

**CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO**

**YURI KELWIN SAMPAIO DUTRA**

**FAVO DE MEL: UMA PROPOSTA DE INTERAÇÃO DO  
GREEN BUILDING COM HABITAÇÃO DE INTERESSE  
SOCIAL**

BAURU  
2021

**YURI KELWIN SAMPAIO DUTRA**

**FAVO DE MEL: UMA PROPOSTA DE INTERAÇÃO DO  
GREEN BUILDING COM HABITAÇÃO DE INTERESSE  
SOCIAL**

Relatório parcial apresentado ao Centro  
Universitário Sagrado Coração como  
proposta para iniciação científica, sob  
orientação da Profa. Ma. Fabiana Costa  
Munhoz.

BAURU  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD

D978f

Dutra, Yuri Kelwin Sampaio

Favo de mel: uma proposta de interação do Green Building com habitação de interesse social / Yuri Kelwin Sampaio Dutra. -- 2021.

59f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Fabiana Costa Munhoz

Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Civil) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Sustentabilidade. 2. Moradia. 3. Bambu. I. Munhoz, Fabiana Costa. II. Título.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa pesquisa bem como o objetivo dela a todos que por revezes da vida ainda não tiveram a oportunidade de ter um lugar para chamar de lar e construir uma família, e aos meus pais que em todo o instante me apoiaram nessa jornada de promover uma solução sustentável a um problema recorrente no Brasil e que a tantos anos parece um problema sem resposta, o déficit habitacional nacional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de desenvolver uma possível solução que poderá retirar dezenas de milhares de famílias de situações de risco com habitações inadequadas, agradeço aos meus pais, Heloise Sampaio Ribeiro e Flavio Eduardo Dutra por terem comprado essa ideia e pelo apoio emocional. Agradeço a professora Fabiana Costa Munhoz por ter sido minha orientadora, minha consultora técnica e pelo apoio dado desde a nossa primeira conversa sobre a pesquisa e também gostaria de agradecer ao Professor Renan que foi responsável pelas dicas arquitetônicas a respeito da planta desenvolvida aqui.

Sem essa fundação, essa pesquisa não teria chegado aonde chegou e muito menos chegaria a alcançar o potencial que ela tem, Muito Obrigado a todos...

## RESUMO

Há muitos anos, no Brasil, tem se utilizado técnicas de construção tradicionais, tanto pelo processo construtivo em si, mas também pelas suas consequências previsíveis, por exemplo: excesso de resíduos, alto valor monetário agregado e desigualdade de acesso a essas edificações. É dessa maneira que se ganha destaque o desenvolvimento sustentável e uma das suas atuações práticas o green building, que tem por princípio o uso de materiais reutilizáveis e uso consciente de matérias-primas, a título de exemplo o bambu, sendo utilizado principalmente as espécies *Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia*, *Phyllostachys heterocycla pubescens*. Vale destacar ainda que, no Brasil, é cada vez maior a necessidade ao atendimento de moradias a populações de baixa renda, ou ausentes de moradia, formalmente conhecidas como habitações de interesse social. Recentemente foi apontado que essa realidade alcança um total de 7 milhões de pessoas. Assim fica exposto que é necessário construir moradias de forma rápida, porém com segurança e consciência. E é nesse ponto que o desenvolvimento sustentável e suas tecnologias convergem com a habitação de interesse social, a fim de revisar os métodos empregados atualmente. A proposta desta pesquisa traz a interação desses dois grandes conceitos, a partir do fomento de um projeto residencial, mais precisamente uma planta arquitetônica e um projeto estrutural utilizando o bambu como elemento principal, que se enquadra tanto no green building como também nas habitações sociais, a fim de que se tenha a democratização dessas tecnologias e dessa cultura criada a todos, independente do poder aquisitivo. Diante dessa metodologia foi possível concluir que existe a possibilidade da construção e a comercialização de um novo método construtivo, baseando nos grandes conceitos apresentados acima e em toda a pesquisa.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Moradia. Bambu.

## ABSTRACT

For many years, traditional construction techniques have been used in Brazil, both for the construction process itself, but also for its predictable consequences, for example: excess waste, high added monetary value and inequality of access to these buildings. This is how sustainable development and one of its practical actions is gained, green building, which has as its principle the use of reusable materials and conscious use of raw materials, for example bamboo, being used mainly the species *Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia*, *Phyllostachys heterocycla pubescens*. It is also worth mentioning that, in Brazil, there is an increasing need to provide housing to low-income populations, or absent from housing, formally known as housing of social interest. Recently it was pointed out that this reality reaches a total of 7 million people, so it is exposed that it is necessary to build housing quickly, but with safety and awareness, it is at this point that sustainable development and its technologies converge with housing of social interest, in order to review the methods currently employed. The proposal of this research brings the interaction of these two great concepts, from the promotion of a residential project, more precisely an architectural plant and a structural project using bamboo as the main element, which fits both in the green building and also in social housing, so that the democratization of these technologies and culture created for all, independent of purchasing power. In view of this methodology, it was possible to conclude that there is the possibility of the construction and commercialization of a new constructive method, based on the great concepts presented above and throughout the research.

**Key – words :** Sustainability. Residence. Bamboo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Agenda 2030 e as 17 ODS.....	12
Figura 02 – Colmo do bambu.....	13
Figura 03 – Principais espécies de bambu empregadas na construção civil.....	15
Figura 04 – Eficiência da usabilidade de área.....	18
Figura 05 – Planta tipo da HEX HOUSE.....	20
Figura 06 – Módulo de Referência.....	21
Figura 07 – Outros parâmetros antropomórficos.....	21
Figura 08 – Outros parâmetros antropomórficos.....	22
Figura 09 – Favo de Mel v.1.....	26
Figura 10 – Favo de Mel v.2.....	27
Figura 11 – Detalhe da cobertura.....	28
Figura 12 – Planta Tipo.....	29
Figura 13 – Planta Cobertura.....	29
Figura 14 – Corte Longitudinal.....	30
Figura 15 – Corte transversal.....	30
Figura 16 – Fachada.....	30
Figura 17 – Planta humanizada.....	31
Figura 18 – LBF com bambu em natura.....	32
Figura 19 – Bambu Laminado Colado.....	32
Figura 20 – Ligação entre elementos de bambu.....	33
Figura 21 – Ligação entre elementos de bambu.....	34
Figura 22 – Ligação entre os elementos de bambu com as barras de ferro rosqueada.....	34
Figura 23 – LBF versão final.....	35
Figura 24 – Sistema Sinding Vinílico.....	36
Figura 25 – Cantoneiras do Sinding Vinílico.....	37
Figura 26 – Sistema EIFS.....	38
Figura 27 – Composição da placa Glasroc x.....	39
Figura 28 – Composição dos Painéis.....	41
Figura 29 – Painel P1A.....	42
Figura 30 – Painel P1B.....	42
Figura 31 – Painel P1C.....	43

Figura 32 – Painel P1D.....	43
Figura 33 – Painel P1E.....	44
Figura 34 – Painel P1F.....	44
Figura 35 – Painel P2A.....	45
Figura 36 – Painel P2B.....	45
Figura 37 – Painel P2C.....	46
Figura 38 – Painel P2D.....	46
Figura 39 – Painel P2E.....	47
Figura 40 – Painel P2F.....	47
Figura 41 – Painel P2G.....	48
Figura 42 – Painel P2H.....	48

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 PROBLEMA E HIPÓTESE .....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 GREEN BUILDING E AGENDA 2030 .....	14
2.2 A APLICAÇÃO DO BAMBU EM CONSTRUÇÕES .....	15
2.3 USO DO BAMBU NO BRASIL .....	17
2.4 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL.....	19
2.5 CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	20
2.6 A PLANTA TIPO .....	22
2.7 O DESENHO UNIVERSAL APLICADO AO PROJETO.....	23
2.8 CÓDIGO DE OBRAS DE BAURU E CÓDIGOS DE REGULAMENTAÇÃO APLICADO AO PROJETO.....	25
2.9 LIGHT STEEL FRAME (LSF) .....	25
<b>2.9.1 Normas e diretrizes para a aplicação do LSF .....</b>	<b>26</b>
<b>2.9.2 Materiais usados no LSF .....</b>	<b>26</b>
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>27</b>
<b>4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>29</b>
4.1 A PLANTA FAVO DE MEL.....	29
4.2 DESENVOLVIMENTO DO LBF .....	34
<b>5. COMPOSIÇÃO DOS PERFIS .....</b>	<b>43</b>
<b>6. VIABILIDADE ECONOMICA .....</b>	<b>52</b>
<b>7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
<b>8. CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, ainda é possível ver uma falta de avanço relacionada com novos conceitos e tecnologias para se obter os mesmos resultados nos ambientes de obra, já que a indústria da construção é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e energia de forma intensa (Conselho Internacional da Construção-CIB). Assim tem se tornado de extrema importância o estudo e a aplicação do green building<sup>1</sup>, Termo surgido na década de 90, os Green Buildings são empreendimentos que utilizam alta tecnologia para reduzir os impactos negativos causados pela construção no meio-ambiente promovendo benefícios sociais, econômicos, ambientais e para a saúde humana, durante todo o processo de concepção, execução e operação.

Tal movimento que tem buscado a fomentação do desenvolvimento sustentável em todos os aspectos de uma obra, desde o planejamento até a manutenção e reuso das edificações. Outra necessidade é a aplicação das 17 metas propostas pela ONU em 2015 para o desenvolvimento humano e ambiental, conhecida como agenda 2030.

Segundo a Organização das Nações Unidas (1987) “O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”, trabalhando com base em três eixos: econômico, ambiental e social.

A aplicabilidade dos conceitos do green building estão desde o uso consciente da matéria prima, seja sua baixa utilização até o emprego de materiais pouco utilizados como: bambu, drywall, steel frame e outros. Além de seu uso no início da obra, também está presente no pós-obra com descarte correto dos resíduos, sendo que no Brasil estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados são provenientes da construção (CIB, 2010? *apud* SEBRAE, 2019). Assim o aproveitamento desses resíduos, ou ainda Resíduos de construção civil (RCC) são bons exemplos da utilização desses novos métodos.

Com estes exemplos, verifica-se como é possível gerir os impactos, não só no meio ambiente como também na esfera social. Já que esses tipos de equipamentos e sistemas construtivos afetam diretamente na menor geração de resíduos e a

---

<sup>1</sup> Em tradução livre, construção verde.

considerável economia, principalmente na construção das residências, porém essas aplicações ainda estão apenas começando no Brasil.

Além desse pequeno atraso no Brasil, pode se observar também um lento atendimento ao acesso a moradias que se enquadrem nas habitações de interesse social. Muitas políticas públicas já foram feitas e investidas ao longo dos governos republicanos populares. No entanto ainda há cerca de 7 milhões de pessoas em que essa necessidade essencial não foi atendida (BBC, 2018).

É importante ressaltar que a habitação é uma necessidade básica intrínseca a sobrevivência do homem no meio urbano, e desempenhando três funções: social, ambiental e econômica (LAGO, 2010). Dessa maneira fica evidente que a ausência dela, impede o desenvolvimento humano, visto como obrigatório para o crescimento e promoção de uma sociedade isonômica.

Tendo por base todas as definições dos termos e suas áreas de ação fica evidente que tanto o green building como as habitações de interesse social possuem o mesmo princípio para sua construção e realização. Assim, há uma necessidade de propagação do desenvolvimento social, ambiental e econômico, para que seja consolidado o crescimento e fortalecimento da raça humana em harmonia com a natureza.

Contudo ainda fica evidente que o futuro sustentável ainda é uma realidade de poucos, ou seja, um estilo de vida proporcionado para aqueles que possuem recursos, conhecimento e disponibilidade de serviços ligados a essas novas tipologias de residência.

## 1.1 PROBLEMA E HIPÓTESE

Essa realidade em que a cada ano, ou menos ainda, a desigualdade social e espacial promovida no Brasil tem aumentado, possuindo como consequência máxima a formação de habitações que não se enquadram em absolutamente nenhum projeto arquitetônico ou estrutural, que acabam gerando danos colaterais gigantescos no processo de urbanização em qualquer cidade.

Distorcendo uma realidade simples que poderia ser promovida com o uso da construção verde e sua serventia, fica a pergunta, como aplicar os conceitos de Green Building nas habitações de interesse social no Brasil?

A primeira premissa é a criação de um projeto de uma casa em que, seja levado em consideração alguns pontos desses conceitos verdes como: o uso do bambu sendo a principal matéria prima, levando em conta seu rápido crescimento, a necessidade de materiais sustentáveis e a suas características físicas e químicas que permitem seu uso na construção civil; a atribuição de equipamentos para o controle e manejo d'água e reuso; painéis fotovoltaicos, que seriam de grande serventia, já que praticamente há sol o ano todo no Brasil; a implementação de sistemas de calhas com grelhas que permitiram um reaproveitamento da água da chuva.

A segunda premissa, é o estudo da viabilidade dessa residência quanto ao uso de materiais como o bambu, EPS, lã de PET, bem como o custo de sua implementação com esses equipamentos de controle e reuso. Além disso, a construção de uma parede protótipo com uso desses materiais. Dessa forma, buscando uma metodologia a ser aplicada a um custo baixo, trazendo a viabilidade para a população de baixa renda. Assim conseguindo não somente diminuir o número de pessoas ausentes de lar, como também dar o direito a essa população de ter uma nova perspectiva de vida, conforme conceitos de Lengen (2014, P. 69)

A casa é mais que uma construção para proteger-nos da chuva, do sol ou do frio. Deve ser um lugar onde a família se sinta bem acolhida e onde possamos receber os amigos. Nossa casa também deve ter pequenos espaços onde possamos estar a sós e trabalhar ou descansar, tanto dentro como fora dela.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um projeto para habitação de interesse social com layout diferenciado, baseado nos princípios do desenho universal e da sustentabilidade e nos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU na agenda 2030.

Como objetivos específicos têm-se:

- Criar um projeto de acordo com as normativas de habitação de interesse social;
- Analisar os esforços internos, métodos construtivos tendo o bambu como matéria prima principal;

- Construir um protótipo de uma parede de 60 x 60 cm e observar a viabilidade da utilização de materiais como bambu, EPS e lã de PET.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

É inerente dizer que, o ser humano já não mais domina a natureza e as suas necessidades estão cada vez maiores, e não diminuindo devido sua própria falta de responsabilidade para administrar e usar os recursos esgotáveis de maneira consciente.

Tal realidade também é presente na construção civil internacional e de forma mais intensa no Brasil, já que grande parte das edificações que se promove no país segue o modelo tradicional, o uso de tijolos e elementos feitos com concreto, que implica em uma série de resultados ruins e nada promissores para o futuro nacional. A maior consequência desse método é a alta quantidade de resíduos de obra, sendo eles reutilizáveis ou não, e excesso de poluição causada por esses materiais, além do alto valor monetário agregado a construções, devido ao custo da matéria-prima, bem como do excesso de materiais para cobrir as perdas.

