

Wikihouse paramétrica: Concepção de modelagem generativa aplicada à realidade local – Piic/UFES

Edital:	Edital Piic 2020/2021
Grande Área do Conhecimento (CNPq):	Ciências sociais aplicadas
Área do Conhecimento (CNPq):	Arquitetura e Urbanismo
Título do Projeto:	Ecologias de Projeto
Título do Subprojeto:	Wikihouse paramétrica: concepção de modelagem generativa aplicada à realidade local.
Professor Orientador:	Prof. Dr. Bruno Massara Rocha
Estudante:	Kevyn Igor Lopes Bortolotti

Resumo

Este subprojeto de pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma paramétrica que dê suporte ao desenvolvimento de projetos para o sistema Wikihouse de forma auxiliar a criação de uma ecologia digital de projeto (Rocha et al, 2019) mais sustentável e viável para a realidade brasileira. Segundo Fok (2016) a Wikihouse é um modelo de projeto de código aberto voltado para a construção de casas montáveis e desmontáveis com o suporte de equipamentos de fabricação digital como fresadoras e máquinas corte a laser. A base principal de estudo é o projeto de extensão da UFES de habitação de interesse social do Sr. Manoel iniciado em 2020. Este projeto foi desenvolvido integralmente no Departamento de Arquitetura e Urbanismo de UFES. Atualmente, a primeira versão encontra-se parcialmente executada no Morro da Consolação, em Vitória. Para aperfeiçoar o sistema, é necessário um aprofundamento em pesquisas sobre o sistema Wikihouse, que se destaca por ser um sistema construtivo digitalmente fabricável cujo objetivo é “tornar simples para qualquer um projetar, produzir e montar residências belas, de alta performance e customizadas em função de necessidades específicas” (Wikihouse, 2021), com repercussões nacionais e internacionais. Este subprojeto propõe desenvolver uma plataforma paramétrica (estruturação gráfica visual e algorítmica) de desenvolvimento de projetos que ampare o processo de concepção do sistema Wikihouse e auxilie a análise de desempenho construtivo, estrutural, termoacústico mais bem adaptado para a realidade brasileira.

Palavras-chave: Fabricação digital, *Wikihouse*, Prototipagem Rápida, Programação visual, Sustentabilidade

1 Introdução

Este Subprojeto de pesquisa explora a adoção do método construtivo Wikihouse em projetos de arquitetura, aliado ao uso dos sistemas de código-aberto, fabricação digital e princípios de sustentabilidade, no desenvolvimento de uma metodologia de projeto aplicável ao contexto socioeconômico, habitacional e territorial de baixa renda no Brasil.

O principal objetivo do sistema construtivo Wikihouse é facilitar a produção arquitetônica para pessoas amadoras, excluindo o uso de ferramentas e processos de construção complexos (Fok, 2016), buscando reduzir custos e utilizar recursos renováveis, como a madeira. O sistema Wikihouse faz uso do código aberto, algo que facilita o

compartilhamento de dados e cria um ambiente de troca de informações e trabalho colaborativo, permitindo a adaptação e produção de peças arquitetônicas com equipamentos de fabricação digital, como máquinas CNC, corte a laser e impressão 3D.

O sistema Wikihouse foi criado em 2011 por Alastair Parvin e Nick Ierodiaconou (Wikipedia, 2021). Após sua criação e disponibilização na internet, os diversos experimentos de seu uso em inúmeras cidades do mundo permitiram que o conhecimento sobre o sistema pudesse evoluir organicamente. O estudo de caso apresentado neste subprojeto de pesquisa é do Sr. Manoel, realizado no DAU/PPGAU/UFES, que utilizou o sistema Wikihouse para construção de uma residência localizada em Vitória/ES.

