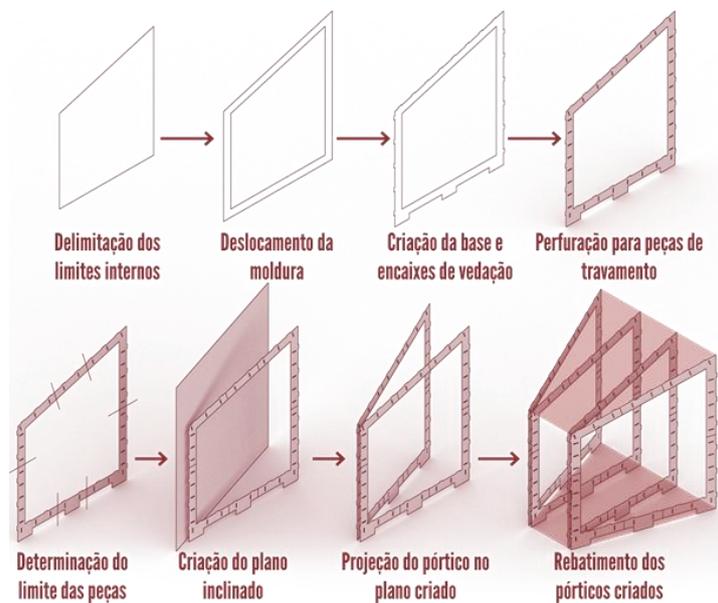


Figura 2. Diagrama apresentando processo de geração da forma.

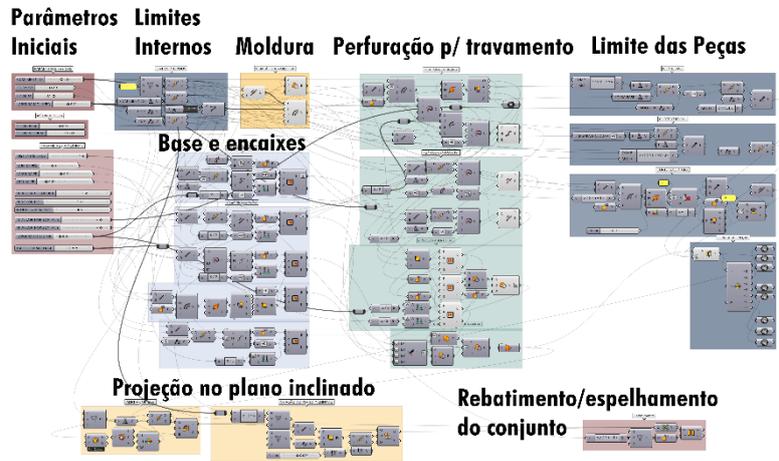


Figura 3. Definição desenvolvida no grasshopper para geração dos pórticos.

### 3.2 Classificação das peças

Para organizar e auxiliar no processo de montagem de um módulo básico, as peças foram divididas em cinco categorias: pórticos, travamento horizontal, vedações, cobertura/piso e conectores. As peças nomeadas com prefixo A são referentes aos pórticos, sendo as peças A1 referentes aos pórticos centrais e A2 os da extremidade. São as únicas peças que devem ser duplicadas (inseridas lado a lado para dobrar a espessura), visando sustentar toda carga estrutural. Para sua fixação é necessário utilizar os conectores de Junta-S.

Análogo aos pórticos, as peças B1 acoplam-se no centro do sistema e usam cunhas para sua fixação, enquanto as peças B2 (das extremidades) localizadas no piso e cobertura são fixadas por meio de cunhas duplas. As peças da face menor de vedação são classificadas como C1, enquanto as da face maior são identificadas como C2. As últimas peças a serem montadas nos módulos são as de cobertura (D1) e piso (D2), realizando o travamento de todo o sistema. Tanto as vedações quando as coberturas e pisos são fixadas por meio de cunhas simples (Figura 5). São três tipos de conectores utilizados no sistema: a cunha simples, disposta em diversas partes do sistema, a cunha dupla, que ocorre apenas nos travamentos e a Junta-S, recorrente apenas nos pórticos (Figura 4).