O aumento dos resíduos se deve a extrema necessidade de construir residências, uma vez que tal carência acompanha o crescimento populacional. Assim se tem a construção de moradias que acomodem as pessoas ausentes de um lar, que são formalmente chamadas de habitação de interesse social. Dessa forma o Brasil tem entrado nesse círculo vicioso, causando a própria destruição do ambiente urbano fomentado ao longo desses anos.

A presente pesquisa tem sua importância ao fato de querer promover uma revisão a esse modelo tradicional de construção, bem como melhorá-lo a ponto de trazer um real desenvolvimento sustentável ao Brasil somado ao atendimento de moradias a todos que necessitam e deseje viver esse novo estilo de vida. Para que seja garantido um desenvolvimento social, econômico e ambiental da camada social urbana, bem como a viabilização das residências verdes, democratizando o acesso a esse novo estilo de vida.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os conceitos apresentados a seguir, fundamentam esta pesquisa científica e estabelece uma base para o desenvolvimento do projeto, objetivo principal deste trabalho.

### 2.1 GREEN BUILDING E AGENDA 2030

Em tradução livre, construção verde, tendo como objetivo um olhar mais atento a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável nas edificações. Esse olhar é feito a partir de recém-criados sistemas, que utilizam análise e revisão de dados e equipamentos, afim de garantir menor impacto; redução de uso de matérias primas esgotáveis e outras ações.

A construção verde é um tema recente, porém sua base é antiga, já que ela é fomentada pelo desenvolvimento sustentável, ideia que é estudada e divulgada desde os anos 90 pela ONU. Dessa forma a construção verde em resumo é o retorno de ideias e práticas que foram abandonadas por grandes edifícios, bem como seus produtores e usuários.

No Brasil as construções sustentáveis têm sido fomentadas pela ONG (Organização não governamental) GBC (Green Building Council)<sup>2</sup>, uma organização internacional que tem por objetivo promover esses novos conceitos a partir de um sistema de certificação chamado LEED<sup>3</sup> (Leadership in Energy and Environmental Design). Vale lembrar que essas certificações assim como o GBC estão presente em mais de 160 países. (GBC, c2019)

Esse sistema avalia por exemplo: o uso racional da água; a utilização de água da chuva; a eficiência; o uso de transportes; o uso de materiais alternativos e outras características. A avaliação é feita da seguinte forma, quanto mais ações sustentáveis forem empregadas pelo empreendimento ou edificação, maior será a pontuação final e por consequência o certificado, que é dividido em Certified, silver, gold e platinum.

Já a agenda 2030 tem como objetivo buscar fortalecer a paz universal com mais liberdade, a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a

---

<sup>2</sup> Em tradução livre, conselho de construção verde.

<sup>3</sup> Em tradução livre, Liderança em Energia e Design Ambiental.

pobreza extrema. Sendo todos estes itens requisitos indispensáveis para o desenvolvimento sustentável através do cumprimento das 17 ODS (ONU, c2020).

Vale destacar que a agenda também possui um compromisso com o planeta, em protegê-lo da degradação, através do consumo e da produção sustentável, bem como a gestão dos seus recursos naturais e medidas urgentes sobre a mudança climática, para que ele possa suportar as necessidades das gerações presentes e futuras, conforme pode-se visualizar na Figura 1.

Figura 1 – Agenda 2030 e as 17 ODS



Fonte: FIOCRUZ (2019)

## 2.2 A APLICAÇÃO DO BAMBU EM CONSTRUÇÕES

É evidente dizer que, esse tipo de vegetal, ou mais precisamente uma gramínea, tem ganhado notoriedade devido a suas diversas aplicações na construção civil: na estrutura, na arquitetura e no design. Dessa forma se vê necessário o entendimento, de que maneira ele pode ajudar alcançar edificações que sejam enquadradas no green building.

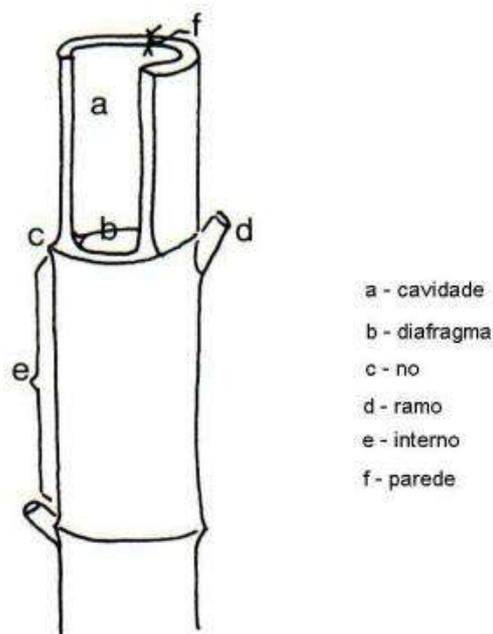
O Bambu, como foi dito anteriormente, é classificado biologicamente como uma gramínea lenhosa que pertence as angiospermas, sendo ele uma árvore - gramínea única no reino vegetal, tendo a função de proteger e restaurar os solos atingidos pelas ações humanas (PEREIRA, 1997).

Essa planta possui uma relevante diferença com a madeira e os seus derivados, segundo Pereira (1997, p. 2):

A madeira, que é largamente utilizada e conhecida no mundo, tem um ciclo de crescimento muito longo, e já se encontra em muitos países restrição ao seu corte. O bambu [...] cresce rapidamente e amadurece em um curto período (3-5 anos) com grande produção. É fácil de se estabelecer uma plantação, que durará muito tempo e produzirá colmos anualmente.

Vale destacar que o colmo do bambu possui uma anatomia biológica bem distinta de qualquer outro vegetal, tais características são possíveis de serem visualizados na Figura 2.

Figura 2- Colmo do bambu



Fonte: Janssen (1988 APUD MOISES, 2007).

Logo, tal característica define o uso dessa gramínea como sendo sustentável, pois atende dois aspectos de extração de qualquer matéria prima: a rápida necessidade de uso, bem como o rápido crescimento para o corte, favorecendo um menor impacto a natureza em longo prazo, por precisar de uma menor área para produzir a mesma quantidade, senão maior que a produção de madeira.

Além do caráter de cultivo e extração, esse vegetal garante a sua utilização por conter qualidades únicas quanto a sua estrutura. Conforme Janssen (2000 apud

Moíses, 2007) as relações de resistência e massa específica; e rigidez e massa específica ultrapassam a do concreto e madeira, podendo ser melhor até que o aço. Tais relações são vistas na sua flexibilidade, maleabilidade, resiliência a tração e compressão.

Segundo ensaios mecânicos efetuados por Ghavami e Marinho (2003) com as seguintes espécies de bambu (*Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara*, *Phyllostachys heterocycla pubescens* (Mosó) e *Phyllostachys bambusoides* (Matake), tendo como objetivo o mapeamento de propriedades físicas, por exemplo, resistência a compressão e tensão na superfície dos colmos.

A resistência a compressão variou de forma substancial de 38 MPa<sup>4</sup> até 75 MPa, entre as espécies testadas. A espécie *Bambusa Oldhamii* e *Bambusa Tulda*, possui a maior resistência acima de 70 MPa. Já nas tensões superficiais foram obtidos valores que variaram 75 MPa. Já para a resistência a tração, houve uma ligeira variação de 102 MPa a 125 MPa, tendo que todos os corpos de prova eram com nós. (CARBONARI et al, 2017).

### 2.3 USO DO BAMBU NO BRASIL

Há no mundo a existência de 1300 espécies de bambu, o que rapidamente demonstra a facilidade de cultivo assim como a resistência desse vegetal aos mais variados tipos de clima. No Brasil há cerca de 258 espécies nativas e exóticas sendo a maioria endêmicas, o que torna o nosso país líder de ocorrência entre as Américas (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

No Brasil existem três espécies principais que são utilizadas para a construção e seus derivados. Segundo a International Network for Bamboo and Rattan<sup>5</sup> (RAO, RAO & WILLIAMS, 1998). A espécie *Dendrocalamus giganteus*, conhecido como bambu gigante ou bambu balde, possui altura entre 24 a 40 metros, seu diâmetro varia de 10 a 20 centímetros, suportando climas tropicais e subtropicais suportando temperatura mínima de -2°.

A segunda espécie é a *Guadua angustifolia*, chamado de Taquaruçu a, tendo altura média de 30 metros, com um diâmetro de até 20 centímetros, sua capacidade de

---

<sup>4</sup> Unidade utilizada para medir pressão, significa mega pascal. Pascal é igual a 1,01 x 10<sup>5</sup> atm.

<sup>5</sup> Em tradução livre,

resiliência está em climas tropicais, por aguentar até a temperatura mínima de  $-2^{\circ}$  (RAO, RAO & WILLIAMS, 1998).

O terceiro tipo de bambu é o *Phyllostachys heterocycla pubescens*, que possui uma altura varia de 10 a 20 metros, seu diâmetro é de 18 centímetros (RAO, RAO & WILLIAMS, 1998). São elas da esquerda para a direita, respectivamente, na Figura 3.

Figura 3 - Principais espécies de bambu empregadas na construção civil



Fonte: Moizés (2007).

Ainda que, o bambu nacional não seja tão famigerado dentro do próprio território, a disseminação de construções que utilizam ele como material alternativo tem alavancado sua produção em todo o Brasil.

Segundo pesquisas da EMBRABA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) no estado do Acre a produção do bambu, que antes era visto como uma praga pelos moradores de alguns assentamentos locais, tem se tornado uma ótima fonte de renda alternativa. Já que o bambu “selvagem” é de fácil acesso na região amazônica.

O pesquisador da EMBRABA, Elias Miranda, junto da sua equipe e população conseguiu observar o comportamento de crescimento e reprodução do bambu, concluindo que é possível uma extração regular dos colmos de uma mesma raiz em até 30 anos. Levando em conta sua capacidade de brotação, bem como as técnicas corretas para a manutenção dessa produção alternativa (EMBRAPA, 2018).

O mercado brasileiro de bambu ainda está em expansão nos mais diversos setores econômicos nacionais. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Bambu, há no Maranhão 22 mil hectares destinados à produção de biomassa para

geração de energia para o setor industrial, principalmente cervejarias e cerâmicas. (EMBRAPA 2018).

Ainda há na Paraíba e Pernambuco, 15 mil hectares com plantações de bambu destinadas à produção de celulose e papel para embalagens para cimento. Já, São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Bahia e Paraná investem em cultivos comerciais com foco na produção de painéis, broto e fitocosméticos (EMBRAPA, 2018).

Assim fica exposto que, no Brasil o uso e produção do bambu em larga escala é possível, permitindo o desenvolvimento de pequenos a grandes produtores rurais, como também de novos produtos que se enquadrem na construção sustentável e no desenvolvimento sustentável.

#### 2.4 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

Habitação de interesse social são moradias fomentadas por políticas públicas ou privadas, que tem por princípio a distribuição de residências a segmentos sociais de baixa renda, isto é, famílias que não conseguem adquirir uma casa por conta própria.

No Brasil essa questão ganhou notoriedade com o avanço da urbanização que se iniciou na década de 60. O processo urbanístico consiste na mudança da população do campo para a cidade, contudo esse deslocamento de massa permaneceu por muitos anos gerando duras consequências, principalmente para a massa dos deslocamentos mais recentes, visto que a ausência de habitações é evidente.

Conforme Abiko (1995) ao olhar para os anos anteriores a urbanização, por exemplo em 1940 a população brasileira vivia na sua maioria no campo em torno de 2/3, enquanto na cidade era de 1/3. Já em 1965, período do início do êxodo rural, tanto o campo como a cidade possuíam metade da população.

A necessidade da criação de habitações sociais se deu por do crescimento urbano, bem como pelo déficit criado pelo processo urbanístico. Esse problema foi possível de ser visto em todo o mundo, bem como no Brasil.

No mundo a tentativa de resolução desse déficit começou no século XVIII em meio a revolução industrial, especificamente na Grã-Bretanha na qual havia uma massa de trabalhadores, resultado do expressivo êxodo rural, que precisavam de local para descansar, sendo eles postos próximo as fabricas (BARON, 2011 apud SANTOS; SILVA; SILVA, 2018)

O Brasil teve suas políticas públicas iniciadas no final do século XIX e início do XX. Atualmente existem dois programas ativos Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) de 2007, e o Programa Minha Casa Minha Vida de 2009 (SANTOS; SILVA; SILVA, 2018). Contudo, desde o início dessas ações públicas, nenhuma conseguiu gerar uma contramedida que sanasse completamente esse problema, devido a falhas construtivas, problemas de corrupção, falta de planejamento e outros.

Hoje como esse problema ainda não foi resolvido de forma definitiva, tem surgido mais uma tentativa de solucioná-lo com o uso da sustentabilidade. Basicamente é a agregação de técnicas sustentáveis para baratear não só a construção em massa das habitações de interesse social, como também deixar a sua manutenção mais baixa, permitindo um aumento no número de pessoas abrigadas de forma adequada, e esse processo tem se intensificado no Brasil.

Muito já se estudou e tem sido estudado sobre o uso do bambu e outros materiais alternativos para tal realização, levando em conta suas características físicas e mecânicas; sua disponibilidade no território nacional; as várias maneiras de serem aplicados na construção civil. Tendo assim uma contramedida eficaz e duradoura para essa questão.

## 2.5 CONCEPÇÃO DO PROJETO

É sabido que desde os tempos mais remotos o ser humano tenta replicar as formas que ele observa na natureza, podemos de uma maneira bem simplificada e limitada dizer que a roda surgiu, devido o homem pré-histórico observar formas próximas ao círculo em seu entorno, assim como o triângulo que hoje é a forma geométrica básica para a conceituação da geometria e outras áreas da matemática, bem como a de diversos tipos de construções como pontes com treliças.

O presente projeto foi constituído a partir de observações da natureza como a humanidade pré-histórica fez. A base de modelo e inspiração foi as abelhas e suas colmeias com favos formato hexagonal, pode se dizer que dois principais aspectos proporcionaram esse olhar mais atento a elas: i) A relação de comunidade que a forma hexagonal dos favos proporciona e ii) A eficiência de usabilidade de área que o hexágono possibilita, vale dizer que foi dessa forma também que o projeto recebeu o seu nome, FAVO DE MEL.