O grupo de Pesquisa Conexão VIX tem uma produção voltada para o desenvolvimento de projetos nas áreas de inovação tecnológica, computação paramétrica, sistemas ecológicos e outros temas, e participou do projeto de extensão Casa para Sr. Manoel, no qual constatou que os resultados parciais na produção e montagem contradizem os pontos específicos presentes no discurso referente à aplicação do sistema Wikihouse. Os resultados mostraram uma maior complexidade na aplicação do sistema Wikihouse em contextos brasileiros e revelaram a necessidade de assimilar particularidades em relação a outros países. Em vista disso, este subprojeto buscou explorar a importância das plataformas paramétricas de modelagem generativa como parte importante do complexo sistema que compõe toda a concepção e execução do projeto, que segundo Rocha et al (2019) definem como uma ecologia de projeto. Portanto, coube a este subprojeto de pesquisa investigar as contribuições que a modelagem paramétrica pode fornecer para o desenvolvimento de uma ecologia de projeto coerente ao cenário brasileiro.

2 Objetivos

Considerando o cenário de vida dos brasileiros e os problemas gerados pelo déficit habitacional, o subprojeto teve como objetivo desenvolver uma plataforma digital generativa no software Rhinoceros/Grasshopper que permita maior agilidade e potencial investigativo na personalização do projeto e, ao mesmo tempo, mantenha a viabilidade construtiva, os mesmos padrões de montagem e transporte. Essa plataforma tem como objetivo permitir realizar um trabalho mais colaborativo com os envolvidos no processo de projeto, avaliando e considerando todas as particularidades e condicionantes, e inserindo o usuário da casa em um contexto de maior controle e envolvimento no seu ambiente de moradia.

A plataforma generativa desenvolvida pretendeu parametrizar o fluxo de trabalho do sistema Wikihouse, proporcionando experimentações de projeto e simulações em ambiente virtual, e a partir daí explorar as alternativas de projeto para cada tipo de usuário ou situação externa tais como: topografia do território, análise estrutural e climáticas, quantificação de material e custos da construção, sem comprometimento com a variabilidade do projeto em desenvolvimento. A necessidade da criação de uma plataforma generativa digital (*metadesign*) deriva das dificuldades encontradas durante a realização do projeto do Sr. Manoel, que teve a participação do Grupo de Pesquisas Conexão VIX. Os resultados parciais revelaram inúmeros fatores e dificuldades relacionadas à aplicação do sistema Wikihouse na realidade de Vitória. Cabe mencionar que o projeto de extensão Sr. Manoel (DAU/PPGAU/UFES) é pioneiro da implementação do sistema *Wikihouse* como alternativa de moradia social no Brasil.

O desenvolvimento da modelagem generativa foi acompanhado pela produção de protótipos em escala reduzida utilizando o corte a laser para complementar as análises e realizar testes de produção em modelos físicos em escala. Por fim, O projeto tentou contribuir para um processo de projeto que seja viável atendendo as demandas que o sistema Wikihouse venha a enfrentar em sua execução no Brasil.

3 Embasamento Teórico

Métodos como a prototipagem rápida e fabricação digital são utilizados para definir processos que envolvem a materialização rápida de protótipo de geometrias tridimensionais, sendo esse processo diretamente conectados ao uso do computador, sendo tais métodos descritos como aditivos ou subtrativos. Os métodos aditivos trata-se de um procedimento baseado na adição de camadas planas como por exemplo as tecnologias SLS (*selective laser sintering*) e a impressão 3D (BARBOSA, 2018). Outro método de fabricação digital, que foi utilizado nesse subprojeto de pesquisa, é o método subtrativo que consiste em operações de remoção em algum material para formação de um volume/peça final, como exemplo o corte a laser (BARBOSA, 2018).

Os métodos de construção dos modelos para fabricação se baseiam em sistemas generativos desenvolvidos com algoritmos em ambiente virtual, os sistemas generativos têm capacidade de gerar múltiplas soluções, auxiliando o arquiteto a ampliar as possibilidades de projeto (SEDREZ; MARTINO, 2018).