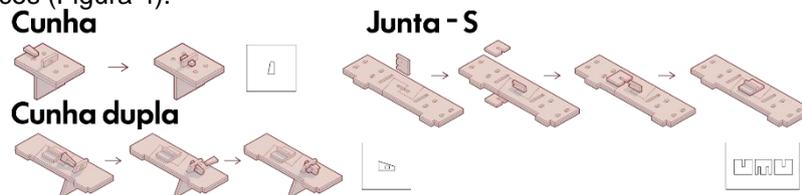


Figura 4. Conectores desenvolvidos para montagem do sistema.

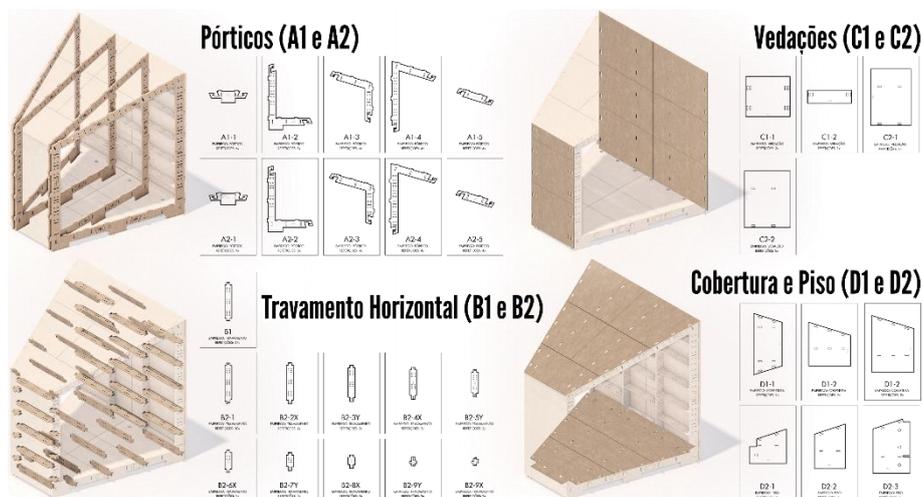


Figura 5. Demonstração das peças existentes nos módulos com suas respectivas planificações.

### 3.3 Prototipagem

Com o objetivo de verificar a rigidez dos encaixes e estabilidade do sistema e identificar a melhor forma de montagem, durante o processo de projeto, foi desenvolvida uma maquete (figura 6) na escala 1:6 em MDF com espessura 3mm. A partir do modelo físico e com auxílio de profissionais do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, verificou-se a necessidade de redução do número de peças, a partir do aumento de suas dimensões, de modo a melhorar a estabilidade dos encaixes das vedações. Esses ajustes aperfeiçoaram o projeto final e foram incorporados à definição no Grasshopper.

### 3.4 Variabilidade formal para pavilhões temporários

Como os pórticos inserem-se em um trapézio, é possível que haja o acoplamento de diferentes maneiras, tornando o espaço singular em cada contexto de implantação. De acordo com as variáveis do lugar (necessidades, restrições de tamanho, fluxo de pessoas, valorização da paisagem, etc) os módulos podem se conectar de modo que potencialize as características do ambiente em que está inserido. Como modo de tornar o espaço mais participativo, essa própria configuração pode ser feita em contato com a população, tornando os próprios usuários responsáveis pelo produto final.

Além disso, de acordo com as demandas apresentadas em decorrência do uso, novos módulos podem ser incorporados ou removidos, tornando sua implantação sempre dinâmica. Sendo assim, o espaço não se limita a um único

arranjo, podendo se modificar a cada destino em que seja feita sua montagem (Figura 7, 8 e 9).



Figura 6. Processo de montagem do protótipo em escala reduzida.

