

Título do Subprojeto de Iniciação Científica – Piic/UFES

Edital:	Edital Piic 2022/2023
Grande Área do Conhecimento (CNPq):	Ciências Sociais Aplicadas
Área do Conhecimento (CNPq):	Arquitetura e Urbanismo
Título do Projeto:	Ecologias de Projeto
Título do Subprojeto:	<i>Superfícies Wikihouse – projeto e fabricação de elementos de vedação paramétrico</i>
Professor Orientador:	Bruno Massara Rocha
Estudante:	Rafaela Rettozi O. Santos

Resumo

Este subprojeto de pesquisa avalia a aplicabilidade do sistema Wikihouse na realidade brasileira, tendo como base principal de estudo o Projeto de Extensão “Protótipo pré-fabricado de habitação unifamiliar no Território do Bem: casinha para o Sr. Manoel”, que objetivou a recuperação de uma moradia precária, em Vitória, fazendo uso desse sistema. Na atualidade sua primeira versão encontra-se parcialmente executada no Morro da Consolação. Para aperfeiçoar o sistema, é necessário aprofundar-se no 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). Nesse sentido, propõe-se o desenvolvimento de superfícies de vedação adaptadas ao sistema, que sejam mais bem adaptadas ao modo de morar brasileiro, em especial em contextos de vulnerabilidade social, adotando para seu desenvolvimento a modelagem paramétrica e os processos de fabricação digital sob a metodologia Design Science Research. Como resultado, espera-se apresentar alternativas de vedação roboticamente fabricadas, dotadas de padrões de superfície e furação programados para atender demandas relacionadas aos aspectos de privacidade, adequação climática, uso consciente de materiais e processos produtivos, linguagem estética.

Palavras-chave: Wikihouse, código-aberto, superfícies paramétricas, fabricação digital

1 Introdução

O grupo de pesquisa Conexão VIX busca, entre outros temas, articular um núcleo avançado de pesquisa, projeto e fabricação no contexto digital que trabalhe computação paramétrica e sistemas ecológicos. A produção do grupo está orientada para o desenvolvimento de soluções arquitetônicas, sobretudo compartilhadas (código aberto), adaptativas e responsivas (uma única estrutura de códigos que funciona em diferentes resoluções). O grupo de pesquisa realiza investigação teórica e prática, ou seja, atua em pesquisas sobre estruturas físicas construídas, bem como na produção de sistemas digitais programáveis. Nesse sentido, este subprojeto de pesquisa pretende evoluir os estudos já iniciados pelo Conexão VIX sobre a inserção do método construtivo WikiHouse em projetos arquitetônicos. A Wikihouse é um sistema construtivo fabricado digitalmente com o objetivo de disponibilizar a todos os cidadãos, comunidades e empresas, o conhecimento e as ferramentas necessárias para a construção de edifícios com zero emissão de carbono (WIKIHOUSE, 2022). Os modelos do

sistema WikiHouse são disponibilizados em versões para diversos softwares de código aberto. O objeto de estudo deste subprojeto são as superfícies de vedação paramétricas para sistemas WikiHouse criados a partir do design generativo que **é um método indireto de projeto, no qual o projetista não se preocupa com uma solução em particular de um contexto específico, mas com a definição de um método que possibilite resolver problemas semelhantes em diferentes contextos e com características ligeiramente distintas (BRAIDA et al., 2016). Portanto,** seus produtos, nesse caso, as superfícies de vedação para **WikiHouse**, são gerados através de **algoritmos**, dentro do sistema computacional **Grasshopper**, utilizando de princípios da **geometria e da parametrização**, a fim de obter resultados onde se cruzem de maneira inteligente as soluções bioclimáticas, estéticas e estruturais dos **elementos de vedação** compatíveis com o esse **sistema construtivo**. Diante disso, sendo um sistema de código aberto, sustentável e de fácil execução, demonstra-se a importância da continuidade desse estudo, dado o cenário atual da construção civil como uma das indústrias que mais polui e os problemas decorrentes do déficit habitacional no Brasil.

2 Objetivos

O objetivo geral do subprojeto de pesquisa se refere à constatação das afirmativas sobre a facilidade na execução do sistema e à obtenção de resultados que relacionem de maneira inteligente as soluções bioclimáticas, estéticas e estruturais dos **elementos de vedação** compatíveis com o esse **sistema construtivo**. Este objetivo é consonante à questionamentos atuais da arquitetura, como a redução da pegada de carbono e a democratização da habitação. Buscando, difundir os conhecimentos sobre o tema e adaptá-lo ao contexto brasileiro.

Os objetivos específicos elaborados para este subprojeto incluem:

- A realização de mapeamento da versão mais atualizadas do sistema Wikihouse e estudo de sua configuração no que se refere ao tipo de sistema estrutural adotado, tipos de encaixes entre os componentes, materiais recomendados para sua execução, fluxo de trabalho de montagem e potencialidades da nova versão em comparação com as versões anteriores;
- Realizar um levantamento bibliográfico dos estudos já realizados para a implementação do sistema Wikihouse com foco nas soluções de vedação interior e exterior;
- Estudar a programação gráfica desenvolvida por membros do grupo de pesquisa Conexão VIX em plataforma generativa que orienta a concepção de novas espacialidades de projetos baseados no sistema Wikihouse com maior abertura para customizações e soluções não padronizadas;
- Estudar as programações gráficas desenvolvidas por membros do grupo de pesquisa Conexão VIX em plataforma generativa que permite o desenvolvimento de padrões de furação não lineares em superfícies arquitetônicas;
- Avaliar os condicionantes de projeto aos quais estarão sujeitos os módulos vivenciais e desenvolver diagramas conceituais com os princípios de geração dos padrões e suas taxas de variabilidade
- Prototipar soluções de vedação em escala reduzida para três tipologias diferenciadas: módulo horizontal, módulo vertical, módulo curvo.
- Comparar as respostas em termos de performance dos padrões de furação executados nas três diferentes tipologias e sistematizar os resultados objetivando definir orientações precisas para a implementação em projetos de arquitetura.

