

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

CAROLINE RODRIGUES DE OLIVEIRA SILVA

**WOOD FRAME – ALTERNATIVA TÉCNICA PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL**

CARATINGA

2017

CAROLINE RODRIGUES DE OLIVEIRA SILVA
FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

**WOOD FRAME – ALTERNATIVA TÉCNICA PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Estruturas

Orientador: Prof.^a. Esp. Camila Silva

CARATINGA

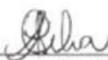
2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Wood Frame - Alternativa técnica para habitação de interesse social, elaborado pelo(s) aluno(s) Caroline Rodrigues de Oliveira Silva foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 6 de Dezembro de 2017



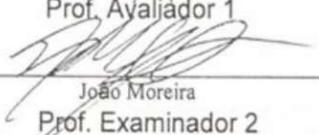
Camila Silva

Prof. Orientador



José Salvador

Prof. Avaliador 1



João Moreira

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar durante todos esses anos, me sustentando e não permitindo que eu fraquejasse diante dos obstáculos.

Aos meus pais, Elizete e Edgar, que sempre foram exemplos de coragem e determinação, agradeço por todo amor, dedicação e incentivo em todos os momentos da minha vida.

A minha orientadora, prof.^a Camila, peça fundamental no desenvolvimento desta pesquisa, agradeço pela paciência e por todo ensinamento repassado.

A todos, que de forma direta ou indireta contribuíram para a minha formação.

RESUMO

A utilização de processos construtivos com qualidade, sustentabilidade e agilidade, vem buscando maior destaque perante aos variados tipos de barreiras encontrados nos dias atuais. Considerando as dificuldades da implementação do *Wood Frame* no Brasil, tanto por questões culturais, quanto por falta de enaltecimento do assunto, percebe-se que o sistema construtivo ainda tem um caminho considerável a percorrer até a sua consolidação. A presente pesquisa demanda apresentar o sistema construtivo *Wood Frame*, suas características, vantagens e desvantagens, valores para projeto e sua aceitabilidade na cidade de Caratinga-MG. Posto que, o sistema é pouco conhecido na região e pela dificuldade ao encontrar materiais para a sua composição, a conclusão foi de que, embora os valores para estrutura tenham ficado mais caro do que a estrutura em alvenaria, o sistema é uma alternativa construtiva rápida, com quesitos de alto desempenho térmico e acústico, segurança estrutural garantida e sustentabilidade em todas as fases de projeto, podendo ser implementado para a execução da grande demanda de habitações de interesse social do país. Para tal fim, é necessário a adequação das normas específicas estrangeiras para o Brasil, afim de melhorar as condições de estudo do sistema.

Palavras-chave: *Wood Frame*. Alvenaria. Habitações Populares.

ABSTRACT

The use of the process constructive with quality, sustainability and agility, is trying to be better against barriers that we have in these days. Whereas the difficulties of implementation of *wood frame* in Brazil, both because of cultural needs and because of lack of exhilaration of subject matter, is perceived that the constructive system still has a considerable path to go until consolidation. The present research demands to present the constructive system *wood frame*, their characteristics, advantages and disadvantages, values for design and their acceptability in the city of Caratinga-MG. Since the system is little known in the region and the difficulty in finding materials for their composition, the conclusion was that, although the values for structure were more expensive than the structure in masonry, the system is a quick constructive alternative, with high thermal and acoustic performance requirements, guaranteed structural safety and sustainability at all stages of the project, and can be implemented for the execution of the great demand of housing of social interest of the country. For this purpose, it is necessary to adapt the specific foreign regulations to Brazil, in order to improve the study conditions of the system.

Keywords: *Wood Frame*. Alvenaria. Popular habitations

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema construtivo <i>Wood Frame</i>	13
Figura 2.1 Floresta plantada da espécie <i>pinus</i>	20
Figura 2.2 Peças submetidas à compressão.....	21
Figura 2.3 Peças submetidas à tração.....	22
Figura 2.4 Percentual de utilização do <i>Wood Frame</i> por países.....	24
Figura 2.5 Construção em <i>Wood Frame</i>	25
Figura 2.6 Projeto de uma casa em <i>Wood Frame</i>	26
Figura 2.7 Sistema <i>balloon frame</i>	28
Figura 2.8 Sistema <i>platform frame</i>	29
Figura 2.9 Sistema de fundação em <i>Wood Frame</i>	30
Figura 2.10 OSB com encaixe macho-fêmea.....	32
Figura 2.11 Instalações elétricas.....	33
Figura 2.12 Instalações hidráulicas.....	33
Figura 2.13 Estrutura em <i>Wood Frame</i>	34
Figura 2.14 Esquema de montagem de portas e janelas.....	35
Figura 2.15 Tipos de pregações.....	38
Figura 2.16 Telhas <i>shingle</i>	39
Figura 3.1 Projeto arquitetônico.....	41
Figura 4.1 Gráfico da primeira pergunta.....	54
Figura 4.2 Gráfico da segunda pergunta.....	55
Figura 4.3 Gráfico da terceira pergunta.....	56
Figura 4.4 Gráfico da quarta pergunta.....	56
Figura 4.5 Gráfico da quinta pergunta.....	57
Figura 4.6 Gráfico da sexta pergunta.....	58
Figura 4.7 Gráfico da sétima pergunta.....	58

Figura 4.8 Gráfico da oitava e nona pergunta	59
Figura 4.9 Gráfico da décima pergunta	60
Figura 4.10 Gráfico da décima primeira pergunta	61
Figura 4.11 Gráfico da décima segunda pergunta.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Comparativo entre materiais da construção civil.....	19
Tabela 2.2 Vantagens e desvantagens do <i>Wood Frame</i>	24
Tabela 2.3 Dimensões dos painéis OSB	36
Tabela 4.1 Orçamento total da estrutura em <i>Wood Frame</i>	49
Tabela 4.1 Orçamento total da estrutura em <i>Wood Frame</i> (continuação)	50
Tabela 4.2 Orçamento total da estrutura em alvenaria convencional	50
Tabela 4.2 Orçamento total da estrutura em alvenaria convencional (continuação).	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 Orçamento unitário para estrutura em <i>Wood Frame</i>	42
Quadro 3.1 Orçamento unitário para estrutura em <i>Wood Frame</i> (continuação).....	43
Quadro 3.2 Orçamento unitário para estrutura em alvenaria convencional.....	45
Quadro 3.2 Orçamento unitário para estrutura em alvenaria convencional (continuação).....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	12
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 A madeira na construção civil.....	18
2.1.1 Resistencia à compressão	21
2.1.2 Resistencia à tração	21
2.2 Situação atual no Brasil.....	22
2.3 Sistema construtivo <i>Wood Frame</i>	25
2.3.1 Balloon frame	27
2.3.2 Platform frame	28
2.4 Execução do <i>Wood Frame</i> utilizando o método construtivo plataforma	30
2.4.1 Fundação	30
2.4.2 Piso	31
2.4.3 Paredes	32
2.4.3.1 <i>Janelas e portas</i>	35
2.4.3.2 <i>Placas OSB</i>	36
2.4.3.3 <i>Elementos de fixação</i>	37
2.4.4 Cobertura	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 Projeto arquitetônico	40

3.2 Orçamentos	42
3.2.1 Wood Frame.....	42
3.2.2 Alvenaria convencional.....	45
3.3 Questionário sobre a aceitabilidade do <i>Wood Frame</i>	47
4 ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	49
4.1 Orçamentos	49
4.2 Questionário	54
5 CONCLUSÃO	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Um dos grandes problemas sociais do Brasil está diretamente ligado com as habitações de interesse social – popularmente conhecida como habitações populares – que são as construções destinadas a servir de moradia para a populações de baixa renda. Situações variadas estão conectadas ao déficit habitacional elevado – estimado em 6,2 milhões – como a precariedade da edificação, o excesso de moradores por residência, o alto custo das obras no país, pagamento de aluguel não condizente com a renda familiar, etc. (FIESP, 2016).