A eficiência de usabilidade de área pode ser explicada por uma simples razão entre áreas. Para uma melhor comparação vamos considerar o quadrado, o triângulo regular, ou ainda equilátero e o hexágono. A eficiência da usabilidade de área segundo Paralysis by Analysis (2013) como:

$$n = \frac{\Delta_{\text{circulo}}}{\Delta_{\text{poligono}}} \quad (1)$$

A circunferência estará inscrita aos polígonos e quando maior o  $n$  mais eficiente sera a área do polígono, como ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Eficiência da usabilidade de área

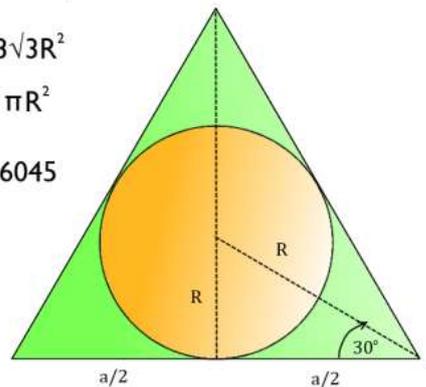
Triângulo Equilátero

Paralysis by Analysis

$$A_{\Delta} = 3\sqrt{3}R^2$$

$$A_{\circ} = \pi R^2$$

$$\eta \cong 0.6045$$



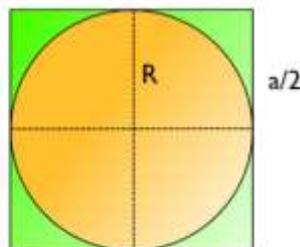
Quadrado

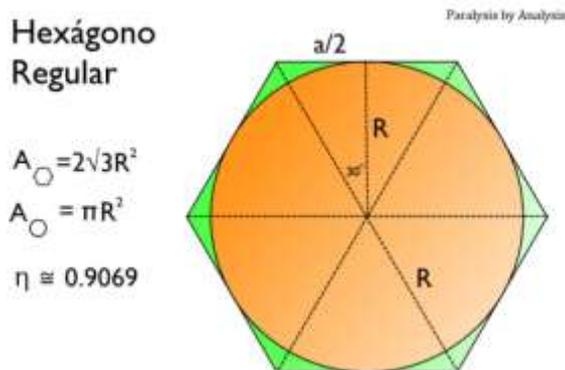
Paralysis by Analysis

$$A_{\square} = 4R^2$$

$$A_{\circ} = \pi R^2$$

$$\eta \cong 0.7854$$





Fonte: Paralysis by Analysis (2013)

Assim o uso do hexágono entre os polígonos regulares é o polígono com maior eficiência de usabilidade de área.

## 2.6 A PLANTA TIPO

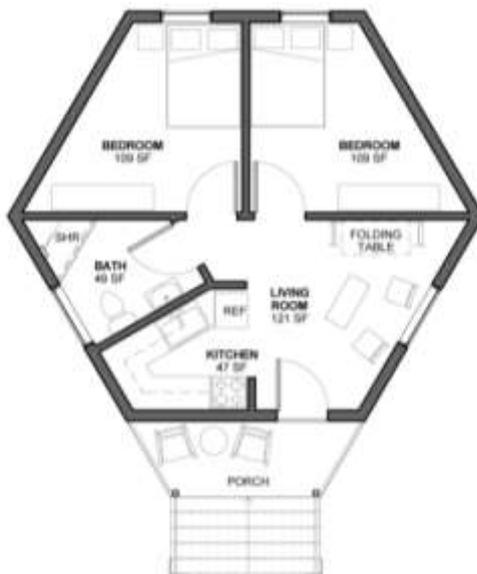
A planta do projeto favo de mel foi construída com o objetivo de atender as necessidades de uma habitação de interesse social, bem como maximizar o uso do polígono hexagonal em um layout que disponibilizasse conforto, design arquitetônico diferenciado e alto custo-benefício.

Pela dificuldade de se encontrar plantas semelhantes que pudessem ser utilizadas como modelos de inspiração foi utilizado a planta da HEX HOUSE uma casa projetada com custos baixos pelo Architects for Society, grupo de arquitetos sem fins lucrativos criados em 2015 em Minnesota nos Estados Unidos (ARCHITECTS FOR SOCIETY, c2016), para imigrantes refugiados.

A casa como o nome diz tem formato hexagonal e a possui 40 metros quadrados e é feita com estrutura e painéis de aço revestido com espuma, que podem ser empacotados e transportados com relativa facilidade, para então serem montados em cima de uma laje de concreto. O modelo tem uma durabilidade de 15 a 20 anos e um custo estimado entre US\$ 15 mil e US\$ 20 mil (ou de R\$ 52,9 mil a R\$ 70,5 mil). (MCKNIGHT, 2016).

Segundo Menezes (2016) a casa tem dois quartos, uma cozinha, um banheiro, uma sala e uma pequena varanda, que combinadas, elas podem virar casas maiores e ganhar, inclusive, outros usos dentro de uma comunidade. A planta possui um layout diferenciado como visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Planta tipo da HEX HOUSE



Fonte: Architects For Society (c2016)

## 2.7 O DESENHO UNIVERSAL APLICADO AO PROJETO

O desenho universal segundo o Manual de Instruções Técnicas de acessibilidade para apoio ao Projeto Arquitetônico foi criado em uma comissão em Washington, EUA em 1963 (SMPED, c2017), sendo chamado de desenho livre de barreiras, com o intuito de eliminar as barreiras arquitetônicas. Posteriormente foi considerar a diversidade da forma humana a garantir a acessibilidade a todos os componentes do ambiente. Com o objetivo de atender a todos os arquétipos de usuários, bem como atender as suas necessidades foi utilizado os princípios de desenho universal no projeto em questão.

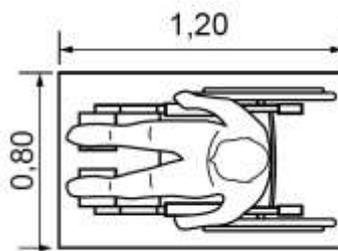
O desenho técnico pode ser dividido em sete princípios que norteiam e facilitam a aplicação dessa metodologia. No manual de Instruções Técnicas de acessibilidade para apoio ao Projeto Arquitetônico (SMPED, c2017, p. 6):

Uso equiparável – para pessoas com diferentes capacidades; Uso flexível – com leque de preferências e habilidades; Simples e intuitivo – fácil de entender; Informação perceptível – comunica eficazmente a informação necessária por meio da visão, audição, tato ou olfato; Tolerante ao erro – que diminui riscos de ações involuntárias; Com pouca exigência de esforço físico; Tamanho e espaço para o acesso e o uso inclusive para as pessoas com deficiência e mobilidade reduzida.

Além do desenho universal, também se utilizou o conceito de acessibilidade da NBR 9050 “Possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a

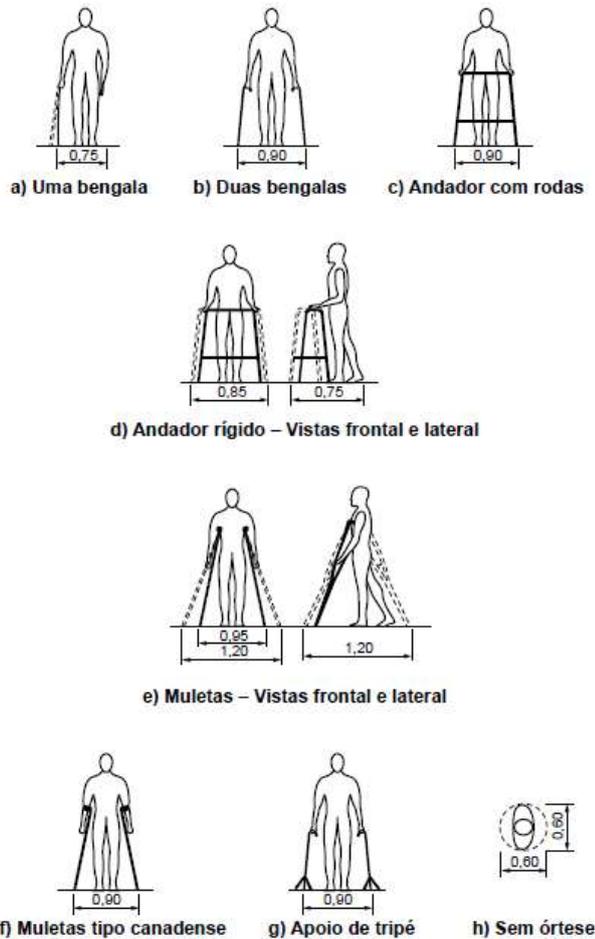
utilização com segurança e autonomia, de edificações, espaços, mobiliários, vias públicas, equipamentos urbanos e transporte coletivo.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). Levando em conta como principal ferramenta para a utilização desse conceito o módulo de referência (M.R.) conforme a Figura 6, além de medidas referenciais para outros padrões antropomórficos como a Figura 7 e 8.

Figura 6 – Módulo de Referência



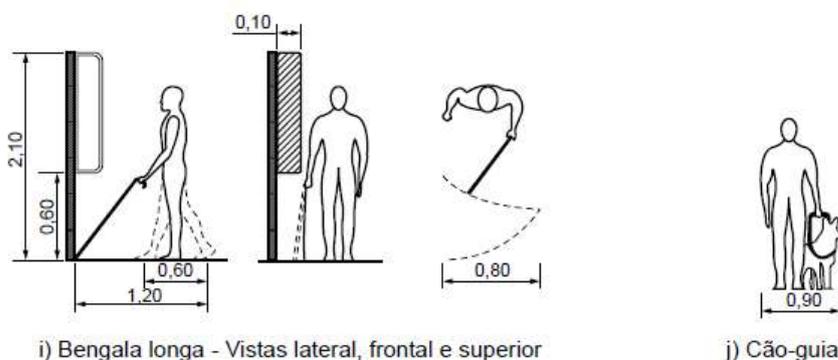
Fonte: ABNT (2015)

Figura 7 – Outros parâmetros antropomórficos



Fonte: ABNT (2015)

Figura 8 – Outros parâmetros antropomórficos



Fonte: ABNT (2015)

## 2.8 CÓDIGO DE OBRAS DE BAURU E CÓDIGOS DE REGULAMENTAÇÃO APLICADO AO PROJETO

Todo o projeto aqui apresentado foi fomentado utilizando como base o código de Obras da cidade de Bauru, estando presente na lei N° 7.028 de 21 de dezembro de 2017 (BAURU, 2017) e o seu decreto complementar N° 13.711 de março de 2018 (BAURU, 2018). Vale dizer que devido a um dos objetivos principais desse projeto é atender o déficit de moradias de interesse social. Além disso, para atender algumas exigências de construção como áreas de iluminação e ventilação foram utilizadas a NBR 15.575 (ABNT, 2013) e o Código Sanitário do Estado de São Paulo decreto N°. 12.342 de 27 de setembro de 1978 (SÃO PAULO, 1978).

## 2.9 LIGHT STEEL FRAME (LSF)

Segundo Lima (2013) o Light Steel Frame (LSF) é muito semelhante ao DryWall por também ser um sistema construído a seco, porem o Light Steel Frame introduz o reticulado metálico com função estrutural. (LIMA, 2013) O sistema construtivo Light Steel Frame foi introduzido no mercado nacional no final da década de 90 e sendo reconhecido e regulamentado pelo Ministério das Cidades através da Diretrizes para Avaliação Técnica de produtos. A definição de Light Steel Frame segundo as diretrizes SINAT (2016) é: 'Sistemas construtivos cuja principal característica é ser estruturado por perfis de aço zincado conformados a frio, com revestimento metálico, e fechamentos em chapas delgadas'.

O sistema LSF já é utilizado em outros lugares do globo como EUA com o Light Gauge Steel Frame, no Canadá com o Lightweight Steel Frame e até no Japão (LIMA, 2013). Assim podemos dizer que o Brasil foi um dos últimos países em desenvolvimento a aplicar e reconhecer essa técnica como um método construtivo, não mais como um sistema simplesmente inovador.

### **2.9.1 Normas e diretrizes para a aplicação do LSF**

Como o LSF é construído utilizando perfis de aço formados a frio zincado por imersão a quente ou com revestimento de alumínio, além de serem fixos com diferentes tipos de parafusos como autobrocantes ou os de autoatarraxamento (LIMA, 2013). Além de o LSF ser um sistema recente utiliza-se uma série de especificações e normas, as quais podemos destacar algumas como: ABNT NBR 6355:2012 – perfis estruturais formados a frio – Padronização; ABNT NBR 14715:2010 – Placas de gesso para dry wall; ABNT NBR 14810:2006 – Chapas de Madeira Aglomerados – Requisitos; P 003/2016 – Revisão 2 - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (*Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”*) e muitas outras normas.

### **2.9.2 Materiais usados no LSF**

Como todo sistema construtivo, o LSF possui subsistemas que o compõe a sua formação entre eles podemos citar: Subsistemas estruturais, o subsistema de vedação que contém os subsistemas de revestimento; subsistema de piso e cobertura.

Todos esses subsistemas possuem materiais que são ditos como ideias para que o LSF seja empregado de forma correta e a garantir o máximo desempenho do sistema construtivo.

No subsistema estrutural é utilizado reticulado de perfis de aço zincado. Esses perfis são fomentados utilizando a ABNT NBR 10735:1989, NBR 7013:2003 e NBR 7008:2012, vale destacar também que a resistência ao escoamento desses perfis deve ser igual ou maior a 230 MPa, conforme diz a ABNT NBR 6673:1981 (LIMA, 2013).

O subsistema de vedação como o nome diz, veda a região existente entre os pilares e as vigas e no caso do LSF se terá um sistema de vedação externa e um interno.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 173):

Toda pesquisa implica o levantamento de dados de variadas fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas. Esse material-fonte geral é útil não só por trazer conhecimentos que servem de *back-ground* ao campo de interesse, como também para evitar possíveis duplicações e/ou esforços desnecessários; pode, ainda, sugerir problemas e hipóteses e orientar para outras fontes de coleta.

Assim fica evidente que para qualquer pesquisa científica o levantamento de dados, ou ainda, revisão bibliográfica, é primordial para o desenvolvimento de uma fundação sobre o tema de interesse. Já que, a pesquisa teórica é um dos passos iniciais e de extrema importância, para a exploração e a observação das lacunas existentes nas pesquisas já feitas anteriormente.

Podendo ser destacado, que tal atividade nessa presente pesquisa será feita através de publicações de livros, artigos e periódicos científicos disponíveis em portais e bancos de dados via internet.