4 Metodologia

A metodologia utilizada é a Design Science Research (Van Aken, 2004), que é um modelo de pesquisa direcionado ao projeto de artefatos que sustentem melhores soluções para problemas existentes (Lacerda et al. 2013). Essa metodologia se baseia em experimentações práticas, que no caso deste subprojeto, trata-se do desenvolvimento e aprimoramento do sistema Wikihouse. O primeiro ciclo da pesquisa foi realizar a revisão bibliográfica, utilizando como fontes de pesquisa o Portal Periódicos, CuminCAD, Blucher Proceedings e acervo de publicações do Grupo de Pesquisa Conexão VIX.

5 Resultados e Discussão

Na busca por uma solução para o déficit habitacional e a melhora na qualidade de vida em locais emergentes, o uso do sistema construtivo *Wikihouse* busca reduzir a distância entre o processo de projeto e a autoconstrução desenvolvida intensamente em bairros de baixa renda, resultando muitas vezes em construções precárias e de baixa qualidade (Observatório das Metrôpoles, 2020).

A redução da distância entre o processo de projeto e o usuário pode resultar numa cadeia de trabalho mais sustentável e eficiente, sendo possível introduzir ao desenvolvimento as necessidades subjetivas de cada usuário ao mesmo tempo que se atende as necessidades geográficas, culturais e socioeconômicas de onde a edificação será inserida. Analisando esse processo de trabalho participativo foram levantadas possíveis características presentes em locais emergentes para a inserção delas em um processo de projeto que foi transcrito em um algoritmo generativo, inspirado no processo de montagem da *Wikihouse*.

5.1 DESENVOLVIMENTO DO CÓDIGO

A programação foi desenvolvida utilizando o *plugin Grasshopper*, do software *Rhinoceros*. O processo utilizado no desenvolvimento da programação foi o de fatiamento (*Sectioning*) e *Waffling*. Segundo Tedeschi (2014), o fatiamento consiste na técnica de fatiar uma geometria em planos paralelos em uma única direção com um intervalo igual à espessura do material a ser utilizado, criando uma continuidade entre as peças. O *Waffling* é semelhante a

técnica de fatiamento, porém as seções são feitas em duas direções ortogonais e os encaixes são feitos com base nas regiões de encontro das peças fatiadas em cada direção com o uso de operações booleanas como a diferença de sólidos (TEDESCHI, 2014).

Utilizando como base um sólido modelado dentro da interface do *Rhino* e referenciado no *Grasshopper*, no desenvolvimento do algoritmo foram incluídos parâmetros de controle para as diversas partes, começando inicialmente pelo fatiamento para criação dos pórticos iniciais, onde foram incluídos parâmetros como: a quantidade de pórticos, a largura e espessura dos pórticos. Em seguida foi realizada a criação das vigas de encaixe que cortam os pórticos na direção transversal. Nessa etapa o código foi dividido em duas partes, uma para a criação das vigas das extremidades dos pórticos e outra para a criação das vigas intermediárias que ficam entre as extremidades do pórtico. Alguns parâmetros de entrada iniciais como a espessura e a largura utilizadas anteriormente foram reutilizados aqui para manter uma uniformidade em caso de alterações desses valores.

No caso das estruturas *Waffling*, o procedimento menos complexo de construção dos encaixes se dá pelo fatiamento em duas direções perpendiculares, sem criar angulações de encaixes diferentes, como no caso do projeto *Metropol Parasol* em Sevilha do arquiteto *Jürgen Hermann Mayer* (Figura 1). Porém, no caso de estruturas de tipologia fechada (piso, parede e teto) fez-se necessário a construção de encaixes em angulações diferentes mesmo que perpendiculares ao pórtico da estrutura, devido a intenção de se criar uma liberdade de personalização das formas no processo de projeto.

Figura 1 – Projeto Metropol Parasol em Sevilha na Espanha do arquiteto Jürgen Hermann Mayer.