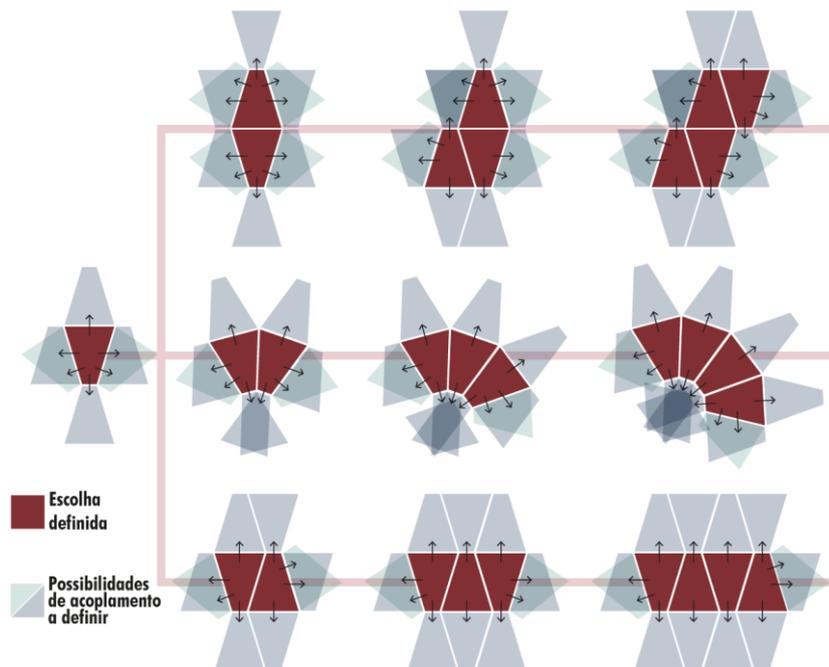


Figura 7. Demonstração das possibilidades de acoplamento permitidas pela geometria.

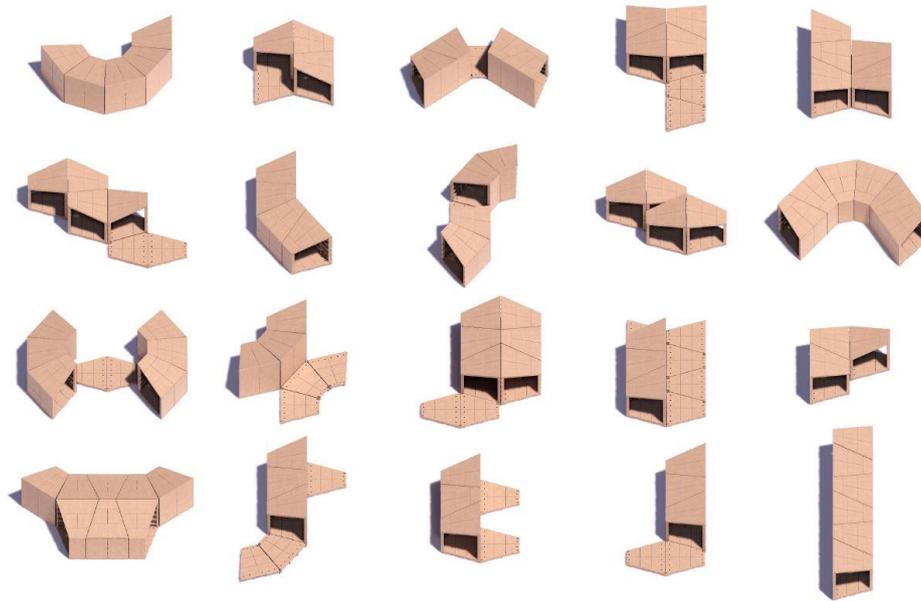


Figura 8. Estudos de acoplamentos diversos a partir do módulo desenvolvido na pesquisa.