Além do levantamento de dados, via documentação indireta, sendo de fontes secundárias em sua maioria, também se tem como técnica a pesquisa em laboratório. Tal método tem como premissa a verificação de fatos e a obtenção de dados em ambientes ou cenários controlados, para que se tenha uma maior precisão e exatidão (MARCONI; LAKATOS, 2003)

A aplicação da pesquisa em laboratório é necessária uma vez que, um dos objetivos dessa pesquisa exige o estudo e análise de ensaios mecânicos nas estruturas que serão fomentadas com o bambu, por exemplo: os esforços internos nas vigas, e métodos construtivos que favoreçam o desenvolvimento das construções verdes, relações de compressão e tração em sistemas de pórticos e outros.

Outro objetivo dessa pesquisa é a criação de um projeto para habitação de interesse social com layout diferenciado, baseado nos princípios do desenho universal e da sustentabilidade e nos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU na agenda 2030. Além disso, a produção de protótipo de parede semelhante ao dry wall com dimensões 60 cm x 60 cm, em que será utilizado o bambu, materiais reciclados como isopor (EPS) e garrafa PET, concreto ecológico (CP III) e placas de madeira compensada reutilizada. Tendo por base os estudos citados acima, bem como

os já realizados por outros autores, conceitos e práticas que tem sido fomentado pelo green building.

A viabilização dessa planta, bem como a construção levando em conta todos esses equipamentos e técnicas ditas verdes, também fazem parte dessa presente pesquisa. Tal viabilidade será feita com a análise do custo de construção, tendo por base o custo do bambu, as garrafas PET, o EPS e o compensado reciclado, e implantação.

O desenvolvimento dessa pesquisa, bem como seu objetivo final está intimamente ligado a uma ação intervencionista, isto é, ao emprego de uma pesquisa pratica. Dado que todos os estudos feitos desde o planejamento até a futura execução se tenham, por fim a democratização ao acesso de moradias a população de baixa renda com o uso de tecnologias que possam agregar vantagens do desenvolvimento sustentável, como também a mudança de mentalidade quanto a importância desse recente tema.

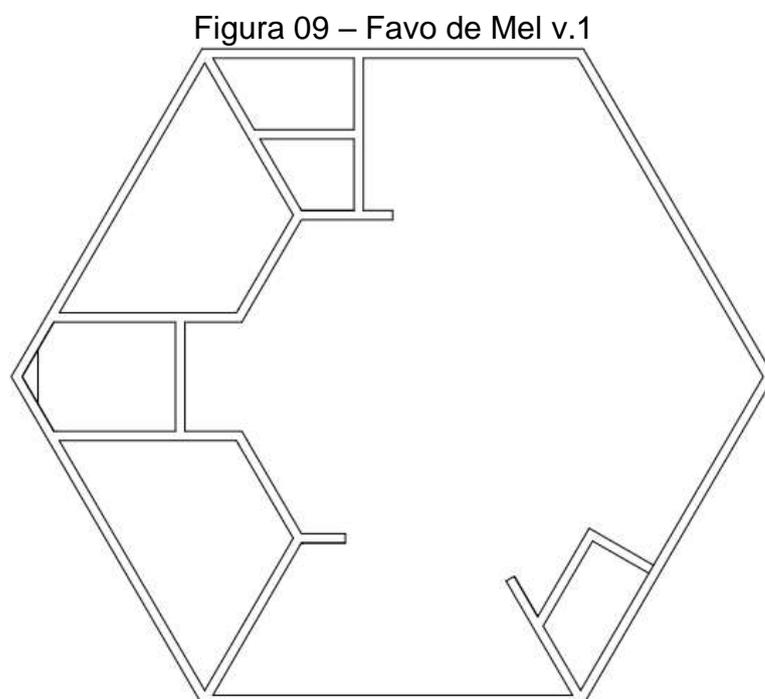
## 4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Neste tópico, serão apresentados o projeto arquitetônico desenvolvido e a estrutura base com bambu.

### 4.1 A PLANTA FAVO DE MEL

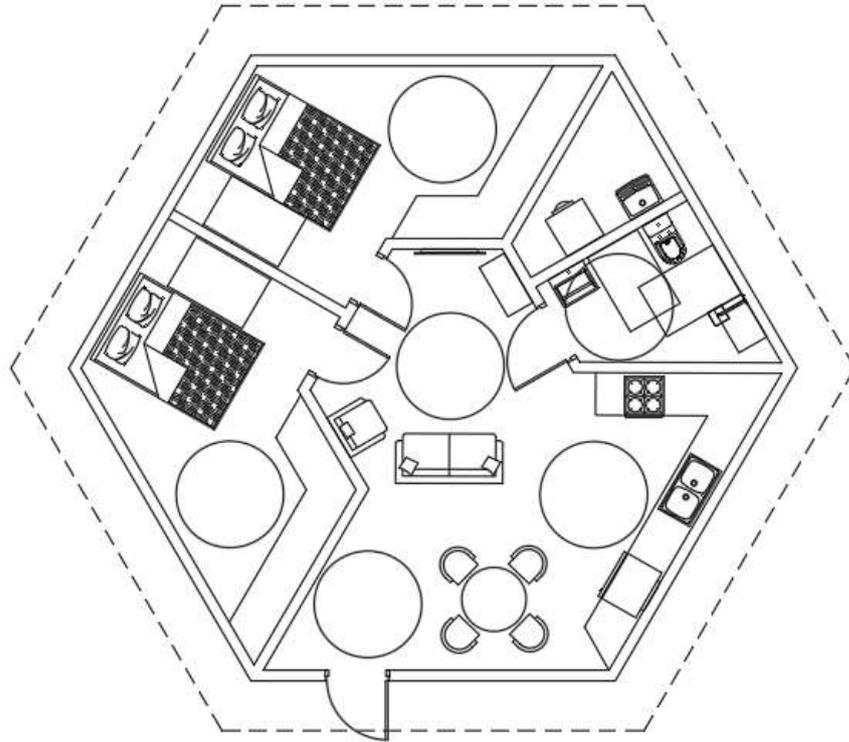
Como dito anteriormente na fundamentação teórica todo o projeto arquitetônico da planta Favo de Mel foi construído com base na planta Hex House, projeto desenvolvido pelo Architects for Society. Além de utilizar como software base o AutoCAD e o Revit para a execução da planta executiva, bem como o projeto em 3D, ambos fazendo parte do sistema BIM.

A planta Favo de Mel até o presente momento está em sua terceira versão, devido à dificuldade de se estabelecer as dimensões dos ambientes segundo as normativas nacionais, bem como fazer da planta um ambiente segundo os princípios do desenho universal, o que por consequência garante o acesso à acessibilidade, como pode ser visto na Figura 09 e 10.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Favo de Mel v.2

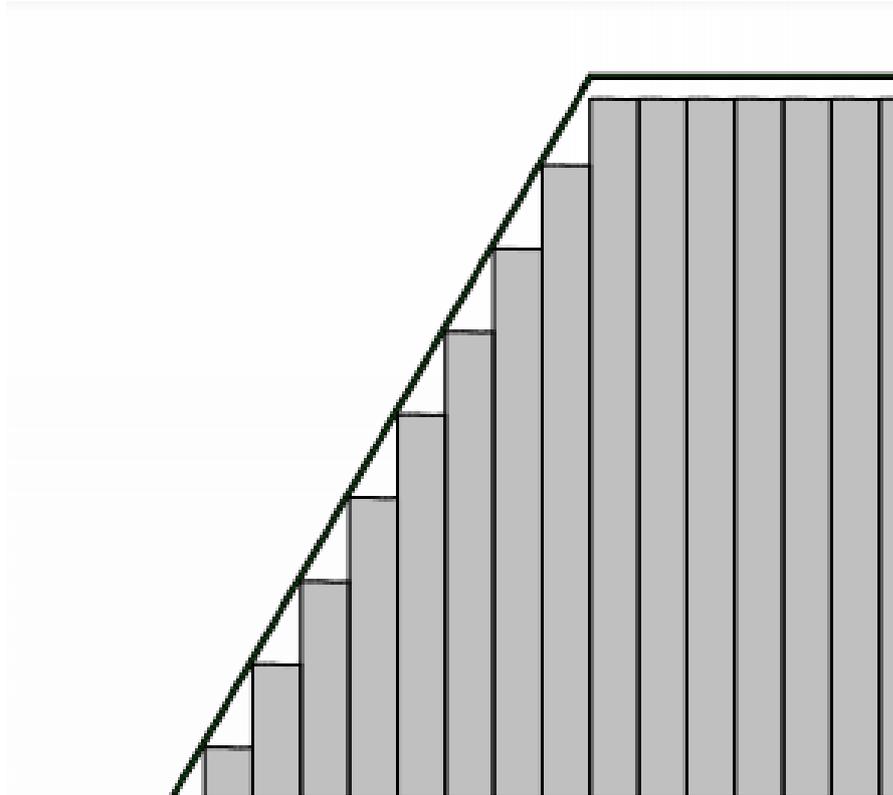


Fonte: Elaborado pelo autor

Com o layout definido teve-se então outros desafios a serem enfrentados, principalmente no que diz respeito ao uso de algumas ferramentas no software Revit, devido a planta ter um formato incomum. O primeiro desafio foi a aplicação do revestimento externo de bambu e do forro de bambu, uma vez que a função de automatização para a aplicação não foi feita de maneira adequada, assim teve-se que criar diferentes grupos de elementos, cada qual com uma configuração distinta, para que visualmente fosse atendido as necessidades.

O segundo desafio foi conseguir utilizar a ferramenta de soluções automáticas do Revit para coberturas, uma vez que o projeto tem-se a necessidade de se ter uma cobertura simples que garanta eficácia e eficiência no que diz respeito ao custo. Mesmo com uma serie de estudos para melhor aplicar o software, ainda existe pequenas falhas que podem ser resolvidas com o uso de outros softwares ou outras ferramentas, como pode ser visto na Figura 11.

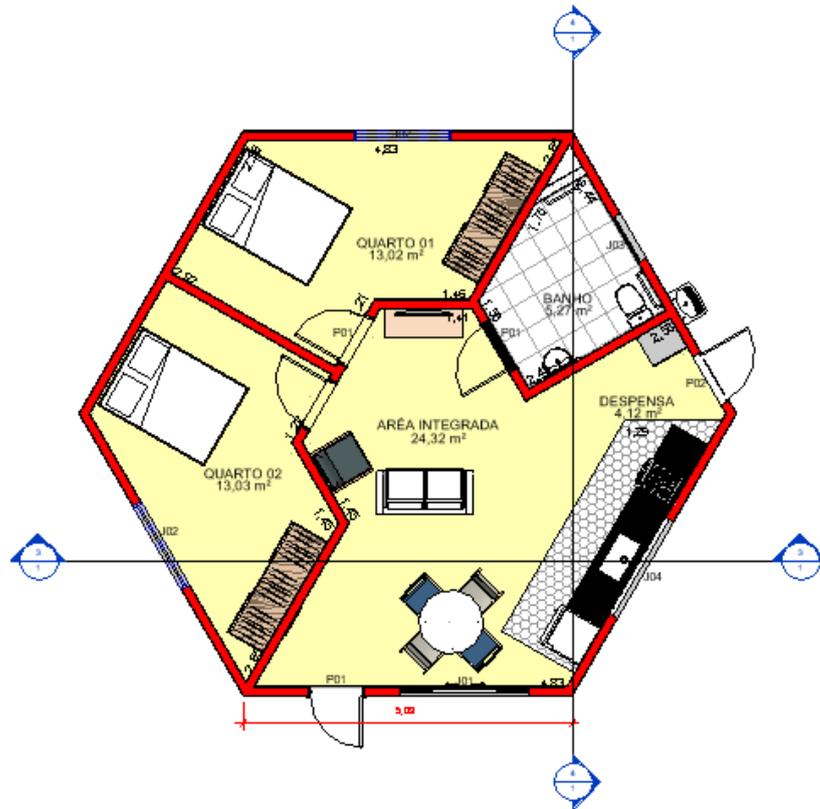
Figura 11 – Detalhe da cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor

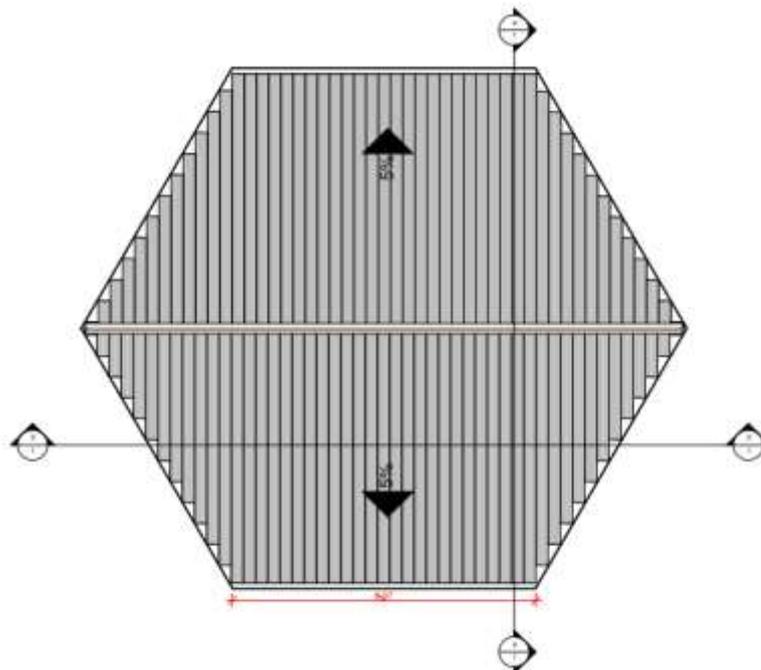
Como pode ser observado, não houve um recorte adequado no trecho final das telhas e a borda da cobertura. A seguir tem se todas as plantas finalizadas da Favo de Mel nas Figuras 12,13, 14, 15,16 e 17.