É notável que a construção civil tem alta capacidade de elevar a taxa de renda, de produto e de emprego de um país, através das inúmeras obras que se iniciam dia após dia. O Brasil tem grandes obras que impulsionaram de forma positiva a economia, como as moradias para o programa “Minha Casa Minha Vida”. Porém, a construção civil é uma das principais responsáveis pelo grande impacto negativo do uso de recursos naturais, dos quais acabam degradando o meio ambiente e modificando todo o ecossistema ao seu redor.

Cerca de 35% de todos os insumos extraídos da natureza anualmente – madeira, metais, areia, pedras – são usados pela construção civil. Pensando no que o impacto ambiental poderá causar e com o intuito de se reduzir o mesmo, engenheiros e arquitetos passaram a dar mais importância para o conceito de sustentabilidade dentro das construções. Por conta disso, estes, buscam recursos que minimizem a agressão ao meio ambiente e que seja vantajoso, através do uso de sistemas construtivos sustentáveis e com a mesma eficiência do sistema construtivo convencional (VERONEZZI, S/D).

O método construtivo *Wood Frame* vem ganhando espaço na construção civil brasileira – principalmente no Sul do país – conforme destaca o jornal Gazeta do Povo (2014), através de um grupo de empresários que estão se empenhando para substituir a construção em alvenaria por construções mais sustentáveis. Segundo a Tecverde, uma empresa de construção especializada no sistema *Wood Frame*, é possível desde 2013, fazer o financiamento de moradias do programa “Minha Casa Minha Vida” por

meio de casas feitas com estruturas de madeira. Devido as vantagens das estruturas em madeira em relação a outros métodos e principalmente por motivos ambientais, o uso dela vem aumentando e se tornando uma opção para construções leves de até cinco pavimentos.

O *Wood Frame* trata-se de um método que utiliza em sua estrutura perfis leves de madeira maciça de pinus/eucalipto, contra ventados com chapas estruturais de madeira transformada tipo *Oriented Strand Board (OSB)*, como mostra a Figura 1.1. Traz como característica o modo rápido e limpo garantido pelo sistema na fase de construção, pela utilização de materiais secos e o conforto térmico ocasionado pelas paredes que trazem a possibilidade de utilizar materiais que façam o isolamento térmico. Além da tecnologia ser ambientalmente amigável, durante o processo construtivo é emitido 80% a menos de CO₂ e produzido 85% a menos de resíduos em relação ao sistema de alvenaria convencional (CABRAL, 2015).

Figura 1.1 Sistema construtivo em *Wood Frame*



Fonte: Globalplac. Disponível em: <<http://www.globalplac.com.br/noticias/8-passos-da-construcao-frame/>>

O sistema também é conhecido por sua tecnologia construtiva sofisticada e inteligente capaz de proporcionar conforto adequado ao usuário, sustentabilidade em

todas as fases de projeto – principalmente pelo uso de madeira de unidades de reflorestamento – incluindo agilidade no processo construtivo (CARDOSO, 2015).

Uma das grandes vantagens deste sistema de acordo com Molina e Calil (2010), é pelo fato de ser constituído de diversos perfis verticais, com isso, eles são encarregados por disseminar as cargas superiores do telhado ou do pavimento superior. A rigidez e estabilidade dos perfis é garantida por processo industrial autoclavável, isso garante o tratamento contra ação de fungos, umidade e intempéries, em especial nas peças que tem relação direta com o cimento.

Allen e Thallon (2011 *apud* CARDOSO, 2015, p.34) afirmam que a estrutura em madeira também apresenta desvantagens, como, a mão de obra especializada, a estrutura estar sujeita a danificação por ação de microrganismos, perder sua forma física natural por conta da umidade, etc. Problemas estes, que podem ser resolvidos na fase inicial da obra, através de um projeto inteligente.

A ligação do *Wood Frame* com as habitações de interesse social, pode ser uma saída para a crise atual que o mercado imobiliário vem enfrentando como destaca Martins (2016). Para que ocorra uma grande mudança no processo construtivo no Brasil, antes de qualquer passo é preciso deixar a cultura e os costumes de lado, e, abrir mais os olhos para as tecnologias construtivas que vem se destacando no mercado. É no sentido de evidenciar o sistema construtivo inteligente, otimizado, e eficiente que o presente estudo se justifica.

Um dos maiores receios dos brasileiros em relação a este método, é não ter total confiança em estruturas que fogem do sistema de alvenaria. Seja pelo forte legado de construções em concreto armado no país, a falta de enaltecimento da madeira na fase de preparação dos profissionais ou até a ligação de que estruturas em madeira estão diretamente conectadas a baixa qualidade (OLIVEIRA, 2014).

O presente trabalho apresenta o projeto arquitetônico concebido para o *Wood Frame*, mas que também pode ser executado com alvenaria e concreto armado, a fim de comparar aspectos técnicos e o custo estimado da edificação. Apresenta também um questionário a fim de analisar a aceitabilidade do *Wood Frame* na região de Caratinga-MG. Para o *Wood Frame* será utilizado o método plataforma, que utiliza peças curtas na composição do sistema estrutural da edificação (CASEMA, S/D).

A proposta deste estudo é analisar vantagens e desvantagens do sistema construtivo *Wood Frame* para habitações de interesse social e assim contribuir com a divulgação de uma metodologia construtiva mais sustentável que ainda não é popular na cidade de Caratinga- MG.

A metodologia utilizada tem por base a revisão bibliográfica que foi direcionada para reunir informações acerca do sistema estrutural e construtivo *Wood frame* e assim poder caracterizá-lo e contextualizá-lo no mercado brasileiro.

A pesquisa bibliográfica também se direcionou para as habitações de interesse social, de modo que a autora estivesse ciente das exigências de espaço segundo as especificações do programa Minha Casa Minha Vida e assim elaborasse o projeto arquitetônico para o estudo de caso.

Através de um questionário foi realizado uma pesquisa quantitativa na cidade de Caratinga-MG, com o intuito de divulgar o Wood Frame e mostrar qual o nível de aceitabilidade do sistema.

Com base no mercado construtivo da cidade de Caratinga, foi desenvolvido um orçamento geral com o intuito de se apresentar uma tabela de custos para o projeto elaborado, fazendo uma comparação com uma tabela de custos para o método construtivo em alvenaria.