3 Embasamento Teórico

3.1. O Sistema Wikihouse

A WikiHouse é um sistema construtivo fabricado digitalmente que tem como objetivo disponibilizar a todos os cidadãos, comunidades e empresas, o conhecimento e as técnicas necessárias para a construção de edifícios ecologicamente corretos e com baixa emissão de carbono, utilizando madeira de reflorestamento e técnica industrializada com canteiro de obras mínimo e rápida execução.

Os desenvolvedores do sistema WikiHouse, Alastair Parvin e Nick Ierodionou, entendem que como sociedade, um dos grandes desafios é transformar parte da construção civil, substituindo os métodos convencionais no canteiro de obras, que são intensivos em emissão de carbono e desperdício, por métodos mais complexos, robotizados, sustentáveis e de alto desempenho (WIKIHOUSE, 2022).

A WikiHouse adota uma postura mais democrática de disponibilização de dados de projeto em código aberto em diferentes formatos de softwares (dxf, dwg, skp, blend, ifc, 3dm) e assim difundir o conhecimento para extratos sociais diversos, fomentando trabalhos coletivos e parcerias entre instituições públicas e privadas.

Conscientes destas potencialidades, há no contexto brasileiro inúmeras iniciativas que adotam este sistema e o aplicam para soluções variadas, tais como casas, pavilhões e módulos construtivos multifuncionais. Em nossa pesquisa, trataremos de aprofundar o desenvolvimento de soluções adaptadas ao clima e ao morar regional. O objeto de estudo são as superfícies de vedação e como podem ser customizadas para favorecer essa adaptação, especificamente, as dimensões da arquitetura que envolvem ventilação cruzada, iluminação natural e a relação entre interior e exterior.

A princípio, o sistema WikiHouse é indicado para algumas tipologias de edifícios específicas como, moradias isoladas, casas geminadas, espaços de trabalho, escolas, garagens, mezaninos, estruturas efêmeras e pequenos comércios. Devido às cargas e vibrações do piso ele não é indicado para usos industriais, comércio de fluxo intenso ou de armazenamento, com ressalva para o uso de armazenamento, que tem um bom desempenho quando constituído de apenas 1 pavimento. Recomenda-se em situações específicas, como quando há instalações de ar-condicionado, a aplicação de uma barreira de vapor no exterior da edificação a fim de evitar o fenômeno de condensação no interior das estruturas de vedação. Além disso, para locais com carga excessiva de ventos é indicado a colaboração com engenheiro estrutural para o dimensionamento adequado do reforço da estrutura (contraventamento). Ainda sobre as indicações da WikiHouse, o sistema é adequado para climas temperados. Também pode ser adaptado a climas de frio extremo adicionando reforço no isolamento térmico. Em climas mais quentes é necessário atentar-se para o sombreamento, a ventilação e introduzir massa térmica adicional para evitar o superaquecimento (WIKIHOUSE, 2022).

Especificidades técnicas:

Os blocos de construção da WikiHouse são fabricados usando uma máquina CNC (Controle Numérico Computadorizado) com uma precisão de 0,1mm, o que resulta em uma obra de montagem mais artesanal e acessível (WIKIHOUSE, 2022). Recomenda-se construir até 2 andares, o terceiro andar é recomendado somente quando as edificações fizerem parte de uma fileira de construções que se apoiam (edificações geminadas). As soluções formais de projeto sugerida para a cobertura, incluem os telhados planos, telhados planos com guarda-corpo, telhado de uma água e telhado de duas águas. (WIKIHOUSE, 2022) Esses shapes são os que atualmente dispõe os blocos skylark e serão detalhados mais adiante.

Quanto à morfologia da edificação, os desenvolvedores afirmam que até o presente momento, o sistema só permite formas mais padronizadas, de plano ortogonal, que consistem em bordas retas. A razão para isso, segundo eles, é que as máquinas CNC de 3 eixos cortam a 90°. (WIKIHOUSE, 2022). Atualmente, o sistema não permite formas curvas ou layouts de planta angular, embora existam iniciativas externas que já estão experimentando essas outras formas para o sistema wikihouse. No entanto, reforçam que é uma opção a ser explorada, visto que há outras maneiras de obter esse efeito. (WIKIHOUSE, 2022). Ou seja, o sistema, por ser de código aberto, permite livre manipulação e experimentação por terceiros. Com relação às vedações e acabamentos é importante ter muito cuidado e cautela na correta adoção de técnicas de impermeabilização, visto que o sistema é composto inteiramente por madeira compensada, logo está sujeita a ação de intempéries e cupins.

3.2. Versões atualizadas do Sistema WikiHouse: Skylark 200 e Skylark 250

O sistema Wikihouse, por ser de código aberto, está sujeito a constantes atualizações. Trataremos das principais diferenças entre a versão atual e versão 3 por ter sido adotada no desenvolvimento da Wikihouse de Vitória.

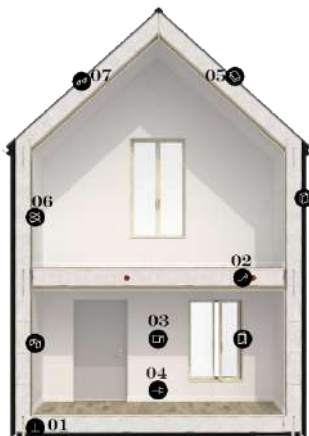
A versão mais atual é apresentada em dois tamanhos: Skylark 250 e 200. A numeração é definida em função das dimensões básicas dos componentes de vedação terem 250mm ou 200mm de espessura visando alojar os materiais isolantes. Esta versão nos é apresentada oficialmente a partir de uma segmentação de 10 elementos, sendo eles: vedações externas, internas, cobertura, ventilação, aberturas, isolamento, instalações, revestimento, acabamento interno e fundações, que são aplicados de forma integrada sobre a estrutura (chassi) principal. Para um entendimento geral desta versão e dos princípios construtivos da Wikihouse, serão realidades descrições sintéticas de cada elemento, para posterior aprofundamento dos itens diretamente relacionados ao tema desta pesquisa, os elementos de vedação. Mas antes, faremos uma breve explicação do chassi, que é a estrutura, o esqueleto sobre o qual todos os outros elementos são acoplados.