Figura 12 – Planta Tipo



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 13 – Planta Cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura14 – Corte Longitudinal



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 – Corte transversal



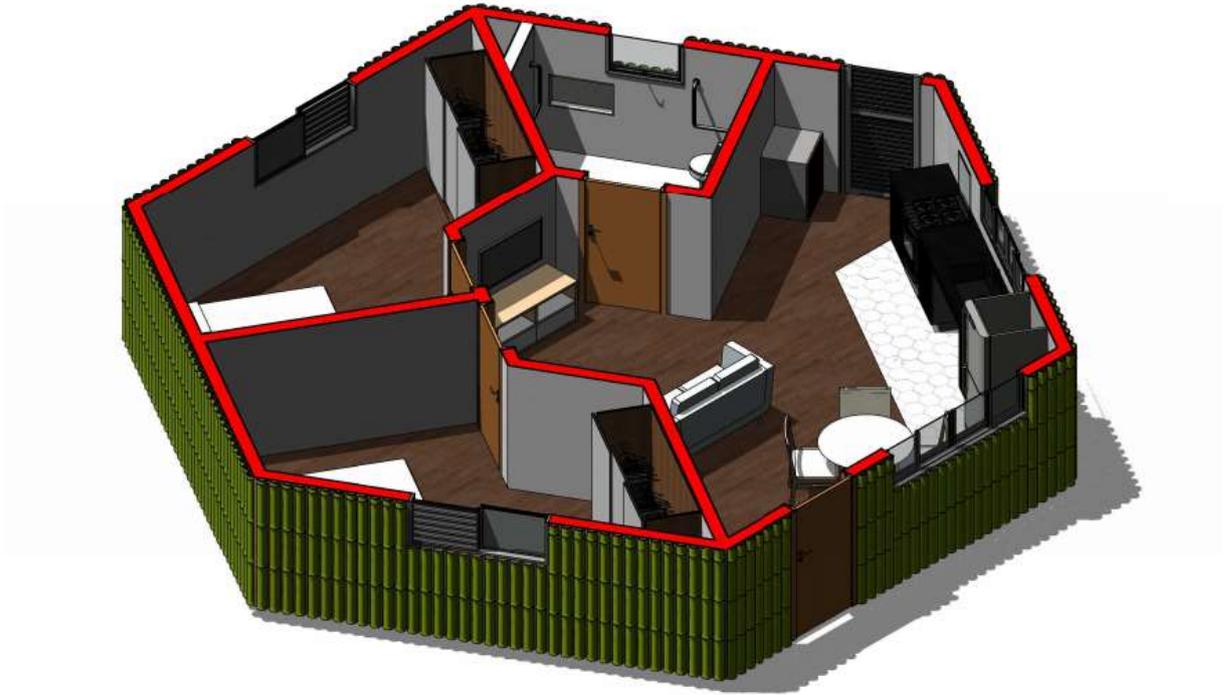
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Fachada



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17 – Planta humanizada

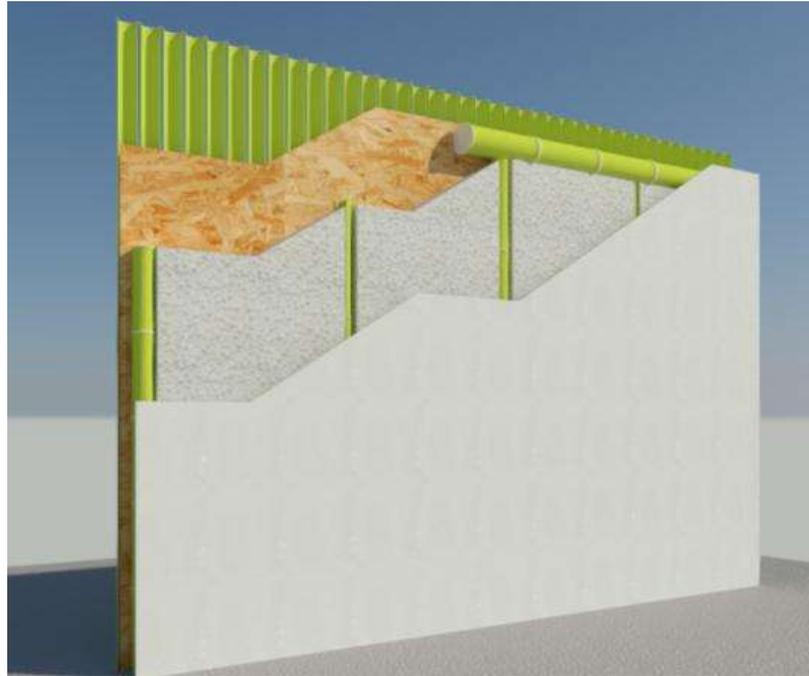


Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2 DESENVOLVIMENTO DO LBF

A ideia proposta é utilizar o bambu no lugar dos perfis de aço, podendo se assemelhar ao LWF (Light Wood Frame), em natura, isto é, seriam utilizados os bambus na sua forma natural, assim tendo o nome Light Bamboo frame, como pode ser visto na Figura 18. Tendo os perfis principais com a cana inteira do bambu, e meia cana no exterior como revestimento.

Figura 18 – LBF com o bambu em natura



Fonte: elaborado pelo autor

Teve-se uma outra proposta que se adequaria de maneira muito mais eficaz e eficiente, principalmente no que diz respeito a parte prática, ou seja, a execução do projeto. Dado que, o método do Steel Frame exige precisões milimétricas para que a sua utilização seja próxima da perfeita, assim nessa nova proposta se teria a substituição do bambu em natura pelo bambu laminado, que pode ser visto na Figura 19 .

Figura 19 – Bambu laminado colado



Fonte: Intectural

Porém, após conversas com profissionais e estudantes de doutorado do uso do bambu em construções, foi verificado que o bambu laminado colado, ainda é um produto caro e de difícil acesso, principalmente pelo fato de que o desenvolvimento das tecnologias responsáveis pela produção dessa peça são quase inexistentes no Brasil, assim fugindo da proposta principal dessa presente pesquisa que é produzir uma habitação social com conceitos do green building mantendo o seu custo final baixo. Desta forma, optou-se pela proposta original que une os dois principais temas dessa presente pesquisa de forma mais completa.

Quanto à construção do modelo do LBF, como dito anteriormente foi baseado no método de construção do LSF, que é um método industrial de painéis pré-fabricados, o que garante qualidade e rapidez no processo de execução (ESPAÇO SMART, c2021). Vale dizer que diferentemente dos perfis de aço, os bambus utilizados no presente modelo, serão utilizados com o colmo inteiro para que se garantam as propriedades mecânicas e, além disso, haverá a necessidade de se selecionar colmos que possuam dimensões semelhantes, uma vez que o corpo do bambu possui pequenas diferenças quanto a sua constituição física.

Segundo Padovan (2010) uma das maiores dificuldades na utilização em larga escala do bambu na construção civil e a conexão entre os elementos estruturais, que são diferentes de ligações que podem ser executadas como no aço e na madeira. Assim nesta presente pesquisa se propõe utilizar a ligação chama de “boca de peixe” com a fixação feita por barras de ferro rosqueada conforme pode ser visto nas Figuras 20, 21 e 22.

Figura 20 – Ligação entre os elementos de bambu



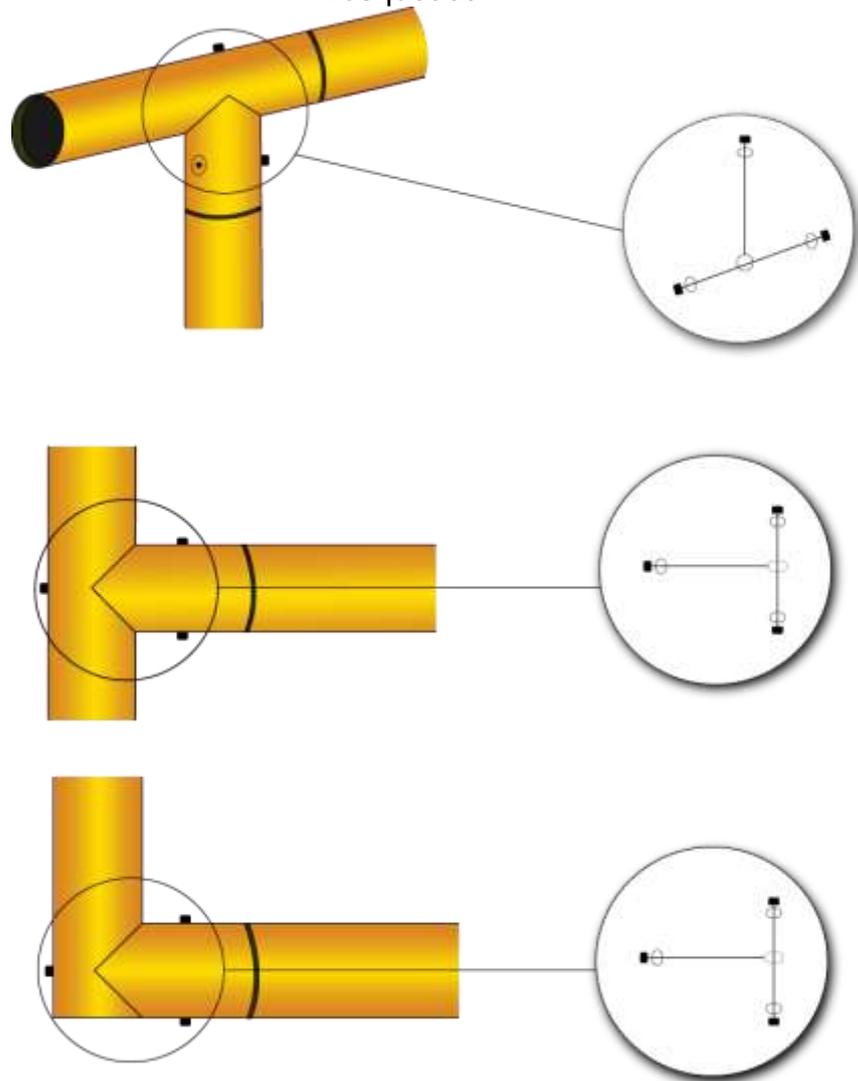
Fonte: Archdaily (2017)

Figura 21 – Ligação entre os elementos de bambu



Fonte: Archdaily (2017).

Figura 22 – Ligação entre os elementos de bambu com as barras de ferro rosqueada



Fonte: elaborado pelo autor

Tal ligação entre as peças de bambu não foi possível serem realizadas no software Revit, não se sabe se foi por conta de falta de ferramentas no sistema, ou falta de domínio do autor. Porém foi posto essas figuras acima para promover melhor compreensão da proposta apresentada, bem como elaboração dessa ilustração feita por meio do Adobe Illustrator para demonstrar as ligações do bambu com as barras de ferro.

Levando em conta todas essas informações citadas acima, bem como essas particularidades envolvendo estruturas de bambu, o resultado final do painel pré fabricado com bambu é observado na Figura 23.

Figura 23 – LBF versão final



Fonte: elaborado pelo autor

O LBF tem os elementos estruturais montados em uma espécie de 'quadro' e dessa forma possui configurações de montagem semelhante aos demais. A primeira camada é feita com um revestimento de bambu meia cana, ou seja, cortado ao meio no sentido axial do corpo e painéis de OSB (Oriented Strand Board) ou em português Painel de Tiras de Madeira Orientadas, que tem por função vedar tanto a estrutura como a parte interna da edificação da ação intemperes como água e vento.

A segunda camada, ou camada intermediária, é composta de dois elementos, o frame de bambu sendo o responsável pelo suporte estrutural da edificação e o isopor atuando como material termoacústico dado as suas excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico. A terceira camada, ou camada interna, é constituída de painéis de gesso acartonado, ou drywall, e revestimentos quando existe a necessidade, como é o caso de áreas molhadas.

Após conversas e análises feitas junto de um profissional que trabalha com construções de bambu, foi aconselhado a não utilização dos colmos, ou varas de bambu no lado externo da residência, devido ao fato de que o bambu como a madeira necessita de manutenção periódica para manter a suas conformidades físicas, mecânicas e estéticas e também a sua impermeabilização contra ataques de pragas.

Com essa informação iniciou se a busca por um método já existe de fechamento externo utilizando tanto no LSF como no LWF. Inicialmente pensou se em utilizar um método chamado siding vinílico que pode ser visto na Figura 24 e 25. No entanto a sua utilização ficou impossibilitada, dado que as suas cantoneiras externas possuem 90° e o projeto proposto pela presente pesquisa possui um angulo externo de 120°.

Figura 24 – Sistema Siding Vinílico



Fonte: Espaço Smart (2021)

Figura 25 – Cantoneiras do Siding Vinílico



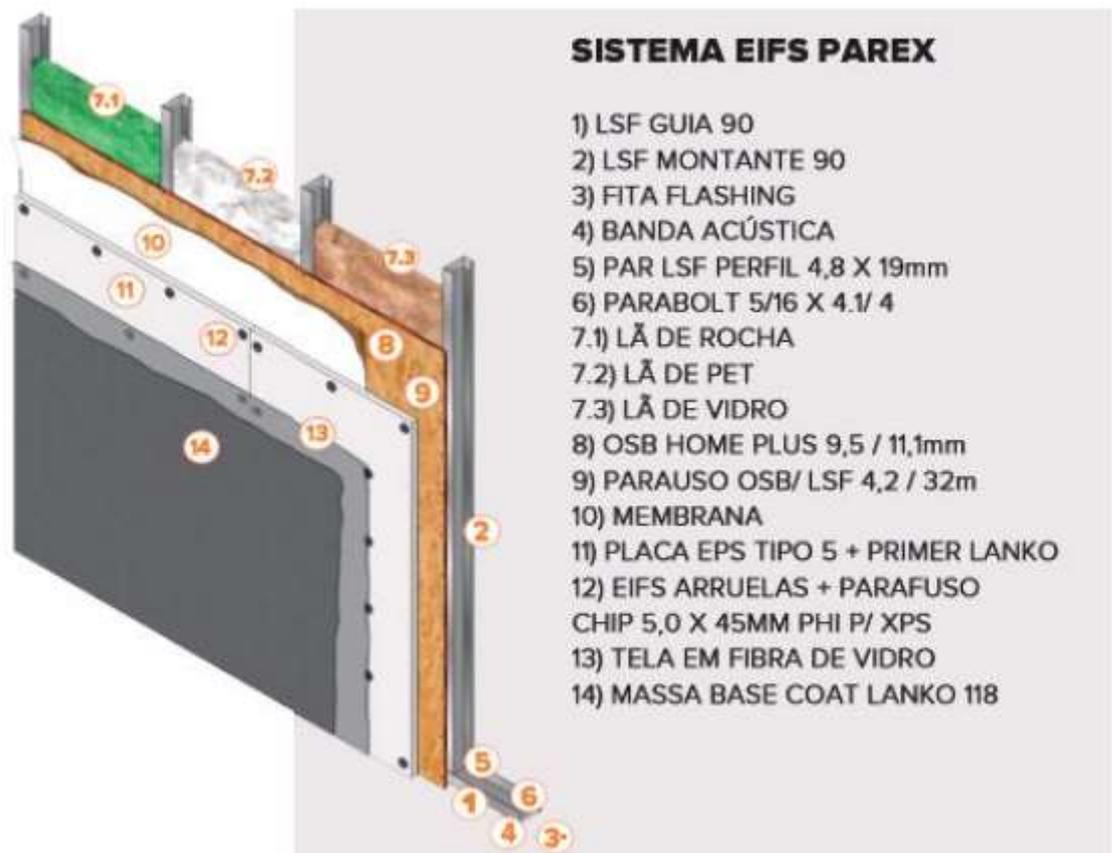
Fonte: Espaço Smart (2021)

A segunda possibilidade analisada é o Sistema EIFS (Exterior Insulation Finish Systems), conforme Figura 26, que possui na sua configuração placas de isopor ou EPS para aumentar o conforto térmico e diminuir a troca de calor do ambiente interno e externo. E uma terceira possibilidade analisada e verificada é a placa Glasroc x, que segundo a Placo, empresa especializada na fabricação de materiais para construção a seco, é uma placa de gesso “glass mat” revestida nas duas faces por véu de vidro e composto polimérico. Tal composição proporciona uma alta resistência à umidade e raios UV, ótima estabilidade dimensional e evita a formação de mofo nas condições mais críticas de uso, que acabou por ser o fechamento externo escolhido, por facilidades ao momento de se quantificar o custo total de elaboração.