Fonte: *J. Mayer. H. Architects*, 2011.

Com os pórticos e vigas já programados, foi inserida uma seção na programação referente à topografia, visto que a maior parte dos bairros de periferia apresentam topografia acidentada. Foi programado um ponto na base dos

pórticos que se projeta em uma superfície qualquer e gera um pilar conectado aos pórticos que se adapta de acordo com as mudanças geradas na superfície, aumentando ou diminuindo de tamanho.

Finalmente, para realização dos primeiros testes em corte a laser foi feita a programação dos encaixes simplificados do tipo “Macho Fêmea”, com a interseção e subtração dos pontos de encontro dos pórticos com as vigas. As peças em seguida foram planificadas utilizando o *plugin Open Nest* e levadas para corte a laser.

5.2 FABRICAÇÃO DIGITAL

A fabricação digital é um processo de produção preciso que permite a fabricação de componentes simples ou complexos com base em geometrias 3D. A técnica de fabricação digital utilizada nessa pesquisa foi o corte a laser, que utiliza folhas planas de diferentes materiais e espessuras para transformação em componentes que podem ser montados tridimensionalmente (TEDESCHI, 2014). O primeiro modelo a ser cortado possui cinco vértices com uma topologia escalada, com uma face maior que a outra, criando espaços de pé direito variados.

Figura 2 – Primeiros pórticos cortados a laser utilizando papel paraná



Fonte: Produção do autor, 2022.

Figura 3 – Montagem do primeiro protótipo



Fonte: Produção do autor (2022)

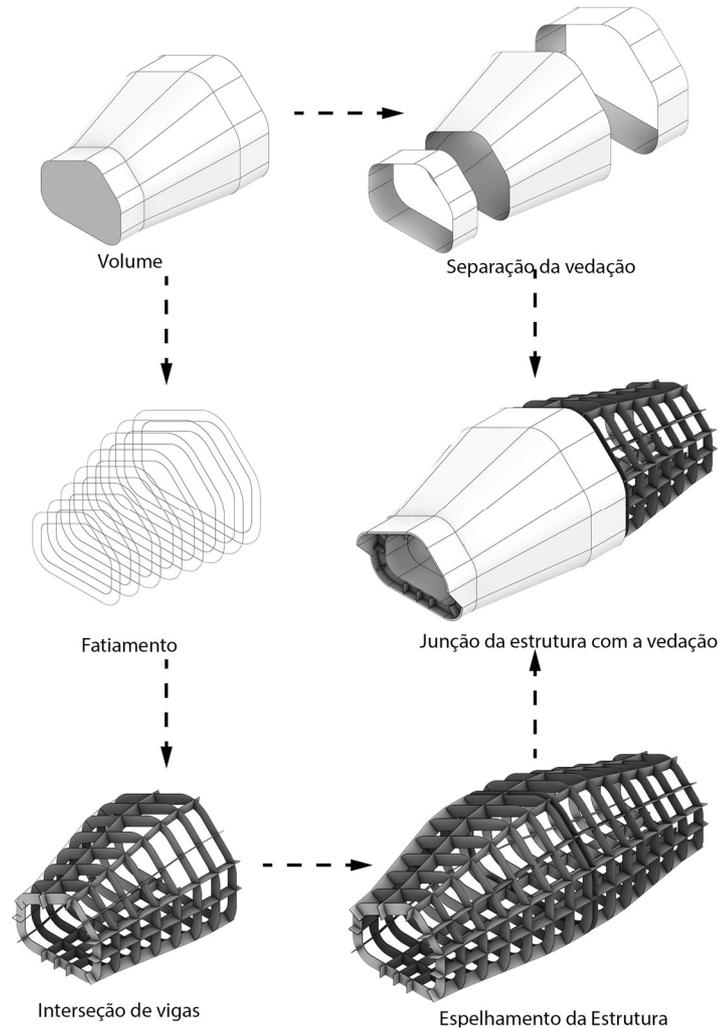
O corte a laser da primeira maquete foi feito utilizando folhas de papel Paraná de espessuras diferentes, o que resultou em encaixes de tamanhos diferentes, dificultando a conexão adequada das peças. Além disso, os encaixes das extremidades das vigas ficaram muito frágeis devido ao pedaço fino que restou na ponta depois do corte. Esses problemas foram importantes para serem avaliados e levados ao processo de projeto onde foi importante fixar uma espessura uniforme do material de trabalho, e na programação onde foi necessário ajustar as medidas dos encaixes e os tamanhos que restam na ponta da viga após o último encaixe. Por outro lado, o processo de montagem da maquete foi rápido e fácil e ajudou a avaliarmos melhorias para o projeto.