O chassi é formado por 5 elementos básicos, disponibilizados em módulos de diferentes tamanhos, sendo eles: pilares verticais, pré-esquadrias (nas quais serão adaptadas as janelas e portas), vigas de piso (barrote), vigas de cobertura (inclinadas) e as escadas. Todos estes elementos pressupõem conectores de diferentes modelos e tipos.

O conceito de paredes no sistema deve ser compreendido diferentemente de painéis de alvenaria, concreto ou bloco, mas como um sanduíche de placas de OSB ou similar com um recheio de material isolante. Para a correta construção deste tipo de parede, existem especificações importantes que se devem atentar, como por exemplo, o controle da umidade das vedações externas, que pode ser feito através de um envelopamento prévio do chassi com uma “membrana de respiração” que pode ser encontrado no mercado brasileiro como, membrana hidrófuga, barreira de vapor ou barreira de água variando a denominação conforme fornecedor. Essa membrana permite que qualquer umidade retida no interior das paredes evapore (WIKIHOUSE, 2022). Ainda, se recomenda a utilização de proteção contra incêndio nas paredes e nas estruturas dos cantos das fachadas, especialmente em caso de edificações geminadas. Para o acabamento, podem ser usados os mais variados tipos de revestimento tais como: plaquetas de tijolos, cerâmicas, fachada ventilada com ripado de madeira ou material similar. no caso da fachada ventilada, as ripas podem ser parafusadas em qualquer ponto do compensado. Também é possível aplicar placas de fibrocimento, muito utilizadas nas construções a seco que, apesar de fornecerem uma defesa mais robusta contra vandalismo ou incêndio criminoso do que o revestimento de madeira, exigem uma instalação mais trabalhosa, sendo necessários andaimes fixos. Enquanto painéis pré-fabricados de madeira podem ser

inteiramente montados e revestidos fora do canteiro de obras e serem encaixados rapidamente no edifício, com o cuidado de projetar os painéis com uma margem de tolerância visto que o chassi cortado a laser pode ser alguns milímetros maior que o projeto no computador (WIKIHOUSE, 2022).

Quanto aos acabamentos internos recomendam-se três tipos: a) placas de gesso (dry-wall), que fornecem proteção contra incêndio e adicionam massa térmica ao ambiente; b) painéis de madeira com tratamento contra incêndio; e c) a terceira opção é deixar as nervuras da estrutura Skylark expostas e preencher entre eles com painéis de madeira compensada ou outros materiais, porém recomenda-se apenas para pequenas estruturas e projetos piloto.



BREVE DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA:

ITEM 01: O chassi da WikiHouse deve ser instalado sobre trilhos de madeira, que devem ser retos e nivelados. Esses trilhos podem ser suportados por qualquer tipo de fundação. Como as estruturas da WikiHouse são mais leves que os prédios de tijolos, o trabalho das fundações é tanto suportar o peso próprio da estrutura quanto prevenir que esforços laterais (como o efeito de ventos) deformem o projeto.

ITEM 02: A edificação construída com sistema wikihouse deve ter alto nível de estanqueidade e ter cuidado especial de garantir a ventilação adequada. Além de utilizar a ventilação cruzada natural. Ademais, os blocos de piso e telhado skylark preveem orifícios de 100mm para a passagem de dutos de ar pelo edifício (WIKIHOUSE, 2022).

ITEM 03: Sobre as divisões internas, a retidão e a precisão dos chassis tornam simples a adição ou remoção paredes e divisórias de ambientes. Essa característica torna possível a alteração do layout do edifício durante sua vida útil, para que ele possa se adaptar a diferentes necessidades (WIKIHOUSE, 2022).

ITEM 04: O chassi Wikihouse inclui uma zona aberta em seu interior para a passagem de instalações elétricas e hidráulicas, facilitando sua montagem e manutenção.

ITEM 05: No que se refere ao elemento de cobertura é possível usar variados tipos de materiais tais como: telhas individuais (cerâmica, pedra etc.), painéis ondulados, membranas e mantas ou telhados verdes. Dentro dessas possibilidades de tipos materiais de cobertura existem também formas possíveis de se projetar esses elementos, sendo elas: cobertura plana (de piso ou apenas vedação), dotadas de inclinação mínima de 1:80 (1,5%) para permitir o escoamento das águas das chuvas. Uma grande vantagem dessa opção formal é a facilidade de acesso durante a montagem e manutenção (WIKIHOUSE, 2022).

Para o desenvolvimento das coberturas dedicadas ao uso como pavimentos de piso (terraço), deve-se usar as vigas de piso mais robustas no lugar de vigas de telhado. Nesse caso, é necessário priorizar a drenagem de águas pluviais e atentar aos detalhes de impermeabilização e instalação de calhas. Esse tipo de cobertura, sendo bem executada conforme as recomendações, drena bem as águas pluviais e são fáceis de acessar durante a montagem e manutenção, o que elimina a necessidade de andaimes, economizando nos custos de obra. Recomenda-se que, para todas as coberturas, as folgas entre as placas estejam totalmente isoladas e protegidas da ação das chuvas com a instalação de rufos, fitas, vedações expansíveis etc. (WIKIHOUSE, 2022).

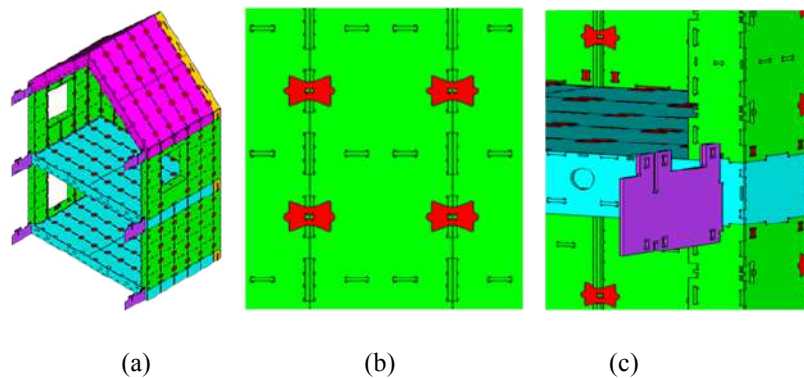
ITEM 06: Os blocos WikiHouse Skylark incluem uma cavidade para isolamento de 250 mm nas paredes e isolamento de 350 mm no telhado, proporcionando níveis excepcionais de isolamento térmico. É possível utilizar

qualquer tipo de isolamento de rolo macio ou manta, porém, recomenda-se por uma questão ecológica, isolamentos feitos de plástico reciclado ou materiais de base orgânica, como o cânhamo por exemplo.