Diante disso, a nova configuração do LBF para a Favo de Mel ficou de forma genérica com a seguinte estrutura: A camada externa será feita de Glasroc X, conforme Figura 27, a camada intermediária com as peças estruturais de bambu junto do material isolante térmico acústico, que também por questões de custos foi utilizando a

lã de vidro no lugar das placas EPS, e a camada interna com as placas de Drywall, separadas por ambiente seco e ambiente úmido.

Figura 26 – Composição da placa Glasroc X Sistema EIFS



Fonte: Espaço Smart (2021)

Figura 27 – Composição da placa Glasroc X



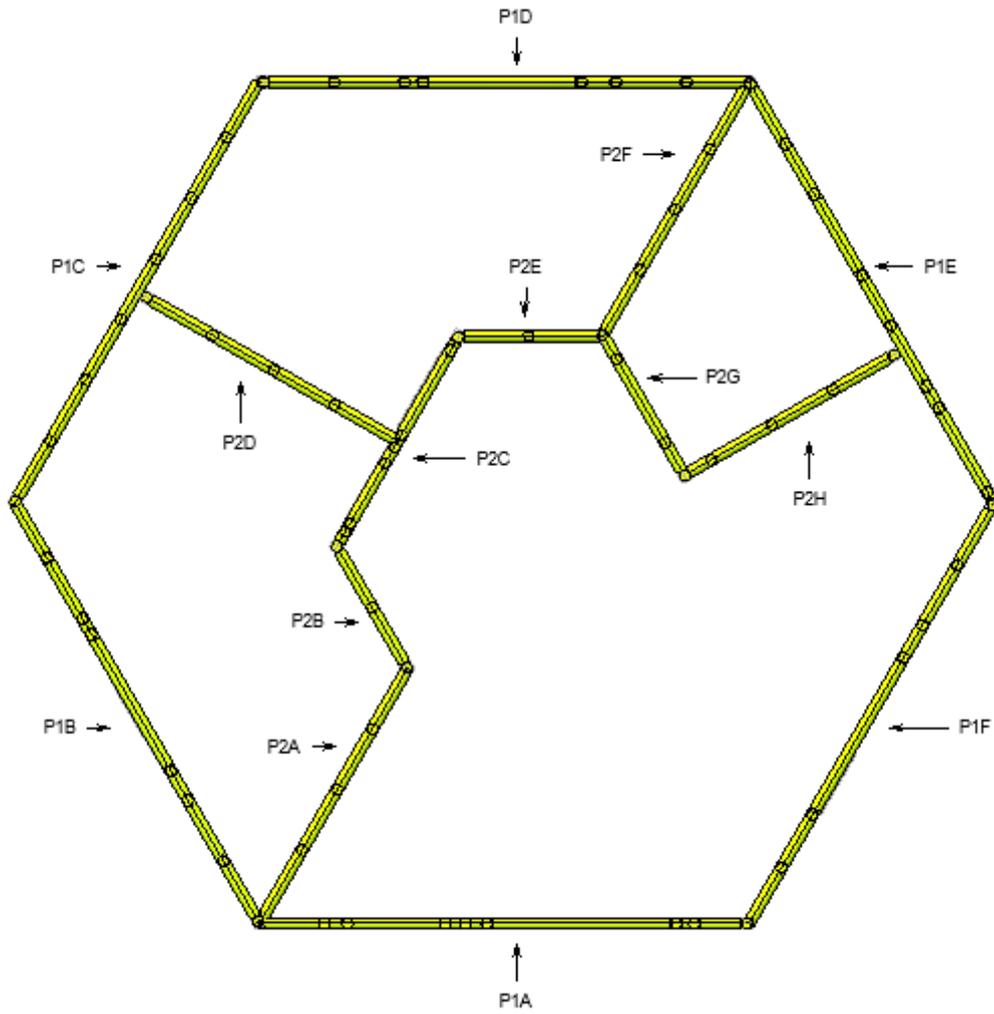
Fonte: Placo (2021)

## 5. COMPOSIÇÃO DOS PERFIS

A fim de se ter um avanço em relação à elaboração do projeto Favo de Mel e ter a possibilidade da construção da residência ao fim da graduação, foi-se projetado os perfis e painéis para cada parede da edificação seguindo as indicações do projeto arquitetônico. Para uma melhor compreensão de como cada painel será feito, tem-se então um projeto detalhado não só da planta baixa, mas também uma elevação para cada painel, seguindo uma lógica de preparação e montagem.

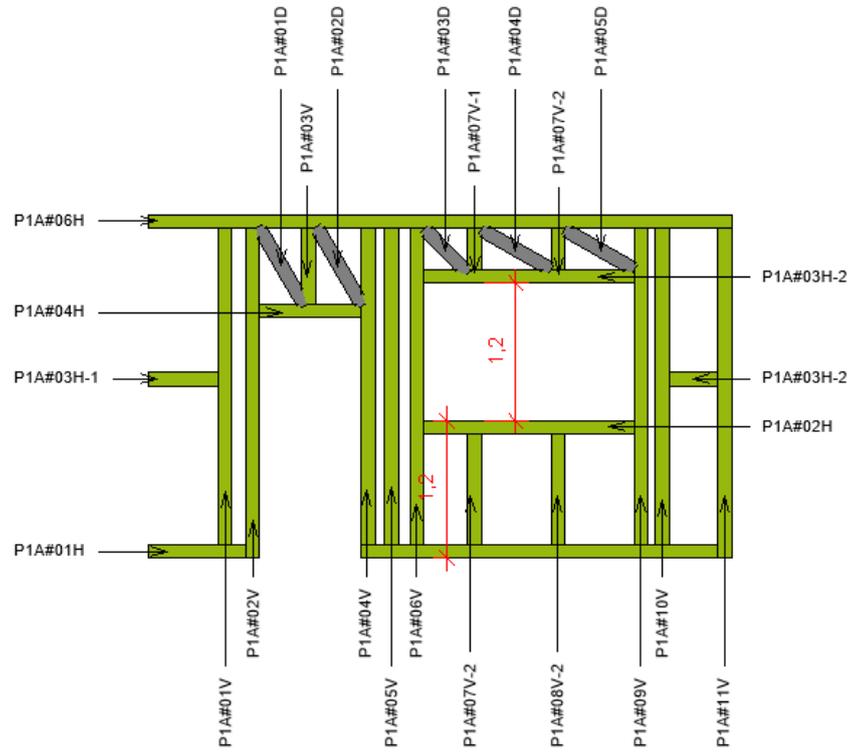
Vale destacar que, cada painel possui uma nomenclatura baseada na sua localização, isto é, se é externo ou interno, sendo o primeiro tem se a seguinte nomenclatura '1\_', já o segundo tem se o seguinte nome '2\_' e posterior a letra que por fim identifica o painel. No projeto Favo de Mel conta com 14 painéis, sendo 6 externos, tipo P1\_, e 8 internos tipo P2\_. A seguir tem-se a planta baixa bem como as elevações de cada painel de forma detalhada, para uma melhor compreensão desse processo, nas figuras.

FIGURA 28 – COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS



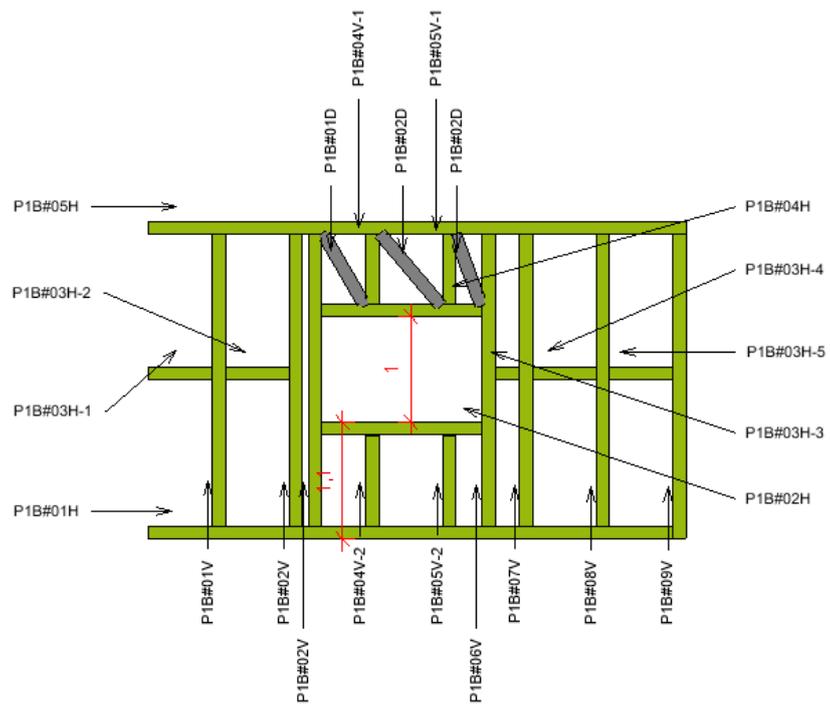
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 29 – PAINEL P1A



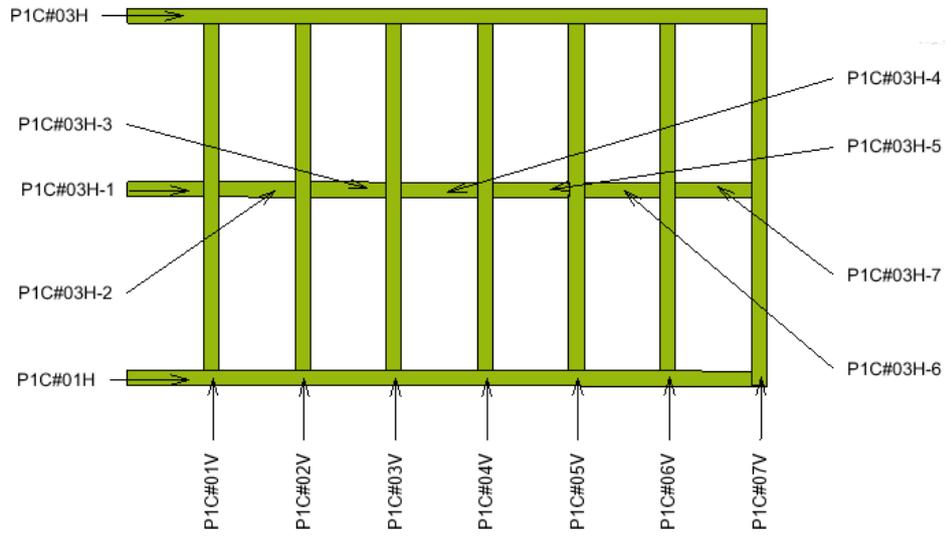
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 30 – PAINEL P1B



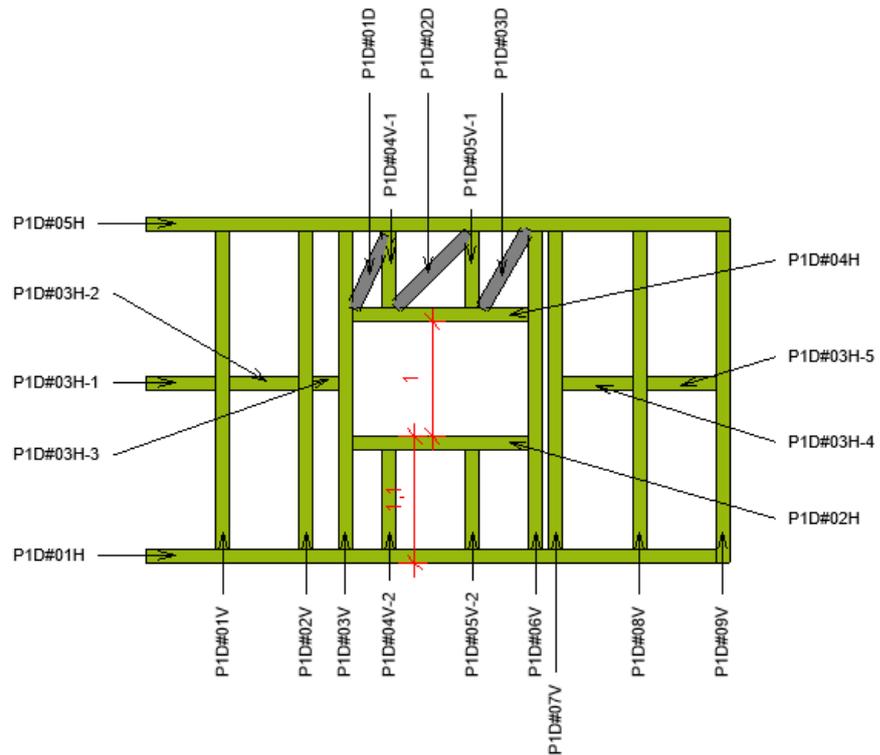
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 31 – PAINEL P1C



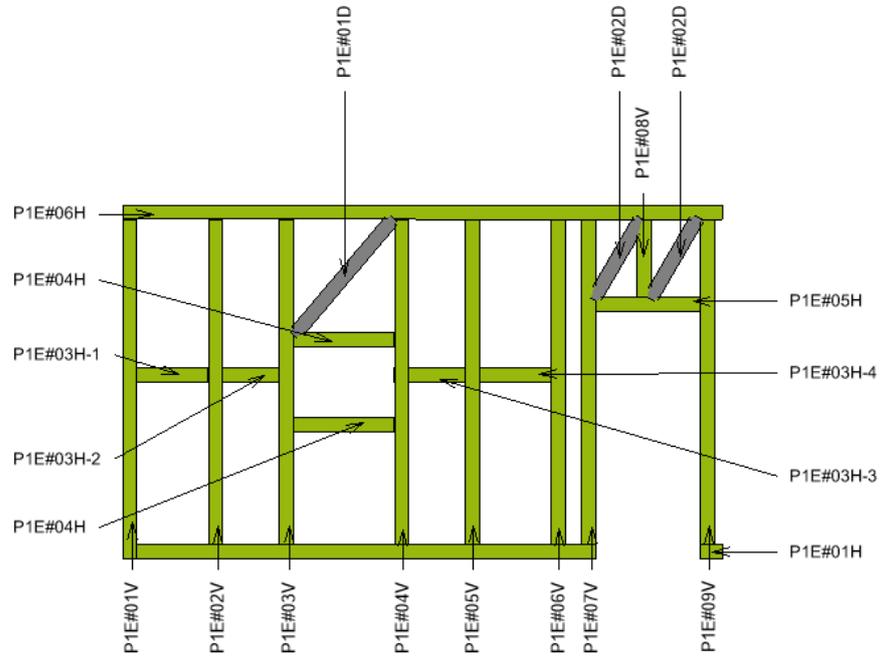
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 32 – PAINEL P1D