5.2.1 EVOLUÇÃO DO PROTÓTIPO

Depois das devidas correções, o segundo exemplo produzido se inspirou na tipologia do primeiro exemplo, porém sem a presença de vértices, utilizando arredondamento em suas extremidades de modo a explorar as possíveis personalizações dos modelos, criando um pórtico de forma curvilínea. Tal mudança resultou em alterações significativas na estrutura de dados do código, pois as vigas anteriormente criadas a partir dos vértices não foram possíveis de serem construídas. Fez-se necessário realizar a alteração de alguns parâmetros para ajustar a programação à nova tipologia, de modo que foi possível retirar as peças para o corte a laser. Com o surgimento desses problemas, foi possível analisar o comportamento da programação de acordo com as diferentes tipologias utilizadas de base para o fatiamento. Quando se utiliza de um sólido com vértices, ou “pontas”, a programação consegue se adaptar e resolver a criação das peças de forma precisa contando que a geometria não sofra grandes alterações na geometria inicial. Porém, quando se trata de mudanças que podem alterar significativamente a estrutura de dados da programação, como o aumento no número de vértices ou o uso de formas contínuas (curvilíneas), é provável ser necessário realizar adaptações no algoritmo para que ele volte a se adaptar à nova

tipologia. Propondo-se explorar outras tipologias, o segundo exemplo seguiu o caminho de uma forma mais curvilínea, sem a presença de vértices precisos e o escalonamento da geometria como mostra a figura 3.