ITEM 07: Depois de montar o chassi, você deve envolvê-lo em uma membrana de respiro (membrana hidrófuga resistente a raios UV) o mais rápido possível.

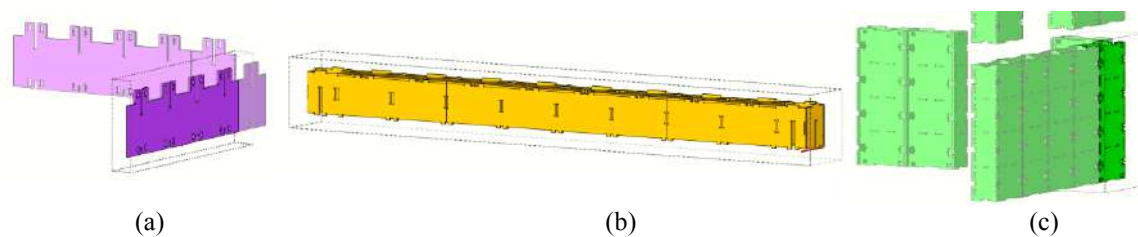
O sistema está disponível em versões de design kits para **Rhinceros, Scketchup, AutoCAD, Blender e IFC**. As versões mais atualizadas são denominadas Skylark 250 e apresentam diferenças cruciais para a versão 3, utilizada para o desenvolvimento do trabalho desse núcleo de pesquisa, referente a Casa do Sr. Manoel, como por exemplo elementos de fixação internos das estruturas de vigas e externos entre os módulos das paredes.

Figura 1 – (a) Modelo WikiHouse Skylark 250 (até agosto de 2023) para Sketchup. (b) Detalhe de elemento de fixação dentre os blocos das paredes. (c) Elemento de estabilização interno das vigas.



Fonte: (WIKIHOUSE, 2022)

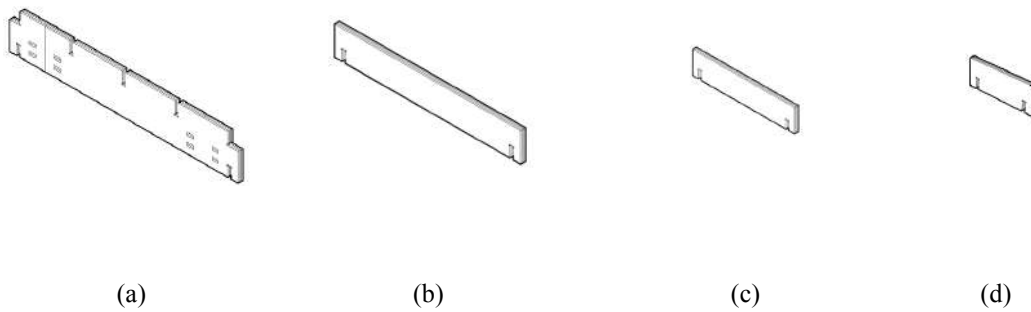
Figura 2 – Detalhes do elemento de estabilização interno das vigas. (a) Amarração ; (b) Viga ; (c) Parede



Fonte: (WIKIHOUSE, 2022)

Esse sistema no decorrer da pesquisa recebeu uma nova atualização onde perde-se esse elemento estrutural de amarração e ganha vergas para vãos de abertura.

Figura 3 – Vergas de acordo com a dimensão. (a) Lintel-L ; (b) Lintel-M ; (c) Lintel-S ; (d) Lintel-XS



3.3. Elementos de vedação

Para fins de compreensão distingue-se os tipos de superfícies conforme sua função. Assim, a superfície arquitetônica pode atuar como um limite físico de vedação e proteção ao espaço interno, assumindo uma posição de barreira. Desse modo, a superfície delimita um volume, materializa uma forma e representa a estanqueidade e hermetismo da construção. A superfície pode também se posicionar como um elemento **entre o espaço construído e o meio estabelecendo relações entre eles e o usuário, além de trazer conceitos de permeabilidade e transparência.**

3.3.1. Madeira compensada estrutural

O material indicado para a construção de edificações pelo sistema Wikihouse é o OSB ou madeira compensada estrutural. *A WikiHouse só é realmente uma solução adequada onde há um fornecimento razoavelmente barato de madeira compensada estrutural ou OSB (Oriented Strand Board).* **O processo de fabricação dessas placas** se apresenta como uma alternativa sustentável ao aproveitar 90% da matéria-prima, troncos de árvores de reflorestamento. Essas toras são cortadas em tiras e orientadas em 3 camadas perpendiculares, em seguida, é aplicada uma resina de colagem. Após a secagem o painel é prensado à alta temperatura, o que confere maior resistência mecânica, estabilidade e rigidez.

Nesse sentido, é importante estudar as possibilidades de tratamento desse material. Para isso, é imprescindível a coleta de dados sobre tratamentos possíveis que sejam atóxicos e sustentáveis, como é o caso da resina de mamona, alternativa produzida à base de poliuretano vegetal oriundo da transformação do óleo de mamona (*Ricinus Communis*). A obtenção desse óleo é realizada a frio, o que reduz consideravelmente o consumo de energia elétrica, não se utiliza água no processo, além de que os produtos são 100% sólidos (isentos de solventes) e não possuem metais pesados em sua formulação, atendendo assim as normas vigentes de potabilidade. Estes materiais possuem diversas vantagens por serem atóxicos e biodegradáveis e de fontes renováveis.

Além disso, segundo estudo realizado por (DIAS, 2005), as propriedades mecânicas de aglomerados produzidos com a resina poliuretana à base de mamona apresentam valores superiores à dos aglomerados produzidos com a resina inorgânica tradicionalmente utilizada, à base de uréia-formaldeído. Os valores de inchamento e absorção de água foram superiores nos aglomerados produzidos com a resina à base de uréia-formol, o que indica maior estabilidade dimensional dos aglomerados produzidos com a resina poliuretana à base de mamona.