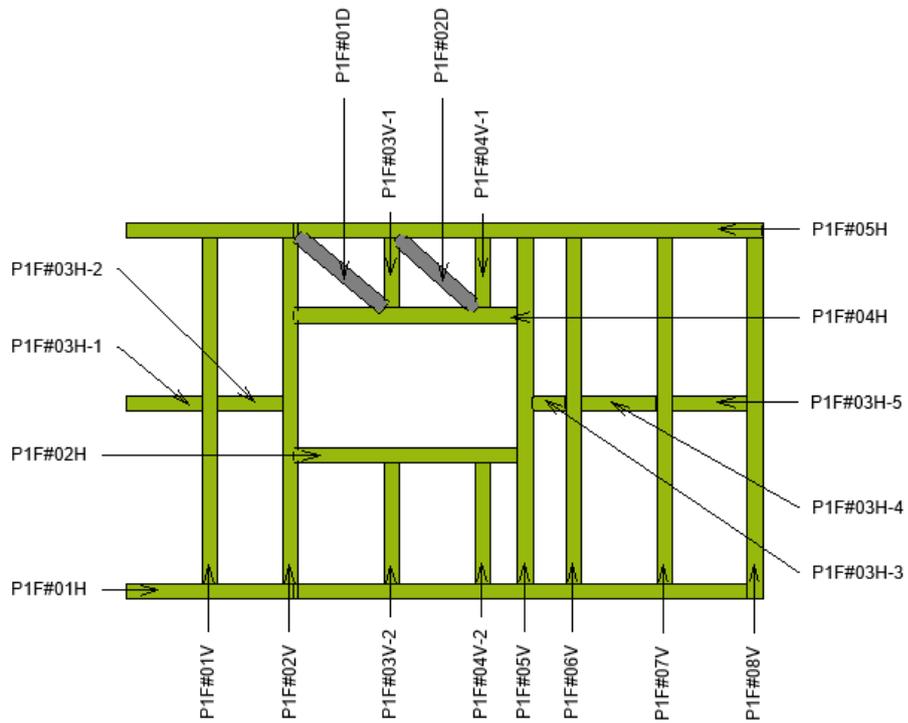
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 33 – PAINEL P1E



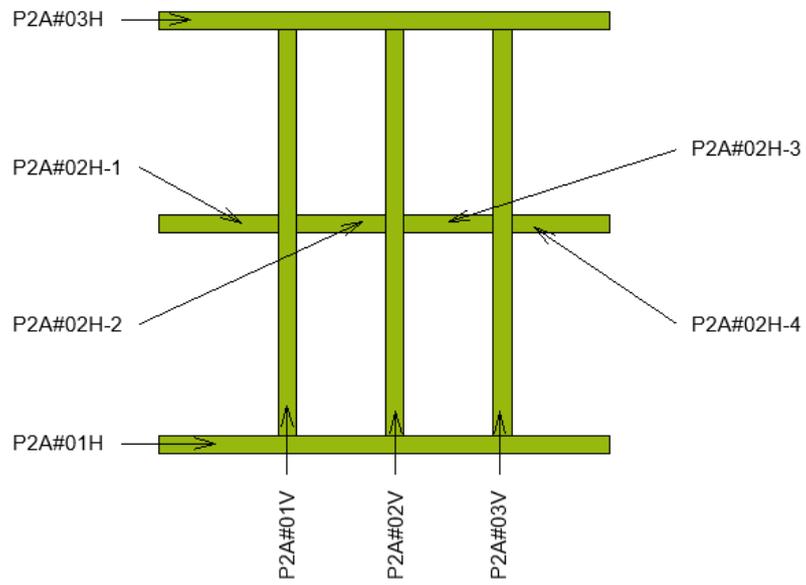
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 34 – PAINEL P1F



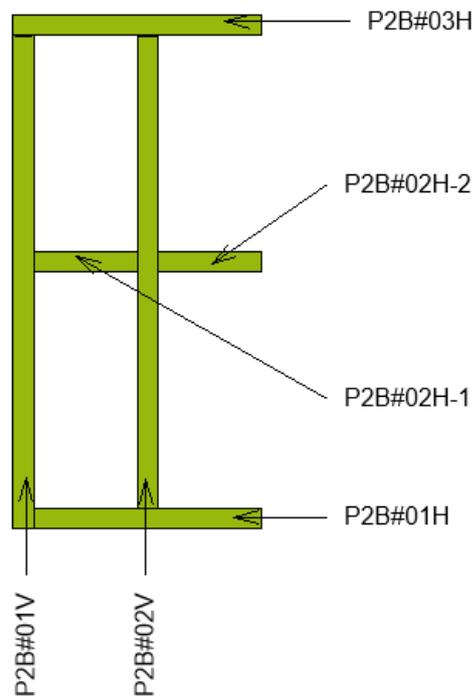
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 35 – PAINEL P2A



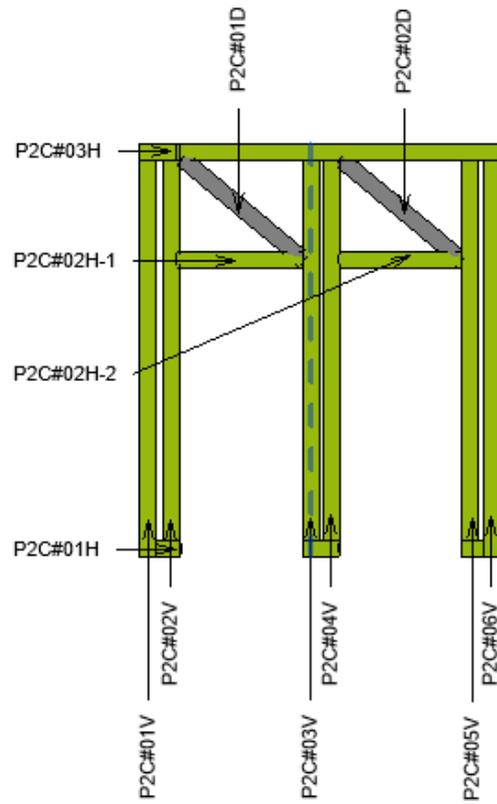
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 36 – PAINEL P2B



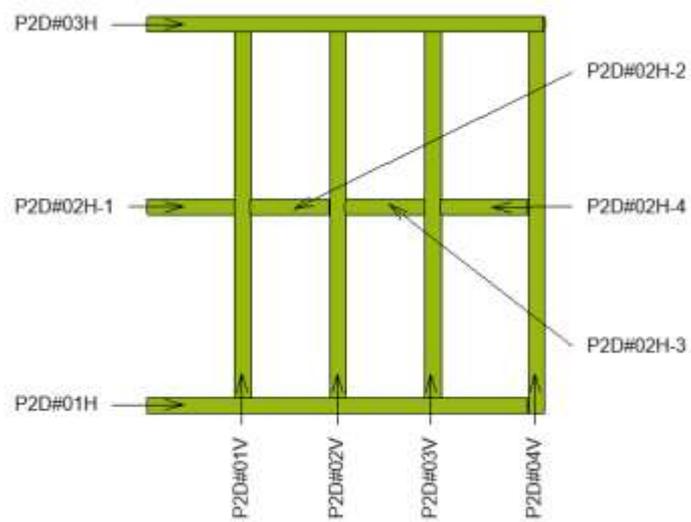
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 37 – PAINEL P2C



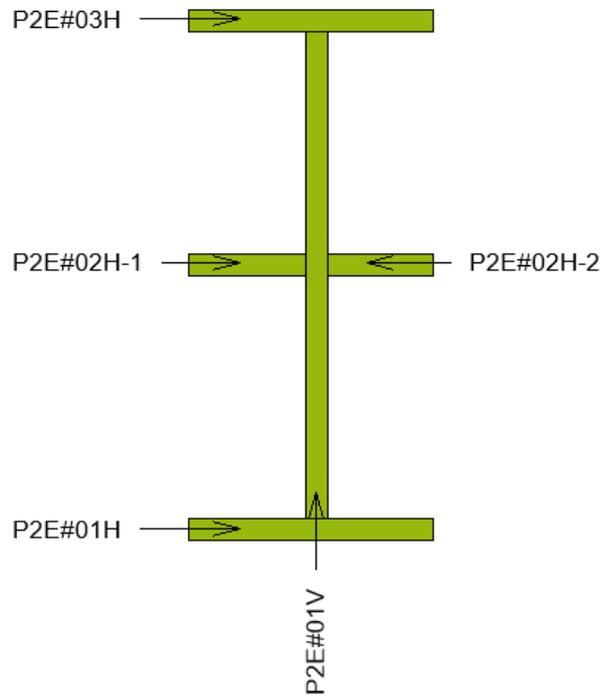
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 38 – PAINEL P2D



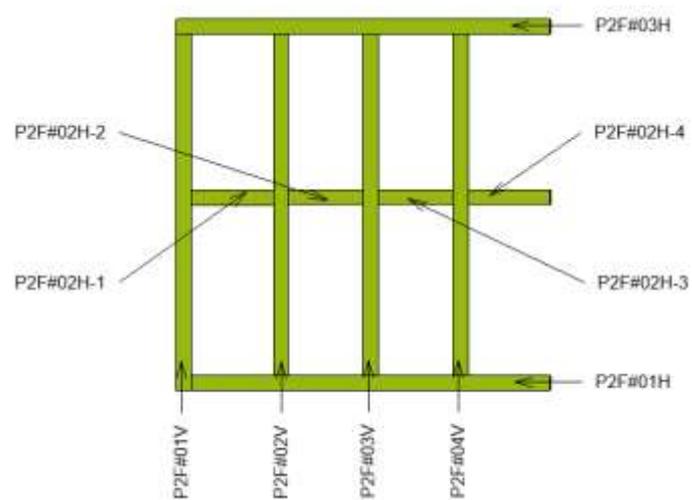
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 39 – PAINEL P2E



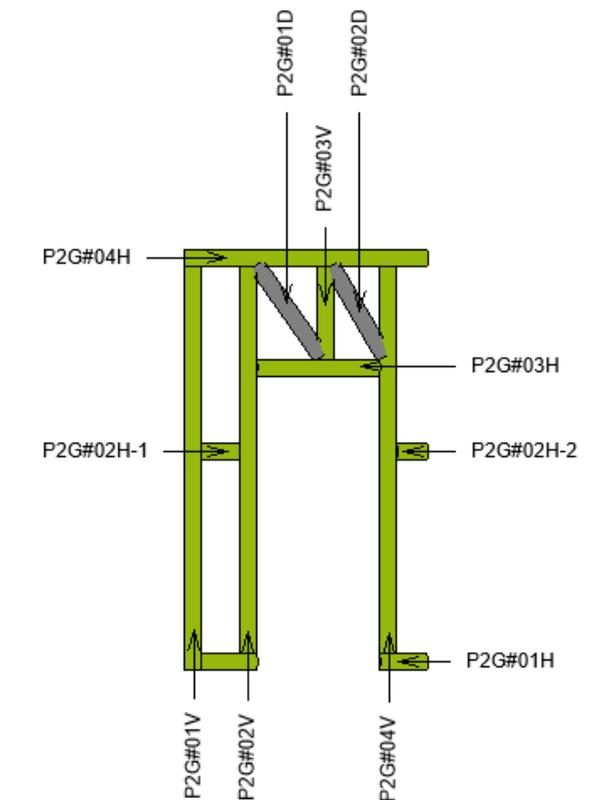
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 40 – PAINEL P2F



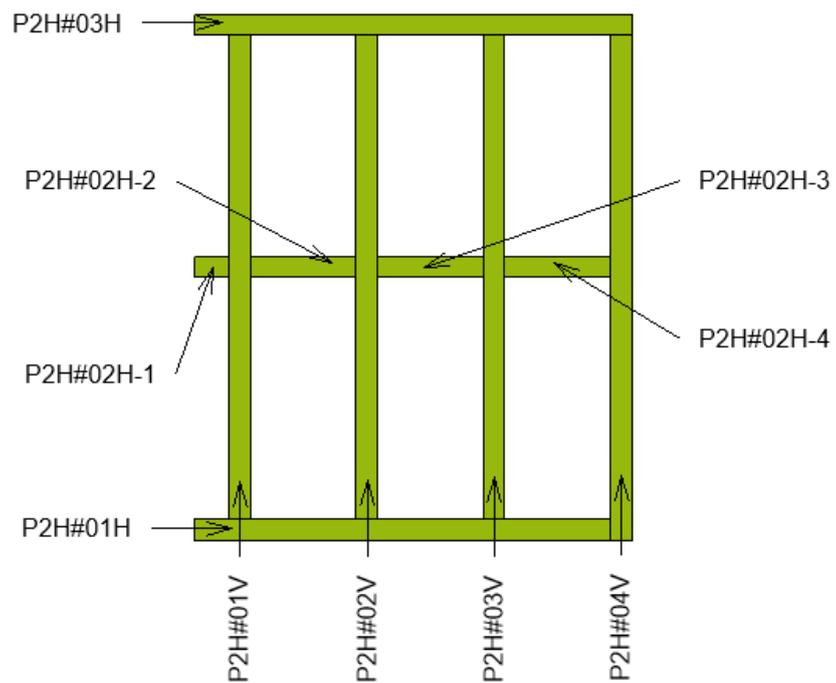
Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 41 – PAINEL P2G



Fonte: Elaborado pelo autor

FIGURA 42 – PAINEL P2H



Fonte: Elaborado pelo autor

## 6. VIABILIDADE ECONOMICA

Nesse tópico será apresentado uma relação de custos quanto à “obra branca”, isso é, a estrutura principal das paredes junto do material isolante termo acústico, o OSB, e o gesso acartonado para a elaboração do LBF. Vale apontar que nesse item foi considerado apenas o custo das paredes, ou seja, não foi levado em consideração os custos referentes a cobertura, uma vez que as soluções de coberturas para o LBF ainda não foram finalizadas.

Para a elaboração da relação de custos do light bamboo frame, foi necessária a busca de profissionais especializados na venda e distribuição de varas de bambu, foi dessa forma que se encontrou o site Bambu, que se trata de um marketplace. Após feito contato, o arquiteto responsável pelo setor de projetos sr. Marcos André, passou informações a respeito do método de precificação dos colmos de bambu.