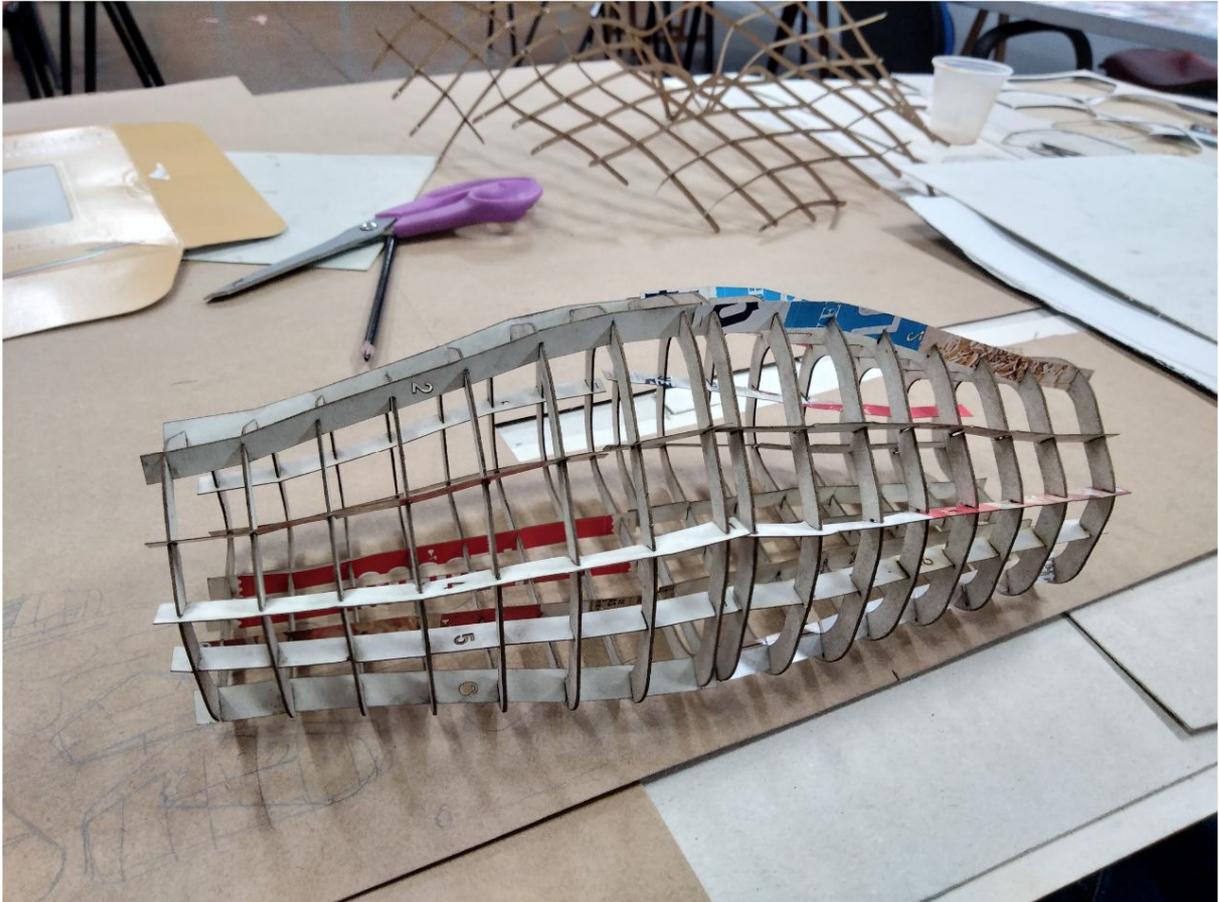
Figura 3 – Diagrama de processos de fatiamento e construção da estrutura e vedações



Fonte: Produção do autor (2022)

A fabricação das peças do segundo protótipo se deu com passos semelhantes ao primeiro, porém dessa vez foi utilizado material reciclável para aferir a resistência dos encaixes e poupar material com o uso de caixas de alimentos e restos de papel. Por conta da maior complexidade da geometria, o processo de montagem foi mais difícil que o primeiro protótipo, mas a partir do momento que as vigas principais foram encaixadas a estrutura se tornou mais rígida e a montagem mais fácil (Figura 4).