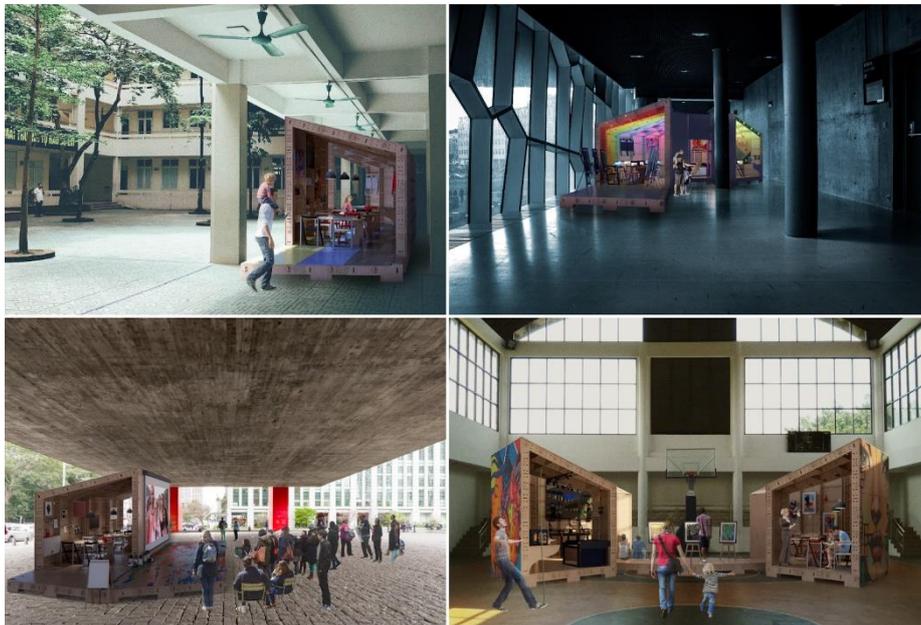


Figura 9. Estudos de acoplamentos diversos para pavilhões temporários.

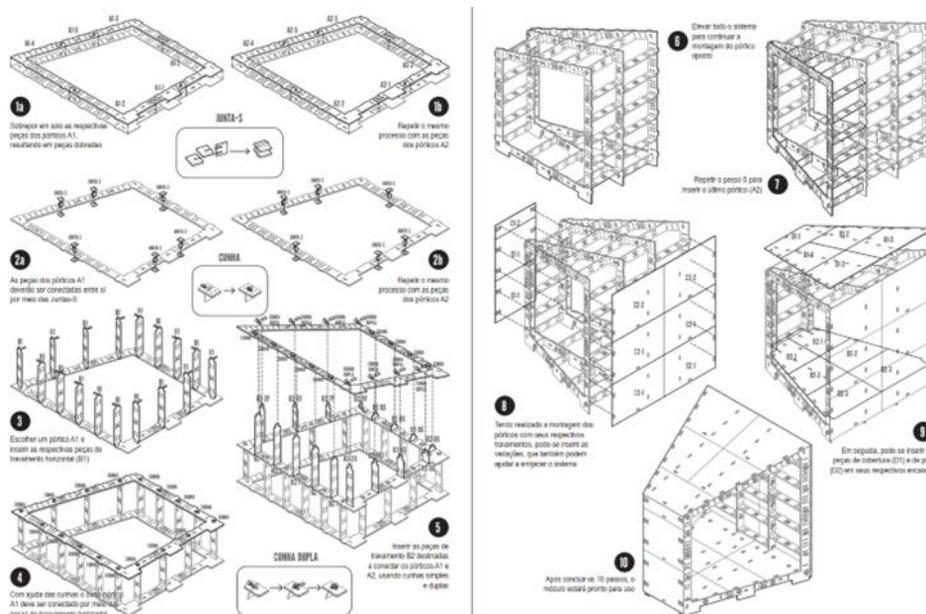


Figura 10. Manual de montagem desenvolvido para o sistema.