Por fim, faz-se a discussão sobre os resultados obtidos, analisando todos os pontos positivos e negativos do Wood Frame para aplicabilidade do sistema em edificações de interesse social na região de Caratinga.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o sistema *Wood Frame*, vantagens e desvantagens, como uma alternativa técnica para habitações de interesse social.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar um estudo sobre o sistema construtivo do *Wood frame* e também uma breve contextualização deste no mercado brasileiro;
- Elaborar projeto arquitetônico para uma casa unifamiliar, observando as exigências de espaço para habitações de interesse social;
- Preceder uma pesquisa quantitativa através de um questionário sobre o sistema construtivo *Wood Frame* em Caratinga-MG;
- Levantar valores unitários praticados no mercado para o projeto elaborado, considerando a execução em *Wood frame* e em Alvenaria de concreto armado para estabelecer comparação de custo;
- Proceder análise dos resultados para correlacionar pontos positivos e negativos do sistema *Wood frame* no que tange a aplicabilidade em edificações de interesse social.

1.3 Estrutura do trabalho

Capítulo 1. Refere-se do capítulo introdutório no qual se apresenta de modo sucinto o tema e a problematização do estudo. Contém ainda os objetivos e a estrutura da monografia.

Capítulo 2. Apresenta-se as particularidades do sistema construtivo *Wood Frame*. Descreve-se sobre as características da madeira, a situação atual do sistema no Brasil e as etapas construtivas.

Capítulo 3. Trata-se neste capítulo sobre as limitações de metro quadrado para habitações de interesse social de acordo com a Caixa Econômica Federal, o projeto arquitetônico realizado através do programa AutoCad, a pesquisa através do questionário elaborado para extrair informações sobre o *Wood Frame* e a apresentação de um orçamento geral do projeto realizado.

Capítulo 4. Discute-se sobre o projeto elaborado, resultados da pesquisa e valores encontrados para execução do projeto no mercado.

Capítulo 5. Este capítulo é reservado às conclusões e considerações finais deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A madeira na construção civil

A construção em madeira passou a ser normatizada a partir de 1997 através da ABNT NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Por conta do fácil manuseio e a facilidade de encontrá-la na natureza sendo um bem renovável, ela é o material mais antigo já utilizado. Se comparada a outros materiais de construção ela oferece uma excelente relação resistência/peso, facilidade para fabricação e bom isolamento térmico e acústico. Em contrapartida, a madeira por ser um material natural está sujeita a ataques de fungos, ação do fogo, pode apresentar defeitos como nós e fendas, etc. (PFEIL e PFEIL, 2015).

Ainda de acordo com Pfeil e Pfeil (2015), mesmo sendo considerada um material que não suporta altas temperaturas por conta de sua combustibilidade, peças de madeira robustas possuem grande resistência ao fogo, pelo fato de ser má condutora de calor, o que dificulta o colapso da estrutura. Não obstante, estes problemas podem ser resolvidos com o uso de produtos químicos, devidamente tratados, isso fará com que a estrutura em madeira aumente sua resistência. Ao ser escolhida de maneira correta, o resultado será de estruturas com grande durabilidade.

A madeira passou a receber atenção diferenciada nos últimos anos segundo Isaia (2007 *apud* ROLIM 2017, p.18), devido a vários fatores positivos, por ser de origem orgânica, é biodegradável e por apresentar facilidade na modificação rápida através de plantios florestais, sendo considerada uma particularidade de grande relevância no atual cenário de interesses por materiais que respeitem os requisitos para uma construção sustentável.

Na construção civil a madeira é muito empregada atualmente para coberturas, fôrmas e escoramento para elementos de concreto armado, esquadrias, forros, pisos, etc. Ela também exibe um aspecto visual interessante, tendo assim bastante função para decoração (CARDOSO, 2015).

Cardoso (2015) aponta que por ser um material de baixa densidade e alta resistência a madeira pode ser comparada com outros materiais de construção, como mostra a Tabela 2.1, levando-se em consideração as propriedades de cada material. Assim sendo, o valor citado para o concreto refere-se à resistência característica à compressão. Para o aço, refere-se a tensão de escoamento do aço MR-250. E finalmente para a madeira, são apontados valores médios de resistência à compressão correspondente às fibras, com umidade estimada de 12% – valor mínimo fixado pela ABNT NBR 7190/1997.

Tabela 2.1 Comparativo entre materiais da construção civil

Material	Densidade (g/cm ³)	Energia Consumida na Produção (MJ/m ³)	Resistência (Mpa)
Concreto	2,4	1.920	20
Aço	7,8	234.00	250
Madeira Conífera	0,6	600	50
Madeira Dicotiledônea	0,9	630	75

Fonte: Cardoso (2015)

Existem apenas dois tipos de madeira empregados na ABNT NBR 7190/1997, sendo as coníferas e as dicotiledôneas. As coníferas são destacadas como madeiras moles, por sua menor resistência e menor densidade ao serem comparadas com as dicotiledôneas, como mostra o site Britannica Escola (S/D). Existem mais de 550 tipos de coníferas espalhadas pelo mundo, na qual, elas crescem e formam florestas em regiões frias. No Brasil, a *Araucaria angustifolia* se adaptou bem ao clima tropical, sendo a mais conhecida no País.

Por volta dos anos 60 e 70, com o auxílio do governo, foram inseridas espécies exóticas de coníferas com desenvolvimento rápido na região sul do País, com a finalidade de expandir os estoques de madeira para o abastecimento da indústria e tentar evitar a extinção da *Araucária*. As espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* - originárias do sul dos Estados Unidos – foram as que melhor se ambientaram. Desde então, os números de florestas plantadas – como mostra a Figura 2.1 – dessas

coníferas cresceram (SANTINI *et al*, 2000). O Centro de Inteligência em Florestas destaca que no Brasil, é permitido que boa parte dos produtos florestais venham de florestas plantadas e não naturais, sendo o papel e o compensado os produtos mais comercializados.

Figura 2.1 Floresta plantada da espécie *pinus*



Fonte: Centro de Inteligência em Florestas. Disponível em:
<<http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=532>>

As dicotiledôneas são conhecidas como madeiras duras por sua maior resistência, maior densidade e se adaptam melhor em regiões de clima quente. As espécies *Imbuia*, *Ipê* e *Eucalyptus* são bastante conhecidas no ramo da construção civil (GESUALDO, 2003).