Visto que todos os valores atendem às exigências normativas, e que a fabricação dos compensados e aglomerados com a resina poliuretana à base de mamona são realizados a uma temperatura de prensagem muito inferior ao tradicional representando uma redução considerável no consumo de energia. (DIAS, 2005)

Portanto, pode-se afirmar que a resina poliuretana à base de mamona, apresenta-se como uma alternativa promissora para a fabricação de painéis compensados e aglomerados OSB. Ademais, a resina de mamona também pode ser utilizada como impermeabilizante para o acabamento e proteção das peça, trazendo brilho e revelando a textura da madeira.

3.4. Programações gráficas

Antes de iniciar as discussões sobre o tema é importante definir conceitos fundamentais do universo computacional que cercam o objeto de estudo desse artigo: superfícies paramétricas para o sistema WikiHouse.

De acordo com os autores Braida et al. (2016), a computação voltada para a busca de soluções de problemas a partir do sistema de **inputs** (entradas) e **outputs** (saídas/resultados), tem possibilitado o desenvolvimento de **ambientes responsivos** (*ambientes com uma única estrutura de códigos que funciona em diferentes resoluções*), nos quais as condições do espaço podem mudar e se adaptar a critérios predefinidos por meio de **sensores**, alterando as características que compõe a **sintaxe espacial** de um determinado objeto arquitetônico. (BRAIDA et al., 2016)

O pesquisador da *Universidade Politecnico di Milano*, Celestino Soddu, define o design generativo como “*um processo morfogenético que utiliza **algoritmos estruturados**, como sistemas não lineares, para obter resultados únicos e irrepetíveis sem fim, executados por um código de ideia, como na natureza*”.

Nesse sentido, é possível afirmar que o design generativo é um método indireto de projeto, no qual o projetista não se preocupa com uma solução em particular de um contexto específico, mas com a definição de um método que possibilite resolver problemas semelhantes em diferentes contextos e com características ligeiramente distintas. Esse método possibilita gerar sistematicamente inúmeras soluções alternativas para cada situação (BRAIDA et al., 2016).

Portanto, as superfícies de vedação para **Wikihouse**, são gerados através de **algoritmos** dentro do sistema computacional **Grasshopper**, utilizando de princípios da **geometria e da parametrização**, a fim de obter resultados onde se cruzem de maneira inteligente as soluções bioclimáticas, estéticas e estruturais dos **elementos de vedação** compatíveis com o **sistema construtivo Wikihouse**.

4 Metodologia

Seguindo o método de pesquisa determinado pelo professor orientador, o *Design Science Research*, metodologia que emerge no ano de 1996 com Herbert Alexander Simon em seu artigo “*The Sciences of the Artificial*”. A qual se baseia na criação de artefatos a partir do conhecimento teórico, com intuito de solucionar problemas, para os quais a discussão teórica não é suficiente. Sendo assim, iniciou-se a pesquisa pela etapa de conscientização (Ciclo I), que se concentra sobre a problemática em questão. Nessa etapa, os estudos se aprofundaram sobre o universo computacional aplicado à parametrização e sistemas de código aberto, também foram ampliados os conhecimentos sobre os conceitos de ambiente responsivo e design generativo, para que fosse possível a familiarização com os sistemas computacionais Grasshopper e Rhinoceros, bem como o próprio sistema WikiHouse. Ainda nessa etapa do projeto se iniciou a pesquisa sobre o design de superfícies perfuradas, sua

aplicação e relevância para projetos de arquitetura, além da busca por versões mais atualizadas do sistema construtivo WikiHouse. Por último, ainda dentro desse primeiro ciclo, foi introduzido as programações gráficas mais simples já existentes dentro do programa Grasshopper.

Ao avançar na metodologia de pesquisa, inicia-se o ciclo II, que corresponde à etapa de definição dos condicionantes, nesse caso, tudo que deve ser considerado para adaptar as superfícies ao contexto de forma a se adequar ao modo de morar brasileiro e às condições climáticas. Nessa etapa também há uma busca por projetos existentes, empresas que prestam o serviço de corte a laser para superfícies de vedação em madeira reciclada no Brasil, a fim de avaliar a viabilidade, e a reutilização de materiais residuais. A evolução dos estudos até o presente momento encerra-se aqui e está em consonância com o cronograma estipulado pelo professor orientador do projeto na proposta inicial.

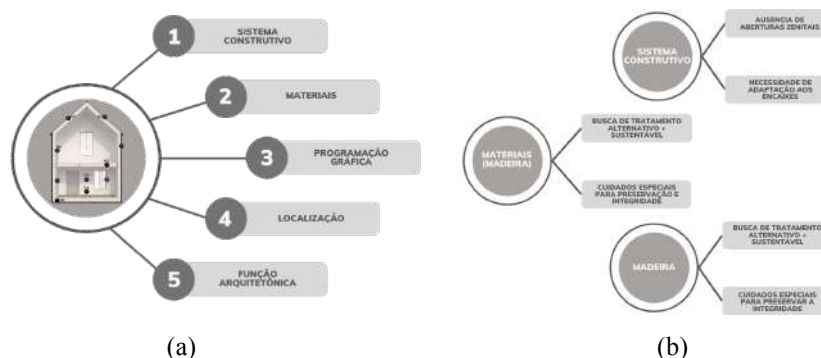
Posteriormente, na terceira etapa, é realizada uma definição de tipologias, prototipagem e análise de resultados, sendo assim, a concepção, modelagem e construção de protótipos físicos para verificação das superfícies projetadas em concordância com as pesquisas e condicionantes, para a verificação dos resultados.