Figura 4 – Segundo protótipo montado utilizando caixas de alimento recicladas

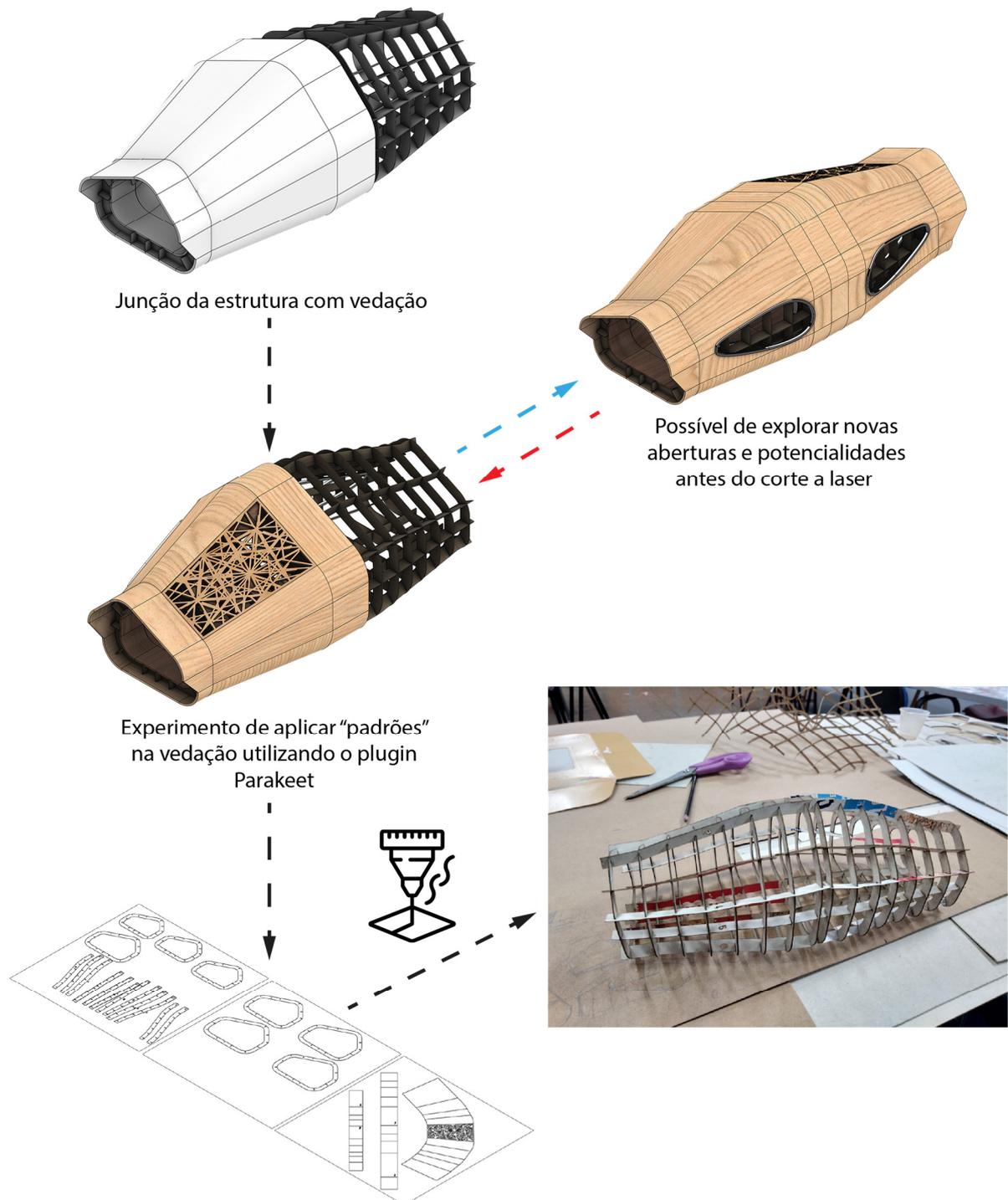


Fonte: Produção do autor (2022)

5.2.2 ESTUDOS DE VEDAÇÃO

A próxima etapa foi realizar o estudo e extração de material necessário para construção das vedações do protótipo. Inicialmente foram utilizadas as superfícies da geometria inicial para serem planificadas e cortadas para conexão com a estrutura, e essa etapa do projeto revelou que o caráter aberto ou “*Open-ended*” do processo de projeto do modelo da Wikihouse pode ganhar novos caminhos de customização e experimentação. Por exemplo, a aplicação de perfurações de modo a criar *cobogós* nas superfícies de vedação. Para teste foi utilizado o plugin “*Parakeet*” do *Grasshopper* para criar padrões na superfície da geometria que pode ser usado como uma forma de filtrar iluminação e permitir a circulação de ar. Também é possível explorar as possibilidades de janelas e aberturas antes da planificação para corte e montagem como mostra a figura 5.