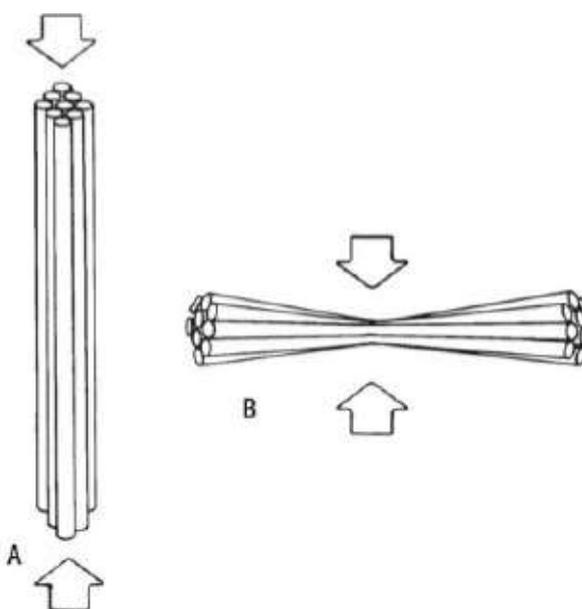
O Brasil tem procurado fazer o uso de madeira vinda de programas de reflorestamento, onde foram escolhidos o Pinus e o Eucalipto como espécies principais do sistema. Por conta de algumas falhas em relação a resistência, o Pinus acaba perdendo créditos ao ser comparado com o Eucalipto. Entre as espécies que podem ter uso estrutural estão o *Eucalyptus citriodora* e o *Eucalyptus paniculata* que contam com a resistência e elasticidade ao seu favor. É mais aconselhável a utilização da *E. paniculata* para fins estruturais, quando a madeira tiver que ficar em contato

constante com o solo e a umidade, pois essa espécie tem boa porcentagem de madeira tratável por conservadores que aumentam suas qualidades (LAJOTEIRO, S/D).

2.1.1 Resistência à compressão

No momento em que se aplica a força paralela às fibras, a madeira fica com grande resistência, mas se a mesma força for aplicada de forma perpendicular, a madeira apresenta baixa resistência a compressão, causando o esmagamento da peça como mostra a Figura 2.2 (CALIL *et al.*, 2010 *apud* ROLIM, 2017, p.20).

Figura 2.2 Peças submetidas à compressão



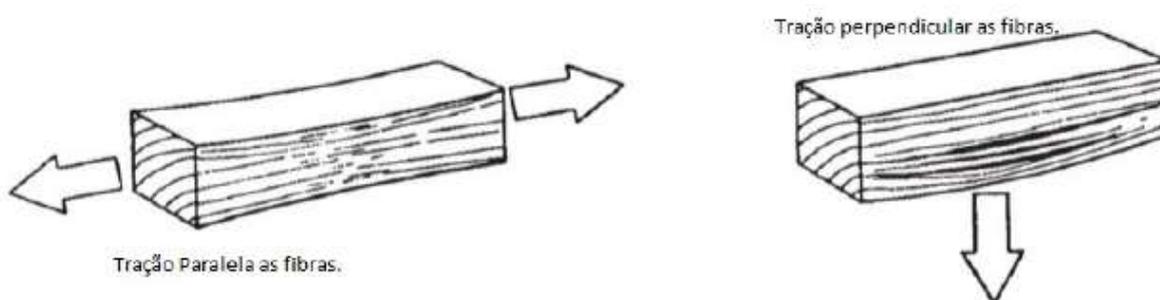
Fonte: Rolim (2017)

2.1.2 Resistência à tração

A resistência a tração também se dá de forma paralela e perpendicular às fibras. A paralela acontece por deslizamento das fibras e a perpendicular acontece por meio da separação das fibras. Para os esforços que são aplicados de forma

paralela, a madeira apresenta valores baixos de deformação e valores altos de resistência. Já, para os esforços que são aplicados de forma perpendicular, a madeira apresenta valores baixos de resistência e valores altos de deformação, devendo evitar em projeto casos onde a madeira receba este tipo de solicitação. A Figura 2.3 apresenta o esquema da resistência a tração (Calil *et al.*, 2010 *apud* ROLIM, 2017, p.21).

Figura 2.3 Peças submetidas à tração



Fonte: Rolim (2017)

2.2 Situação atual no Brasil

O Brasil está entre os principais possuidores de recursos florestais com fartura, sendo a segunda maior cobertura florestal do mundo, perdendo em números apenas para a Rússia. Cerca de 69% dessa cobertura tem capacidade de produção. Apresentando uma grande área de florestas plantadas de *pinus*, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste (SNIF, S/D).

Em vista disso, o sistema *Wood Frame* que tem a madeira como seu elemento estrutural principal, torna-se sustentável em relação à grande demanda. O clima no país também é propício para o plantio de eucalipto, espécie que pode vir de unidades de reflorestamento (OLIVEIRA, 2014).

Existem grandes áreas que não são indicadas para a agricultura segundo Oliveira (2014), podendo ser manuseado para a criação de unidades de reflorestamento. O autor continua afirmando que o país tem amplo conhecimento

científico na área florestal, dependendo assim somente do governo para a expansão e desenvolvimento desse processo construtivo.

As construções em madeira são vistas com pouca durabilidade ou como subabitação, devido ao uso da madeira para métodos construtivos inapropriados ao longo de muito tempo no Brasil. Em virtude das transformações que o mundo vem passando e com os novos modelos de sustentabilidade, faz com que esse estigma social seja verificado (SZUCS, 2004 *apud* LEITE e LAHR, 2015, p.4). Posto que, o país tem abundância no setor madeireiro, novas formas de se construir estão surgindo, sendo uma oportunidade para todos os profissionais da área da construção civil se adaptarem a métodos mais sustentáveis e sofisticados.

O termo sustentabilidade tem chamado a atenção das pessoas ao redor do mundo, e Duarte *et al* (2013 *apud* ROLIM, 2017, p.29) destaca que a madeira permite grande diversidade de aplicações como material construtivo, fonte de energia ou matéria prima, sendo um dos recursos renováveis mais relevantes.

Uma das alternativas que vem ganhando espaço – a datar do século XXI – na construção civil brasileira é o *Wood Frame*, tecnologia que utiliza madeira reflorestada, sistema eficiente de isolamento térmico e acústico, rápido processo construtivo, entre outros, apresentando resultados positivos no processo construtivo em regiões como sul e sudeste do Brasil (PEREIRA e VIEIRA, 2015).

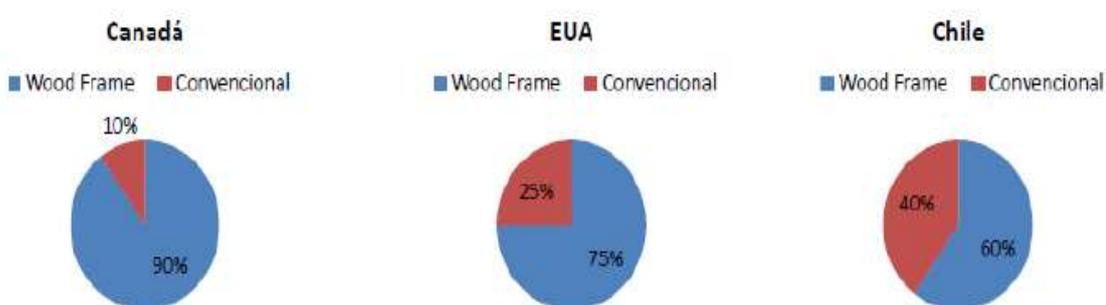
Este sistema permite a construção de casas de até cinco pavimentos, com possibilidade de controle de gastos de materiais na fase de projeto. Assim sendo, a madeira é utilizada como estrutura interna de paredes e pisos, de forma rápida e eficiente, possibilitando construção de casas com mais de 200 m² em apenas 60 dias. Uma vez que, os sistemas são industrializados e podem ser montados de forma independente. O sistema também é uma opção que permite a execução de qualquer tipo de projeto, desde habitações populares até construções com padrão elevado (MOLINA e CALIL, 2010).