5 Resultados e Discussão

5.1. Condições Climáticas e Conforto Ambiental

clima é um condicionante poderoso em um projeto de arquitetura, principalmente quando o sistema construtivo empregado tem como material principal a madeira e as condições ambientais são úmidas, quentes e chuvosas. Além disso um dos objetivos desse estudo é trazer eficiência energética para as edificações WikiHouse. Para isso é necessário considerar o clima tropical da região metropolitana de Vitória, ou seja, verões quentes e chuvosos, invernos amenos com baixo índice pluviométrico e umidade relativa do ar e ventos que atingem uma velocidade média de 17km/h com velocidade máxima de até 44km/h. Ademais é necessário implantar um bom sistema de fundações que impeça a transmissão de umidade do solo para a madeira. Portanto é imprescindível alteração do molde atual disponibilizado pelo sistema WikiHouse, principalmente no que diz respeito aos elementos de vedação e superfícies perfuradas, além das aberturas, beirais, fundações, varandas e elementos sombreadores. Esses elementos ajudarão no que diz respeito à eficiência energética, a iluminação natural e ventilação passiva, além de diminuir os risco de infiltração, aumentar a durabilidade do material de construção.

Figura 4 – (a) Diagrama geral de condicionantes ; (a) Diagrama de principais desafios



Fonte: Autoral

Figura 5 – Diagrama de condicionantes e variações no processo de criação dos padrões parametrizados



Fonte: Autoral

5.2. As Tipologias de Projeto

5.2.1. Módulos Horizontais

Para os módulos horizontais foram elaborados 2 modelos de experimentação.

O primeiro modelo é concebido através da programação gráfica desenvolvida por membros do grupo de pesquisa Conexão VIX na plataforma generativa grasshopper, baseados no sistema Wikihouse com intuito de materializar um protótipo de peças fabricadas por corte a laser para análise estética e funcional. O segundo, elaborado através das peças pré-definidas do próprio sistema Wikihouse pensado para ser um módulo versátil que possa servir de atenção psicológica e de orientação à saúde, instalados no campus da UFES e realizar análise estética e funcional a partir da modelagem 3D.

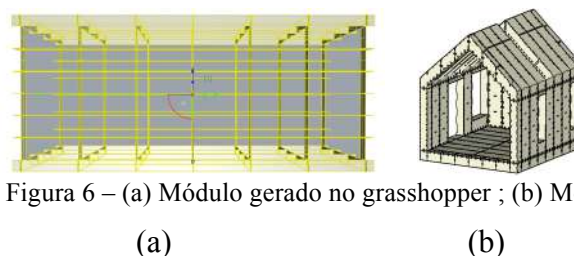


Figura 6 – (a) Módulo gerado no grasshopper ; (b) Módulo Wikihouse

(a)

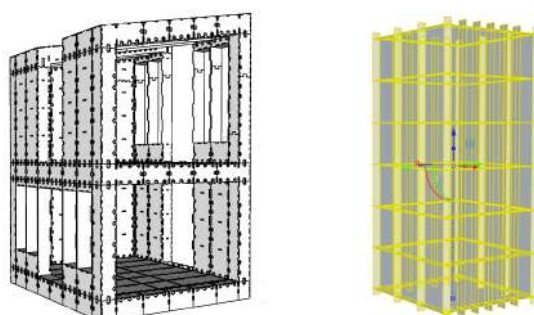
(b)

Fonte: Autoral

5.2.2 Módulos Verticais

Os módulos verticais seguiram a mesma linha de raciocínio dos horizontais, um módulo desenvolvido para análise em modelo 3D e outro para elaboração de corte a laser, com a diferença entre eles, que o módulo elaborado no grasshopper é pensado para três pavimentos e o modelo 3D apenas dois e não estão pensados para inserção em nenhum cenário específico, apenas no contexto da cidade de Vitória, considerando as características climáticas do local.

Figura 7 – (a) Módulo Wikihouse 2 pav. ; (b) Módulo grasshopper 3 pav.



(a)

(b)

5.2.3. Módulo Curvo

O módulo curvo apresenta uma complexidade muito alta, tanto na sua programação, quanto na criação de um projeto de superfícies perfuradas que sejam adequadas ao envelopamento dessa estrutura. Sendo assim, o desenvolvimento das superfícies para essa estrutura orgânica, não pode ser desenvolvido durante a pesquisa.