Figura 5 – Processo exploratório da aplicação de aberturas e padrões nas geometrias



Fonte: Produção do autor (2022)

6 Conclusões

Os resultados obtidos com base nas explorações digitais e protótipos desenvolvidos mostraram que o sistema *Wikihouse* tem um caráter aberto considerável a ser explorado, como as diferentes tipologias que podem gerar

qualidades de projeto de acordo com as necessidades geográficas e sociais de um determinado território. O projeto também mostrou que a fase de fabricação requer um grande cuidado com relação ao material utilizado, sua espessura e o maior aproveitamento das folhas de corte com uma boa organização das peças, sem gerar grandes resíduos. Outro ponto levantado foi o caráter aberto criado pela metodologia de fabricação digital, visto que o modelo existe em ambiente virtual com base em uma programação de sistema generativo, e é de rápida edição, permitindo explorar novas aberturas, estruturas e vedações para posterior análise no protótipo ou em ambiente virtual. O uso de sistemas performativos de análise de desempenho estrutural e energético podem auxiliar na adaptação prévia das necessidades levantadas para cada projeto, evitando possíveis problemas de montagem no caso da fabricação de modelos em escala 1:1.

Por outro lado, a criação da liberdade de deformações nas geometrias ainda se mostra um desafio a ser superado, visto que grandes mudanças nos sólidos podem fazer com que o código pare de funcionar e seja necessário realizar ajustes com relação a estrutura dos dados da programação. Vale ressaltar que as peças contêm o formato de encaixe simplificado com relação aos utilizados pela *Wikihouse* e é importante a implantação no futuro de protótipos que utilizem os encaixes da *Wikihouse* para aferir o comportamento estrutural dessas geometrias construídas.

Portanto, é possível afirmar que uma maior customização do processo de projeto da *Wikihouse* pode trazer vantagens para o método de produção, principalmente em relação à relação entre o projeto, território e usuário, construindo assim uma cadeia de projeto mais sustentável e que valorize as qualidades individuais e geográficas.

Agradecimentos

Agradeço ao Cnpq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

TEDESCHI, Arturo. **AAD_Algorithms-Aided Design**: Parametric Strategies using Grasshopper. Itália, 2014.

FOK, W.; PICON, A. (2016) The Ownership Revolution. *Architectural Design*, 86, 6-15.

FOK, W.; (2016) Opening up the Future of Open Source: From Open Innovation to the internet of Things for the Built Environment. *Architectural Design*, 86, 116-125.

ROCHA, B. M./ BOLSSONI, G.; BUSSOLOTTI, V. (2019) Ecologias de Projeto: Métodos e processos em arquitetura digital. Anais do 9º Fórum de Pesquisa FAU-Mackenzie: Projeto e processos em tempos de transição. Timburi, SP: Editoria Cia do eBook, 265-276

Observatório das metrópoles. As metrópoles e a Covid-19: Dossiê nacional. 2020.

BARBOSA NETO, W. **Fabricação digital: tecnologias e aplicações**. In: CELANI, M. G. C.; SEDREZ, M. (Organizadores). *Arquitetura contemporânea e automação: prática e reflexão*. São Paulo: ProBooks, 2018 p.135 a 151

SEDREZ, M; MARTINO, J. A. **Sistemas generativos**. In: In: CELANI, M. G. C.; SEDREZ, M. (Organizadores). Arquitetura contemporânea e automação: prática e reflexão. São Paulo: ProBooks, 2018 p.25 a 28

LACERDA, D.P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JUNIOR, J.A. V.Design Science Research:método de pesquisa para a engenharia de produção.Gest. Prod. 2013, vol. 20, n. 4, p.741-761. Epub Nov 26,2013. ISSN 0104-530X.Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>. Acesso em: 9 jul 2022

WIKIHOUSE. Disponível em: <https://www.wikihouse.cc>. Acesso em: 20 jun 2022

TERRITÓRIOS. Grupos de estudos experimentais Conexão VIX. 2021. Disponível em: <http://www.territorios.org/rede/index.html>. Acesso em: 16 jun 2022