Segundo a construtora Casema, o *Wood Frame* apresenta vantagens como a diminuição da mão de obra estimada em média de 50%. Todavia, se por algum motivo na região em que se deseja construir não houver mão de obra qualificada, o custo da obra pode subir. Se comparada ao sistema convencional, a redução de custos e desperdício de material é estimada entre 15% a 20%. Também apresenta uma

redução de 80% emissão de gases e 85% a menos de resíduos no canteiro de obras. A Tabela 2.2 apresenta as vantagens e desvantagens do sistema

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2012), este tipo de sistema construtivo, é o mais utilizado em diversos países como os Estados Unidos, Canadá, Suécia e Chile, apresentado na Figura 2.4, onde as soluções técnicas e fornecedores estão plenamente conectados.

Figura 2.4 Percentual de utilização do sistema construtivo por países



Fonte: CBIC (2012)

É importante destacar que em se tratando de normatização, tem-se a ABNT NBR 7190/1997. Contudo, a referida norma não se aplica especificamente ao projeto de edificações em *Wood Frame*, sendo necessário consultar normas estrangeiras.

Tabela 2.2 Vantagens e desvantagens do *wood frame*

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta resistência e durabilidade;	Mão de obra especializada;
Excelente conforto térmico e acústico;	Máximo de 5 pavimentos para edificações;
85% a menos de entulho no canteiro de obras;	Resistência do mercado
O sistema está diretamente ligado a sustentabilidade;	Baixa oferta de ferramentas específicas

Fonte: Adaptado de Souza (2012)

2.3 Sistema construtivo *Wood Frame*

O *Wood frame* é um sistema onde se constrói edifícios e residências com no máximo cinco pavimentos. Funciona através de perfis leves de madeira – *Pinus* é a mais usada –, contraventados com chapas estruturais de madeira industrializada transformada tipo *Oriented Strand Board* (OSB). O OSB é fabricado com três camadas cruzadas através de tiras orientadas, ocasionando maior rigidez e resistência mecânica (LEITE e LAHR, 2010).

O sistema utiliza a madeira como elemento principal em sua estrutura como mostra a Figura 2.5. As construções possibilitam excelente isolamento térmico ao recinto, levando maior conforto ao usuário (SOUZA, 2012). Para a finalização dos acabamentos, recomenda-se fazer a utilização da placa de gesso à cartonado, pois ele aceita bem outros materiais como a própria madeira, tintas, pedras, etc. (CASEMA, S/D).

Figura 2.5 Construção em *wood frame*



Fonte: Sposto *et al.* (S/D)

O travamento da estrutura é feito através do uso de pregos tipo ardox, anelado ou do tipo galvanizado a fogo, aumentando o seu tempo de vida útil, sendo uma ótima

ferramenta para fixação. As instalações hidráulicas e elétricas são embutidas nos vãos entre os montantes de madeira, evitando quebras e reduzindo ainda mais os desperdícios (CARDOSO, 2015).

Segundo Molina e Calil (2010), o *Wood Frame* tem alta capacidade para resistir aos esforços dos ventos por conta da rigidez das paredes e pisos. Quando a parede frontal ao vento é solicitada perpendicularmente ao seu plano pelos esforços horizontais, resulta-se em esforços de flexão nos montantes e placas de OSB. Esta mesma parede encaminha os esforços como carga distribuída para os pisos inferiores e superiores.

Um fato importante sobre os projetos em *Wood Frame*, é que ele não permite erros, uma vez que o sistema para ser realizado com sucesso, dependa de um projeto inteligente que obedeça às normas. Um modelo da edificação em *Wood Frame* pode ser visto de forma mais detalhada na Figura 2.6 (SANTOS, 2016).

Figura 2.6 Projeto de uma casa em *wood frame*



Fonte: Santos (2016)

É recomendando uma avaliação a cada 5 anos para possíveis manutenções da edificação. E deve-se tomar alguns cuidados na hora de fazer os reparos das instalações elétricas e hidráulicas, com o intuito de se evitar vazamentos frequentes,

pois pode suceder na deterioração da madeira empregada, causando aparecimento de fungos (CABRAL, 2015).

O sistema construtivo em *Wood Frame* permite que uma construção seja executada de maneira manual, no qual a execução torna-se uma atividade de carpintaria, sendo a edificação construída completamente no canteiro de obras. E também permite que a construção seja executada de maneira parcial ou totalmente industrializada. Parcialmente industrializada, é quando apenas alguns quadros estruturais são feitos em ambiente fabril. Totalmente industrializada, é quando as paredes são inteiramente montadas dentro da fábrica, sendo levadas para a obra apenas para serem encaixadas umas nas outras (CARDOSO, 2015).

Existem duas formas de se erguer uma construção através do *Wood Frame*. Pelo sistema *Balloon Frame* ou pelo sistema *Platform Frame*.

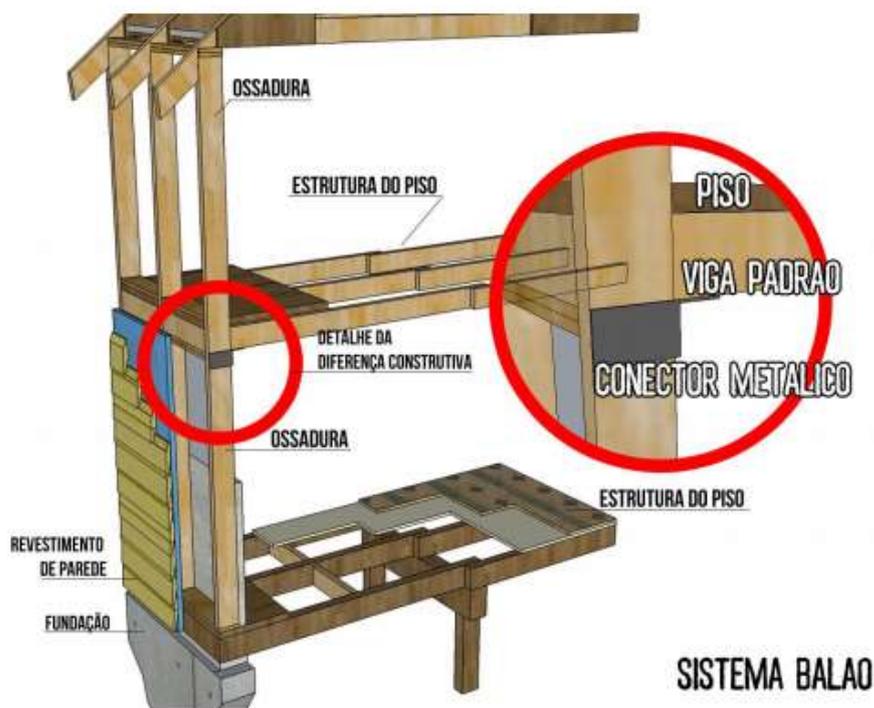
2.3.1 Balloon Frame

O sistema *Balloon Frame* (sistema balão), surgiu em meados dos anos 30 e foi evidenciado pelo engenheiro civil George Washington Snow (SANTOS, 2016). A estrutura vem desde a fundação até a cobertura, num sistema único e dependente, mostrado na Figura 2.7, onde as peças finas são pouco espaçadas (SOUZA, 2012).