Figura 8 – Fotografias do módulo curvo

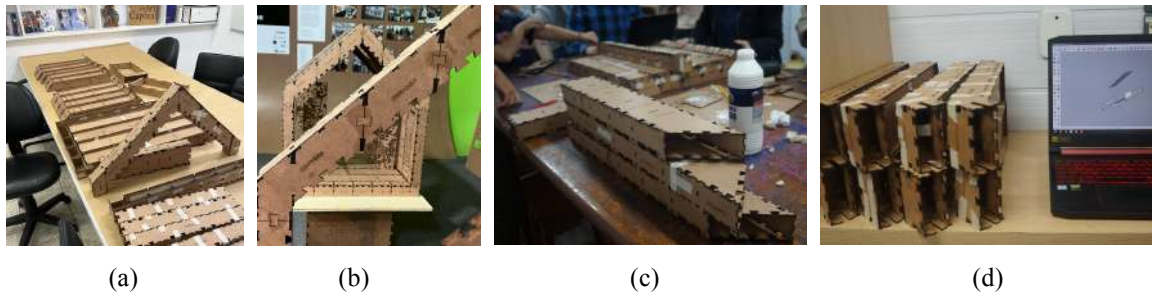


Fonte: Autoral

5.3. Análises

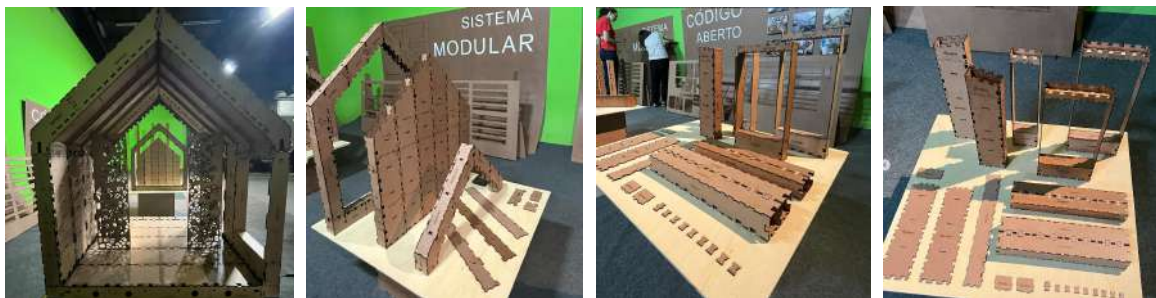
A primeira análise a ser feita é a da elaboração de maquete em escala 1:6 durante Workshop realizado pelo grupo de pesquisa Conexão VIX em parceria com o grupo de pesquisa ArqCidade da UVV (Universidade de Vila Velha). A maquete desenvolvida esteve em exposição durante o evento InovaWeek UVV. Essa maquete foi montada maioritariamente nos 4 dias de workshop, mais 2 dias extras. As peças foram fabricadas em madeira MDF cortada a laser. Houve algumas dificuldades no processo, como por exemplo ajustar a escala da maquete à espessura do MDF utilizado na fabricação, visto que as peças estão pensadas para escala 1:1 em uma placa de OSB 18,3mm. Outra grande dificuldade foi amarrar a estrutura, pois os encaixes não eram firmes, foi necessário a utilização de fitas adesivas para manter as peças unidas durante a secagem da cola, o que também dificultou o esquadrejamento adequado das peças. Logo no momento de estruturar a maquete, houve algumas incompatibilidades entre as peças, dado estado de torção e empenamento de algumas peças. Além disso, alguns ajustes foram necessários nas peças, pois algumas curvas destinam-se à fresadora, e nesse caso utilizou-se uma máquina de corte a laser. Algumas peças que eram necessárias para o modelo elaborado, não apresentavam arquivo de corte no site da Wikihouse, portanto foram criados pelo grupo de pesquisa durante o workshop. Para essa maquete, elaborou-se 2 padrões de perfuração, um referente a abertura zenital e outro para divisão interna. Com isso pode-se afirmar que há necessidade de estudar mais profundamente os encaixes e a relação desses encaixes com a escala de fabricação, bem como, o processo de montagem, no que diz respeito ao tratamento da madeira e esquadrejamento das estruturas, a fim de entender a viabilidade, as particularidades e a complexidade da construção em escala reduzida e 1:1. O comportamento do material em um local extremamente úmido como a Região da Grande Vitória é fundamental para o sucesso da implantação de um modelo Wikihouse adaptado ao clima da região.

Figura 9 – Imagens do Workshop



Fonte: Conexão VIX

Figura 10 – Imagens da exposição InovaWeek



Fonte: Conexão VIX

Figura 11 – Imagens da Maquete



Fonte: Conexão VIX

5.3.1 As particularidades de cada tipologia

5.3.2. Módulo horizontal unidade de atenção psicológica

Através do estudo realizado é possível afirmar que as superfícies perfuradas desenvolvidas através da programação gráfica em voronoi, é um elemento que colabora de maneira eficaz para a adaptação do sistema Wikihouse, não só, no que diz respeito à adaptação climática, bem como aos hábitos de moradia e uso dos espaços. A figura abaixo representa um módulo experimental horizontal, idealizado para uma unidade de atenção psicológica dentro do campus da Universidade Federal do Espírito Santo, Goiabeiras. Nesse caso as superfícies desempenharam função de filtro à intensidade raios solares, favorecendo a iluminação de forma menos agressiva, bem como auxiliando no papel da ventilação natural e possibilitando a privacidade sem a necessidade de enclausuramento.



Figura 12 – (a) Vista Norte. ; (b) Interior do módulo ; (c) Vista Leste

(a)

(b)

(c)

Fonte: Autoral

5.3.3. Módulo horizontal unidade de orientação em saúde

Neste módulo, estuda-se a versatilidade do módulo, a fim de avaliar como as superfícies podem colaborar nesse aspecto. O módulo então, é instalado na área de estacionamento da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo), em frente ao teatro universitário. Percebe-se que a mesma configuração de módulo Wikihouse foi suficiente para cumprir demandas de saúde física e mental, as superfícies proporcionam a divisão dos espaços e a penetração da luz de forma eficaz. Como esse módulo exige um nível maior de privacidade é adicionado um padrão com menos perfurações.

Figura 13 – (a) Vista Sul. ; (b) Vista Noroeste ; (c) Vista sudoeste



5.3.4. Módulo Horizontal e Vertical Grasshopper

O módulo cortado à laser, foi utilizado para realização de estudos de estética e comportamento de padrões de iluminação. Com os estudos, foi possível notar que os padrões de furação enquanto fachada ventilada que envolve toda a estrutura, desempenha função estética e proporciona beleza e dinamicidade à estrutura. Além disso, a configuração elaborada, permite que a luz invada o ambiente interno de forma global mesmo com as limitações de abertura, cria padrões rígidos de luz, mas também preenche o ambiente sem gerar penumbras acentuadas.

Figura 14 – (a) Vista Noroeste. ; (b) Visualização através do padrão da fachada oeste; (c) Vista Sudeste ;

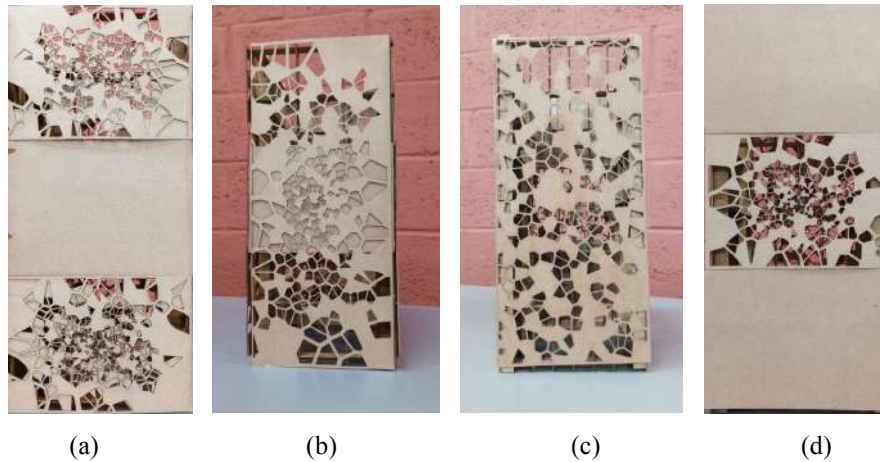


(d) Perspectiva aérea

(a) (b) (c) (d)