#### 4 Discussão

Como resultado, essa pesquisa contribui para ampliar a variabilidade formal do sistema construtivo da Wikihouse, apesar da repetição do mesmo módulo e geometria de pórtico ao propor: (1) um módulo trapezoidal que permite variação dos arranjos modulares; (2) a rotação dos perfis da cobertura, para facilitar o espelhamento dos módulos no momento da construção. A pesquisa também considerou as estimativas de tempo de produção e custo das unidades.

Como etapas subsequentes, pretende-se otimizar o número de peças, para a redução do custo e do tempo de produção, bem como a construção de um módulo na escala 1:1 para a validação da estabilidade construtiva do sistema

#### 5 Agradecimentos

Agradecemos ao PPG.au/UFV, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa pelo apoio ao desenvolvimento e publicação do trabalho.

## 6 Referências

- Almeida, J., Bevilaqua, D., Piaia, L., & Secchi, C. (2021). "Tec-House: Itinerant Modular Space Based On Digital Fabrication", P. 1499-1510 . In: Xxv International Conference Of The Iberoamerican Society Of Digital Graphics. São Paulo: Blucher.
- Barreto, B., & Schmid, A. (2017). Um Olhar Sobre O Design Science Research: Construções E Desafios Possíveis De Uma Arquitetura Temporária. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia E Gestão, V. 2, N.
- Branco, B., Canuto, R., & Cantalice, A. (2017). "Fabricação Digital Aplicada À Habitação De Caráter Emergencial: Um Estudo Sobre A Adaptação De Wikihouses Ao Contexto Ambiental Brasileiro", P. 325-332. In: São Paulo: Blucher, Issn 2318-6968, Doi 10.5151/Sigradi2017- 051
- Caetano, I., & Leitão, A. (2020). Architecture Meets Computation: An Overview Of The Evolution Of Computational Design Approaches In Architecture. Architectural Science Review, V. 63, N. 2, P. 165- 174.
- Caetano, I., Santos, L., & Leitão, A. (2020). Computational Design In Architecture: Defining Parametric, Generative, And Algorithmic Design. Frontiers Of Architectural Research
- Campolongo, E., & Vicente, C. (2018). "Optimization Of A Constructive System Of Subtractive Digital Fabrication: Prototypes And Tests Os Fitting System", P. 423-433 . In: . São Paulo: Blucher.
- Guy, B. et al. (2003) Design For Disassembly In The Built Environment. City Of Seattle: Wa, Resource Venture, Inc. Pennsylvania State University
- Kronenburg, R. (2003). Portable Architecture. Routledge.
- Mendonça, D., Passaro, A., & Castro Henriques, G. (2018). Wikihouse: A Generative And Parametric Tool To Customize Curved Geometries. (D. Sperling, S. Vizioli, Eds.) Proceedings Xxii Sigradi , Iau-Usp. Anais. S.Carlos: Sigradi, Blucher.
- Nardelli, E., & Backheuser, L. (2016). "Sistema Wikihouse Aplicado Ao Programa Minha Casa Minha Vida", In: Sigradi 2016 [Proceedings Of The 20th Conference Of The Iberoamerican Society Of Digital Graphics - ISBN: 978-956-7051-86-1].
- Nardelli, E., & Pereira, V. (2017) "Autoconstrução, Fabricação Digital E A Construção Autônoma", P. 340-344.
- Paula, N. (2019) "O potencial da prototipagem e fabricação digital na produção de abrigos emergenciais". Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.
- Passaro, A. & Rohde, C. (2015). Casa Revista: Arquitetura De Fonte Aberta Proceedings Xix Congresso Da Sociedade Ibero-Americana De Gráfica Digital, 2015, Pp. 70-76.
- Rocha, B., Alvarenga, A., & Bolssoni, G. (2021). "Open-Source Social Housing Architecture: Wikihouse "Sr. Manoel"", P. 91-102 . In: Xxv International Conference Of The Iberoamerican Society Of Digital Graphics. São Paulo: Blucher.