Em transformação a tecnologias e hábitos no Brasil, Kruger e Seville (2016 *apud* SANTOS, 2016, p.159) apontam que o *balloon frame* tem que ser retratado como uma estrutura em malha ou também, como estrutura em trama, fazendo a utilização da expressão “estrutura em balão” por haver uma retícula que se caracteriza como uma armação e pode ser revestida como um balão.

O telhado para este tipo de construção é executado usando treliças, que contém várias vigas de madeiras verticais, horizontais e inclinadas. Este sistema é menos usado atualmente em construções de madeira, podendo não ser aconselhável o seu uso dependendo da altura da construção (SANTOS, 2016).

Figura 2.7 Sistema *balloon frame*



Fonte: Leite e Lahr (2015)

2.3.2 Platform Frame

De outro modo, temos o sistema *Platform Frame* (sistema plataforma), onde os suportes possuem a altura do pavimento e as vigas são montadas separadas das paredes, erguendo assim pavimento por pavimento de forma totalmente independente, mostrado na Figura 2.8 (SOUZA, 2012).

Segundo Meirelles et al (2008), o sistema plataforma é uma mudança técnica do sistema balão, vindo para sanar suas falhas. O *balloon* apresentava desvantagem por ter as peças sendo a altura final da construção, ao mesmo tempo que o sistema plataforma pede peças da altura da composição de um pavimento, facilitando no momento da execução da estrutura.

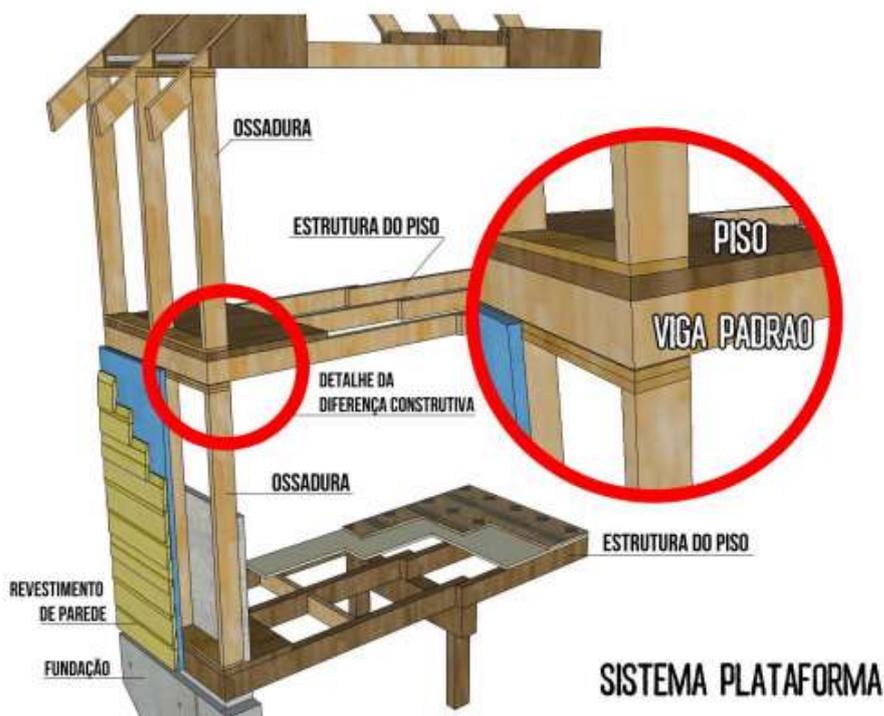
Este método tem uma abordagem mais desenvolvida quanto ao uso do *Wood Frame* e apresenta vantagens como permitir que a construção seja separada por

andar e não possuir rota para que o fogo passe de um andar para o outro (VILELA, 2013 *apud* SANTOS, 2016, p.160).

Souza (2012) aponta que apesar de possuírem os mesmos objetivos, o sistema plataforma é o mais utilizado em países adeptos ao *Wood Frame*, por sua simplicidade e agilidade no momento da construção. Destaca-se também que este sistema é mais resistente ao fogo do que o sistema balão.

Santos (2016) afirma que para o *Wood Frame* ganhar mais força na construção civil brasileira, é preciso divulgação e qualificação da mão de obra. Pois o sistema construtivo tem como vantagens uma construção mais leve, com qualidade, tecnologia sustentável, conforto térmico e acústico, e, baixo custo.

Figura 2.8 Sistema *platform frame*



Fonte: Leite e Lahr (2015)

2.4 Execução do *wood frame* utilizando o sistema construtivo *platform frame*

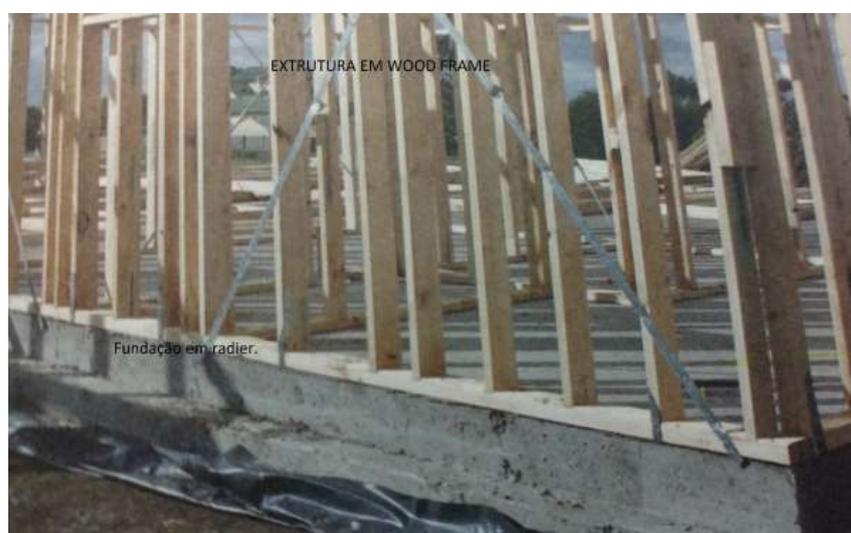
As etapas construtivas a seguir se dá, segundo o Manual de Construção em Madeira da USP (S/D). É separado em cinco partes principais: fundação, piso, paredes, cobertura e escada. O projeto a ser desenvolvido não tem escada, portanto será desconsiderado este item.

2.4.1 Fundação

As casas de madeira têm um peso bem inferior quando comparadas com as de alvenaria de tijolos ou de blocos de concreto. Por sua estrutura leve e de distribuição de carga uniforme, pode-se projetar qualquer tipo de fundação para as construções em *Wood Frame*. Contudo, necessitam de fundações apropriadas para proporcionar apoio firme e permanente para a construção (CABRAL, 2015).