Fonte: Autoral

Figura 15 – (a) Fachada Norte ; (b) Fachada Sul ; (c) Fachada Leste ; (d) Fachada Oeste



Fonte: Autoral

5.4. A produção de superfícies perfuradas retas

A programação das superfícies retas se resume em uma sequência de ferramentas:

Primeiro é necessário criar uma curva, nesse caso é um retângulo, que gera pontos inseridos dentro desse retângulo, é necessário que esse conjunto de pontos possam ser redistribuídos, é o que cria a variação nos padrões, para isso usamos o recurso do ponto atrator e criamos uma regra que determina o quão perto ou longe essas células geradas pelo voronoi estarão desse ponto atrator. O retângulo vai ser o limite da ferramenta que determina o padrão voronoi de acordo com o cálculo matemático gerado a partir de centroides, a partir da ferramenta populate 2D é possível variar a quantidade desses pontos e sua aleatoriedade no espaço. É necessário determinar uma borda para essas superfícies, através da ferramenta “scale”. Por último é importante dar espessura e unir todas as curvas geradas a partir da programação, com “Offset” e “Reunion”. A programação exibida na imagem abaixo inclui também a criação de superfície, para o corte a laser basta até a união das curvas.

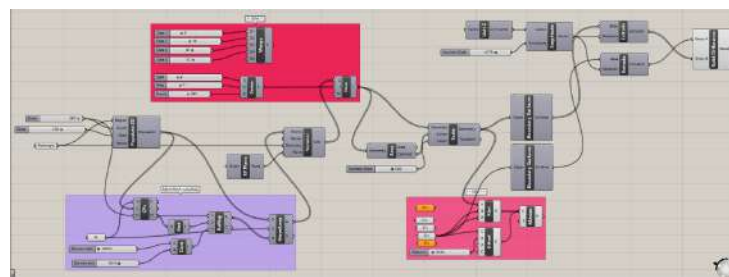


Figura 16 – Programação completa para criação dos padrões de furação das superfícies

Fonte: Autoral

6 Conclusões

A partir da fundamentação teórica e das análises apresentadas, ao visualizar as superfícies perfuradas, é possível afirmar que são elementos cruciais para a adaptação do sistema Wikihouse ao Brasil, portanto se faz necessário o

seguimento da pesquisa para elaboração de superfícies que de fato se encaixem ao sistema. As principais dificuldades, foram a elaboração da programação para o módulo curvo, processo de montagem da maquete 1:6 e o introdução do grasshopper, plataforma generativa complexa.

O estudo é pertinente às questões atuais da arquitetura brasileira e soma à comunidade acadêmica ao enfatizar sistemas de código aberto como alternativa de construção sustentável e possibilidade de autoconstrução. Demonstra uma alternativa de adaptação climática, bem como revela dificuldades a serem contornadas em todo o sistema, contribuindo assim, com a melhoria do próprio sistema em si.

Sugere-se para a correção dos problemas mencionados, principalmente na confecção da maquete, o estudo de preparadores de madeira e resinas alternativas, não só para a maquete, como para escala 1:1. O presente trabalho traz uma alternativa para o tratamento da madeira com resina orgânica (ver seção 3.5.1).

O principal seguimento para o trabalho vislumbra-se no que diz respeito aos encaixes. Para melhorar o processo de montagem e adaptação às intempéries.

Agradecimentos

Um agradecimento especial ao grupo de pesquisa SCP UVV e à professora Coordenadora Cyntia Marconsini, por proporcionar as instalações e meios necessários para a realização do Workshop que foi de suma importância para esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

ALLGAYER, Rodrigo. **Formas naturais e estruturação de superfícies mínimas em arquitetura**. Porto Alegre. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientador: Benamy Turkienicz, 2009.

BRAIDA, Frederico *et al.* **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. 1ª. ed. São Paulo: ProBooks, 2016.

CAMACHO, Jaime Darwin Onésimo; SACHT, Maria Helenice ; VETTORAZZI, Egon. De los elementos perforados al cobogó: histórico de uso en la arquitectura brasilera y consideraciones sobre su adaptación al clima. **PARC**, Campinas, v. 8, p. 205-219, set 2017. ISSN 3. Disponível em: >

CORONA, Eduardo ; LEMOS, Carlos. **Dicionário da Arquitetura Brasileira**. 1ª. ed. São Paulo: EDART, 1972.

DIAS, Fabricio Moura. **Aplicação de Resina Poliuretana à Base de Mamona na Fabricação de Painéis de Madeira Compensada e Aglomerada**. 2005, Tese de Doutorado (Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.

HOMEM, Maria Cecília Naclério. **O palacete paulistano e outras formas de morar da elite cafeeira: 1867-1918**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

IPHAN. Monumentos e Espaços Públicos Tombados - Diamantina (MG). **IPHAN.GOV**, 2023. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1490>. Acesso em: Nov 2022.

MARTINS, Anamaria de Aragão Costa. A forma de morar: a transformação da casa brasileira à luz das normas reguladoras da estética da paisagem e das edificações. **Universidade de Arquitetura e Comunicação Social**, BRasília, v. 7, p. 1-18, junho 2010.

SOUZA, Maressa Fonseca e. Arquitetura do morar: Do vernacular ao popular. **Projetar**, Natal, v. 7, n. 22, Setembro 2022. ISSN 3.

WIKIHOUSE. Bloks. **WikiHouse**, 2022. Disponível em: <https://www.wikihouse.cc/blocks>. Acesso em: Outubro 2022.

WIKIHOUSE. Guides. **WikiHouse.cc**, 2022. Disponível em: <https://www.wikihouse.cc/guides>. Acesso em: Outubro 2022.

WIKIHOUSE. Product. **WikiHouse**, 2022. Disponível em: <https://www.wikihouse.cc/product>. Acesso em: Outubro 2022.

WIKIHOUSE. Projects. **WikiHouse**, 2023. Disponível em: <https://www.wikihouse.cc/projects>. Acesso em: Março 2023.