Para a precificação foi necessário ter o total de comprimento necessário para a elaboração da estrutura já apresentada no tópico anterior, sendo aproximadamente 377m de comprimento. Posteriormente a isso dividir essa quantidade por 3, uma vez que as varas de bambu são comercializadas com no máximo 3 metros de comprimento, totalizando assim 126 varas de bambu.

No site a venda dos colmos de bambu é feita a partir da dúzia, com um pedido mínimo de 5 dúzias. Dessa forma, para este projeto serão necessárias 11 dúzias de varas de bambu com 3 metros de comprimento.

Sendo o custo da dúzia, R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais) sem o frete, o custo necessário para este item é de R\$ 3.960,00 (três mil, novecentos e sessenta reais).

Já os custos dos materiais complementares que fazem parte do LBF, lã de vidro, Chapa de Drywall, OSB, o Fechamento externo com placa Glasroc X e manta Hidrófuga para a estanqueidade da água podem ser observados na Tabela 1:

Tabela 1 – Relação de preços para os materiais complementares

Material	Dimensões	Quantidade	Quantidade para compra	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Chapa de Madeira OSB	2,40x1,20m	57m <sup>2</sup>	20 chapas	196,00	3.920,00
Lã de Vidro	12,50x1,20m	132,70m <sup>2</sup>	9 rolos	119,90	1.079,10
Placa Drywall Standard	2,40x1,20m	167m <sup>2</sup>	58 placas	34,90	2.024,20
Placa Drywall Resistente à Umidade	2,40x1,20m	43m <sup>2</sup>	15 placas	56,90	853,50
Placa Glassroc X Fechamento externo	2,40x1,20m	57m <sup>2</sup>	20 placas	159,20	3.190,40
Manta Hidrófuga	50x1,05m	267m <sup>2</sup>	6 rolos	334,90	2.009,10

Fonte: Elaborado pelo autor

Diante disso foi elaborado um resumo que pode ser visto na Tabela 2:

Tabela 2 – Resumo dos custos do LBF para a Favo de Mel

MATERIAL	CUSTO TOTAL (R\$)
Chapa de Madeira OSB	3.920,00
Lã de Vidro	1.079,10
Placa Drywall Standard	2.024,20
Placa Drywall Resistente à Umidade	853,50
Placa Glassroc X - Fechamento externo	3.190,40
Manta Hidrófuga	2.009,10
Bambu	3.960,00
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>17.030,20</b>
<b>CUSTO DE MATERIAL POR M<sup>2</sup></b>	<b>284,98</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

## 7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dentre os resultados obtidos pela referente pesquisa pode-se destacar a planta arquitetônica baseada em um modelo já existente para habitação de interesse social, na qual foi possível adequar todo o estudo as normas vigentes de acessibilidade segundo a NBR 9050; as necessidades do desenho técnico universal, o que garante uma maior universalização do uso por parte de diferentes arquétipos, usuários e necessidades de operação que possam surgir, bem como o atendimento de questões técnicas para se adequar as legislações vigentes locais de habitação de interesse social (HIS).

Outro resultado que a destacar foi a elaboração de todo o projeto “estrutural” para a respectiva planta arquitetônica que foi possível visualizar como ocorreria a construção do LBF (Light Bamboo Frame), novo método construtivo que também foi abordado na pesquisa, sendo baseado em modelos existentes como o LSF (Light Steel Frame) e o LWF (Light Wood Frame), levando em conta uma relação de gastos com os materiais básicos para o desenvolvimento dessa edificação.

Os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios, uma vez que pode se observar uma série de vantagens como também algumas desvantagens que puderem ser solucionadas e outras ainda que serão necessárias um maior aprofundamento.

Quanto à planta arquitetônica baseada em um modelo já existente no formato hexagonal, logo no início do desenvolvimento da planta favo de mel pôde se observar que adequar os cômodos com as respectivas áreas ideais não seria uma tarefa fácil, devido ao formato irregular que alguns espaços teriam e esse revés se intensificou quando entrou em questão a adequação dos espaços aos critérios de desenho técnico universal e a acessibilidade. Como pôde ser visto, houve três versões até que se chegasse em uma planta que apresentasse uma situação coerente com a proposta inicial da pesquisa.

O desenvolvimento do método construtivo LBF, se mostrou uma pesquisa com um incrível potencial, uma vez que a possibilidade do mesmo se adequar a qualquer projeto arquitetônico e de forma a garantir a conformidade com as normativas vigentes foi notório. No entanto observou-se que, para a planta arquitetônica elaborada a aplicação do bamboo frame se tornou uma árdua tarefa, uma vez que a irregularidade dos encontros entre as paredes dificultaria os recortes e encaixes das peças de bambo,

bem como a sua fixação. Outro ponto em que se notou dificuldade de execução foi a forma como os bambus se encontrariam uns com os outros, devido a dificuldade que o método “boca de peixe” proporciona.

Um item que acabou por não se desenvolver foi a solução para a cobertura da respectiva residência, tal fato se deu pela falta de tempo hábil em propor uma solução que se adequasse aos aspectos técnicos, financeiros e arquitetônicos do projeto, uma provável solução e a elaboração de treliças feitas com bambu.

Mesmo diante desses obstáculos, o LBF se mostrou uma metodologia de baixo custo, como foi apresentado nas relações de custo na lista de materiais base, ou seja, não foi considerado mão de obra e outros componentes de pequena dimensão como parafusos para a elaboração da construção “oca”, isto é, foi considerado somente o custo para a viabilização das paredes sem acabamentos. Dessa forma se bem elaborado o Light Bamboo Frame pode se tornar uma excelente opção no mercado com um ótimo custo-benefício.

## 8. CONCLUSÕES

Após todo o período de estudo proposto foi possível observar que existe um grande potencial de soluções e tecnologias que podem ser aplicadas para atender toda essa população que se encontra em situação de ausência de moradia, ou até em moradias com alto risco de acidentes. Porém vale destacar que para o projeto arquitetônico proposto existem poucas saídas: uma delas é aprimorar os estudos de forma específica, principalmente no que diz respeito a forma como será construída tal edificação para maximizar a eficiência de materiais, de tempo e mão de obra; refazer todo o projeto olhando para as disposições de ambiente e necessidades a partir de um outro olhar; ou deixar essa ideia em “stand by”.

Quanto ao método construtivo proposto tem se como objetivo por parte do autor continuar os estudos, uma vez que quando bem desenvolvido, projetado e aplicado esse método pode facilmente ser repetível e escalável para qualquer tipo de necessidade não somente a esplanada aqui. Diante dos gargalos observados, já tem se em mente o estudo de uma nova versão que seja de fato modular- se adequando de forma mais racional aos componentes de obras a seco-, com uma maior facilidade de montagem – utilizando uma metodologia mais eficiente de encaixe e fixação das peças de bambu-, além de garantir uma maior participação da comunidade na construção, uma vez que será mais simples a edificação de uma residência do que o primeiro método.

A elaboração do protótipo que foi proposto inicialmente acabou por não ocorrer devido a pandemia que nos assolou e ainda nos acompanha, e que por consequência não permitiu o acesso ao laboratório do centro universitário. Ainda assim pode se dizer que foi uma situação que se tornou benéfica para o autor, dado que permitiu uma melhor análise dos erros que se teria nesse protótipo, economizando tempo e energia que já está sendo utilizado para a continuação desse protótipo no trabalho de conclusão de curso.

Além disso, também pode se dizer que se terá um foco maior na cadeia produtiva e na cadeia de suprimentos, dado que como qualquer outro tipo de produto é necessário se ter uma atenção especial a forma como esse método impactará as pessoas, o planeta e a geração de lucro, para a elaboração de uma futura startup desenvolvendo tal modelo de construção com o objetivo de diminuir esse crescente número de pessoas sem moradia, ou moradias de qualidade.

## REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K.. **Introdução a Gestão Habitacional**. São Paulo : EPUSP, 1995. 31 p.

AD Editorial Team. "Aprendendo conexões básicas em bambu com artesãos indonésios" [Learning Basic Bamboo Joinery With Indonesian Carpenters] 16 Nov. 2017.

ARCHDAILY BRASIL. **Archdaily**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/883697/aprendendo-conexoes-basicas-em-bambu-com-artesaos-indonesios>> . Acesso em: 13 Fev. 2021.

ARCHITECTS FOR SOCIETY. **Architects for Society**. Disponível em: <<http://www.architectsforsociety.org/about-us/>> . Acesso em: 11 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

BAURU. **Lei nº 7028**: Dispõe sobre o licenciamento de obras e edificações no Município de Bauru. Bauru, 2017. Disponível em: < [https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist\\_juridico/documentos/leis/lei7028.pdf](https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist_juridico/documentos/leis/lei7028.pdf)> Acesso em: 17 ago. 2019.

BAURU. Decreto nº 13.711: Regulamenta a Lei Municipal nº 7028. Bauru, 2018. Disponível em: < [https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist\\_juridico/documentos/decretos/dec13711.pdf](https://www2.bauru.sp.gov.br/arquivos/sist_juridico/documentos/decretos/dec13711.pdf)> . Acesso em: 17 ago. 2019.

CARBONARI, G. *et al.* BAMBU – O AÇO VEGETAL. **Rev. Mix sustentável**, Santa Catarina, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.

CERTIFICAÇÃO LEED. **Conheça a Certificação LEED**. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em : 28 ago. 2019.

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G.. **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro : ICH, 2017. 655 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/acre/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078373/bambus-no-brasil-da-biologia-a-tecnologia>. Acesso em: 17 ago. 2019.

EMBRAPA. **Bambu é alternativa de renda na produção familiar**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34230725/bambu-e-alternativa-de-renda-na-producao-familiar>. Acesso em: 28 ago. 2019.

ESPAÇO SMART. 2021. **STEEL FRAME**. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/>>. Acesso em 13 fev. 2021.

LIMA, R.f. de. Técnicas, **Métodos e Processos de projeto e Construção do Sistema Construtivo Light Steel Frame**. Belo Horizonte, 2013. 144f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: < [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS-9JXL52/1/disserta\\_\\_o\\_rondinely\\_.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISMS-9JXL52/1/disserta__o_rondinely_.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2020.

GHAVAMI, K.; MARINHO A. B. **Propriedades geométricas e mecânicas de colmos dos bambus para aplicação em construções**. Eng. Agrícola, Jaboticabal, v.23, n.3, p. 415-424, set. /dez. 2003.

LAGO, C.; ZUNINO, L. **Habitação de interesse social**. 2010. Disponível em < [http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1312245/DLFE-56335.pdf/13\\_SECAOIV\\_2\\_HABITACAO\\_docfinal\\_rev.pdf](http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1312245/DLFE-56335.pdf/13_SECAOIV_2_HABITACAO_docfinal_rev.pdf) >. Acesso em: 17 ago 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo : Atlas, 2003.

LENGEN, J. V.. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo: B4 Ed., 2014. 736p.

MCKNIGHT, J. **Architects for Society designs low-cost hexagonal shelters for refugees**. 2016. Disponível em: <<https://www.dezeen.com/2016/04/14/architects-for-society-low-cost-hexagonal-shelter-housing-refugees-crisis-humanitarian-architecture/>>. Acesso em : 11 set 2020.

MENEZES, F. Z. **Arquitetos criam casa hexagonal para refugiados de desastres climáticos**. 2016. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/futuro-das-cidades/arquitetos-criam-casa-hexagonal-para-refugiados-de-desastres-climaticos-bn4cawjsxa59a5rq3ee75bggn/>>. Acesso em: 11 set. 2020.

MOIZÉS, F. A. **Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo**. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial – Área de Concentração: Planejamento de Produto) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007. Disponível em: [https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Design/Dissertacoes/fabio\\_moizes.pdf](https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Design/Dissertacoes/fabio_moizes.pdf). Acesso em: 17 ago. 2019.

ODILLA, F.; PASSARINHO, N.; BARRUCHO, L. **Brasil tem 6,9 milhões de famílias sem casa e 6 milhões de imóveis vazios, diz urbanista**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44028774>>. Acesso em: 17 ago 2019

PADOVAN, R. B. **O bambu na arquitetura: design de conexões estruturais**. Dissertação de mestrado. UNESP. Bauru. 183p. 2010

PARALYSIS BY ANALYSIS. **Curiosidades IV: Porque é que as abelhas constroem favos hexagonais?** Disponível em:<<https://paralysisbyanalysis52.wordpress.com/2013/03/17/curiosidade-iv-porque-e-que-as-abelhas-constroem-favos-hexagonais/>>. Acesso em: 11 set 2020.

PEREIRA, M. A. dos R. **Bambu**. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/pereira/>>. Acesso em: 28 ago. 2019

PEREIRA, M. A. dos R. **O Uso do Bambo na Irrigação**: montagem de um sistema de Irrigação por aspersão de pequeno porte, utilizando tubulação de bambu. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA. Campina Grande: CONBEA.1997 p.1-22.

PLANCO. 2021. **GLASROC X**. Disponível em: <<https://www.placo.com.br/systems/fachadas/glasroc-x> >. Acesso em 29 ago. 2021.

PLYBOO. Disponível em: <<https://www.intectural.com/plyboo>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

RAO, A. N.; RAO, V. R.; WILLIAMS J. T.. **Priority species of bamboo and rattan**. INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR). 1998  
<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/construcao-sustentavel-da-teoria-a-pratica,d46a1512f1696410VgnVCM1000003b74010aRCRD>

SANTOS, A. F. dos; SILVA, J. da; SILVA, C. A. R. da. **HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: A SUSTENTABILIDADE APLICADA EM CONSTRUÇÕES POPULARES**. Disponível em:< <http://www.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/2167>. Acesso em: 28 ago 2019.

SÃO PAULO. DECRETO Nº 12.342, DE 27 DE SETEMBRO DE 1978. São Paulo, 1978. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1978/decreto-12342-27.09.1978.html>>. Acesso em: 29 mar. 2021.

SINAT. **DIRETRIZES PARA AVALIAÇÃO TÉCNICAS DE PRODUTOS**: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas. Brasília, 2016. Disponível em: [www.pbqp-h.mdr.gov.br/projetos\\_sinat.php](http://www.pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_sinat.php). Acesso em: 13 fev. 2021.

SMPED. **Manual De Instruções Técnicas De Acessibilidade Para Apoio Ao Projeto Arquitetônico**. c2017. Disponível em: < [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/pessoa\\_com\\_deficiencia/manual%20acessibilidade.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/pessoa_com_deficiencia/manual%20acessibilidade.pdf) > . Acesso em: 13 fev. 2021.