Existem diversos fatores que influenciam no tipo de fundação, como a topografia, o tipo de solo, o uso da construção, número de pisos, etc. A fundação pode ser executada através de vários métodos, como alvenaria de tijolos, blocos de cimento, concreto, totalmente ou parcialmente em madeira, etc, como mostra a Figura 2.9 (USP, S/D).

Figura 2.9 Sistema de fundação em *wood frame*



Fonte: Rolim (2017)

Levando em consideração o peso leve da estrutura sobre a fundação e tendo as cargas distribuídas ao longo das paredes, para o sistema construtivo *Wood Frame*, usa-se mais fundações superficiais como o *radier* ou a sapata corrida. A altura da escavação tem que ser menor que 3 metros e são empregadas no caso de solo firme ou em cargas leves, como residências (GRAVANTE, 2016).

O presente trabalho não fará a análise de fundação para o projeto elaborado, pois como foi dito acima, esta análise depende de vários outros fatores.

2.4.2 Piso

São usados principalmente, dois tipos de pisos na construção em *Wood Frame*, que são em concreto ou madeira. A escolha do piso dependerá das preferências e disponibilidade no local (USP, S/D).

Espindola (2010 apud SANTOS, 2016, p.161) destaca que, na grande maioria os pisos são feitos de madeira, onde a estrutura do piso é formada por chapas estruturais pregadas nas vigas em madeira, resultando numa plataforma de piso, onde as paredes se apoiam. No caso do contrapiso ser feito em concreto, faz a ligação dos perfis de madeira no chão, formando o gabarito da obra, com a ajuda de resinas estruturais.

O piso de concreto somente será viável para aquelas construções que fazem o uso de fundação em concreto ou alvenaria, visto que, a execução do piso de concreto sobre estacas de madeira não seja uma técnica construtiva viável (SANTOS, 2016).

Deve-se fazer a impermeabilização das áreas molhadas e das paredes internas, de modo a garantir um tempo de vida útil maior para a edificação. Sobre o OSB faz-se a aplicação de chapas cimentícias de 12 mm, parafusando as mesmas em um greide de 20cm x 20cm (CABRAL, 2015). Para a execução do contrapiso, as placas de OSB com encaixe macho-fêmea, apresentada na Figura 2.10, são as mais utilizadas. Por fim, faz-se a colocação do piso frio com argamassa colante (RODRIGUES, 2016).

Figura 2.10 OSB com encaixe macho-fêmea



Fonte: Leroy Merlin. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/chapa-de-osb-lp-home-mf-2,4x1,2mx18,3mm-lp-brasil_89138301>

2.4.3 Paredes

De acordo com o Manual de Construção em Madeira da USP (S/D), as paredes do *Wood Frame*, são formadas por montantes, barras horizontais e barras verticais. As barras horizontais servem de apoio para os montantes, as verticais apoiarão o revestimento.

No geral a seção transversal mínima dos perfis da estrutura das paredes são: 2"x4" (38mm x 90 mm), 2"x6" (38mm x 140mm) e 2"x12" (38mm x 290mm). A posição dos montantes nas paredes do método *platform frame* ocorre por intermédio da coordenação dimensional e o espaçamento máximo é de 60cm. Este valor está correlacionado com a carga que o mesmo suporta (ESPINDOLA, 2010 *apud* SANTOS, 2016, p.162).

As instalações elétricas e hidráulicas podem ser feitas semelhante ao método utilizado na construção em alvenaria como mostra as Figuras 2.11 e 2.12. A vantagem do *Wood Frame* é que as paredes atuam como *shafts* visíveis, o que facilita na hora

da execução e manutenção das instalações. Deve-se evitar que perfis verticais sejam perfurados, de maneira que as ligações horizontais sejam feitas internamente no forro.

Figura 2.11 Instalações elétricas



Fonte: Atos Arquitetura. Disponível em:
<<http://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>

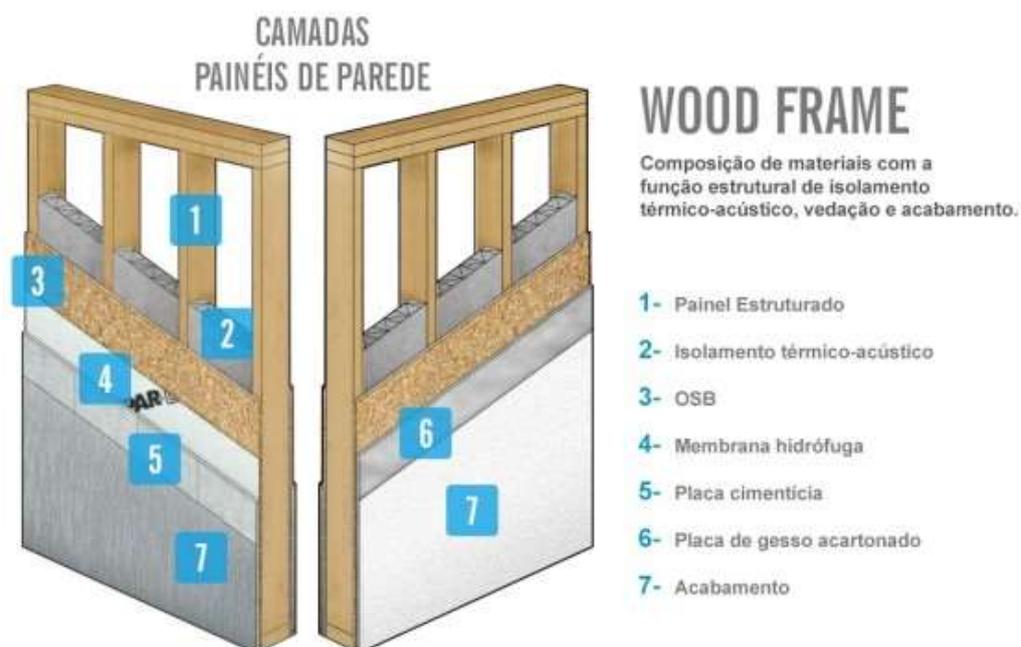
Figura 2.12 Instalações hidráulicas



Fonte: Atos Arquitetura. Disponível em:
<<http://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>

O revestimento externo pode ser feito através de vários sistemas, como: tijolo aparente, *sidings* de madeira, placas cimentícias ou argamassa armada. O revestimento interno pode ser realizado com chapas de *drywall*, que tem a capacidade de proporcionar uma superfície preparada para receber o acabamento. A Figura 2.13 mostra as camadas da parede em *Wood Frame*.

Figura 2.13 Estrutura em *Wood Frame*



Fonte: Atos Arquitetura. Disponível em:

<<http://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>

O sistema traz como uma de suas características o excelente conforto térmico e acústico, recomendando preenchimento da parede com materiais de alta resistência térmica, sendo indicados a lã de vidro ou lã de rocha. Esta camada tem a finalidade de manter o interior da edificação mais quente no inverno e mais fria no calor, retardando a passagem de calor (CARDOSO, 2015).

Nas áreas que ficarão expostas a água, recomenda-se fazer a impermeabilização com selador acrílico anti-fungos e a pintura com resina acrílica pura. A utilização da membrana hidrófuga é de extrema importância e está

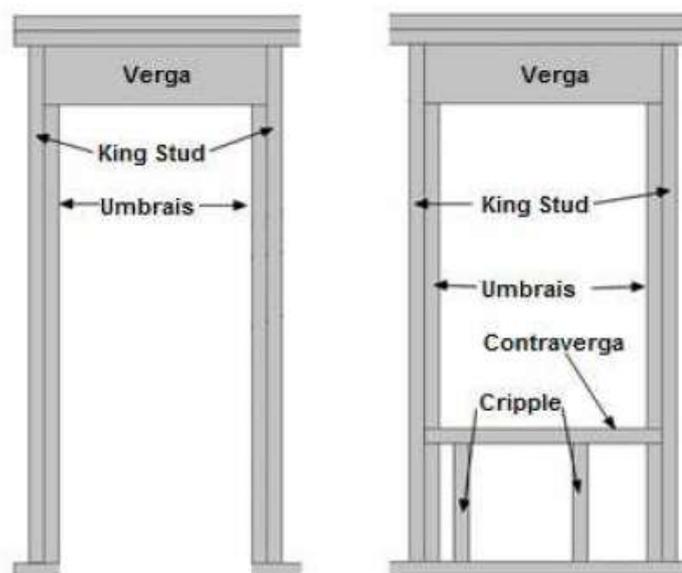
diretamente ligada com a durabilidade do sistema e com a incidência de mofo e bolores nas paredes, uma vez que sua função é impedir que a umidade externa passe para a estrutura e possibilitar que a umidade interna da residência saia pela estrutura. Por cima das membranas são fixadas as placas OSB utilizando parafusos de 2" com intervalos de 40 ou 60cm sobre os montantes (PEREIRA, 2015).

Caso haja necessidade de perfuração no montante, é preciso respeitar a especificação de diâmetro do furo com o máximo de 1/3 da espessura do montante (SILVA, 2010 *apud* ROLIM, 2017, p.43). A colocação de portas e janelas podem ser feitas com espuma de poliuretano ou usando parafusos (CABRAL, 2015).

2.4.3.1 Portas e janelas

De acordo com Cardoso (2015), a montagem dos quadros estruturais para janelas e portas requer métodos especiais, de modo a garantir a capacidade estrutural como mostra a Figura 2.14. As vergas precisam ser capazes de resistir às cargas influentes sobre ela, resultantes do pavimento superior ou telhado, podendo ser construídas através de diversas formas.

Figura 2.14 Esquema de montagem de portas e janelas



Fonte: Cardoso, 2015

Os umbrais sustentam as vergas, sendo peças com a mesma sessão dos montantes, onde sua altura deve estar no mesmo nível das vergas. O *king stud* é idêntico ao montante, no qual, forma um par de montantes nas laterais de portas e janelas. Os *cripples* são perfis de madeira verticais, adicionados após a fixação do OSB, com a função de sustentar e ajudar na pregação dos painéis. E por fim, a contraverga das janelas é uma única peça horizontal fixada por cima dos *cripples*.

2.4.3.2 Placas OSB

OSB vem da palavra *Oriented Strand Board*, em tradução livre significa Painel de Tiras de Madeira Orientadas. No Brasil, a produção de OSB ainda é recente, sendo mais usada para fins de divisórias, pisos, coberturas, etc.

A Tabela 2.3 mostra as diferentes dimensões para o uso do OSB, com espessuras e dimensões de acordo com o espaçamento dos perfis adotado.

Tabela 2.3 Dimensões dos painéis OSB

Aplicação	Espessura (mm)	Dimensão (m)	Peso Por Painel (kg)
Paredes e telhados com perfis espaçados a, no máximo, 40 cm	9,5	1,2x2,4	17,5
		1,2x3	21,9
Paredes e telhados com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm	11,1	1,2x2,4	20,4
		1,2x3	25,6
Paredes com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm. Telhados a, no máximo, 80 cm. Pisos e lajes a, no máximo, 40 cm.	15,1	1,2x2,4	27,8
Pisos e lajes com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm.	18,3	1,2x2,4	33,7

Fonte: LP. Disponível em: <<https://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-osb-home-plus-estrutural.html>>

As placas OSB seguem os padrões impostos pelas normas americanas, uma vez que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece dimensões, condições e tolerâncias para classificação de chapas de compensada, madeiras aglomeradas e MDF, mas não cita sobre o OSB (ROLIM, 2017).

De acordo com a Futureng (2017 *apud* ROLIM, 2017, p.29-30) os painéis OSB obedecem aos conceitos de sustentabilidade, pois exige menos energia em relação a outros materiais de construção, sendo um material completamente reciclável.

Na confecção do OSB, são dispostas as tiras de madeira em uma única direção, são prensadas em camadas perpendiculares entre si e sob alta temperatura e pressão são coladas com resina. Com isso a placa OSB fica rígida, estável e resistente a impactos físicos (CAIRES, S/D).

Segundo Caires (S/D) abaixo seguem as seguintes vantagens no uso da placa OSB:

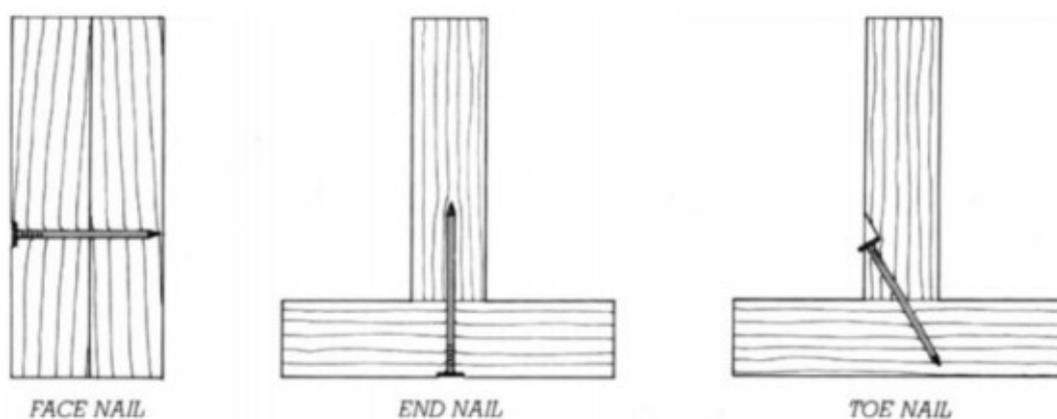
- Feito com madeira de reflorestamento, apresentando menor impacto ambiental;
- Consistente e uniforme – onde é colocado, não deixa espaços vazios; Bom isolamento termoacústico;
- Alta flexibilidade;
- Longa durabilidade – o processo de produção traz boa resistência físico-mecânica para a peça, tendo um melhor comportamento que o madeirite.
- Resistente ao fogo – o produto atende as exigências das normas estabelecidas pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT. Os materiais suportam uma resistência mínima de 30 minutos.

2.4.3.3 Elementos de fixação

Na maioria das construções em *Wood Frame*, a ligação é feita através de três tipos de pregação mostradas na Figura 2.15, de acordo com Allen et al (2011 *apud* ROLIM, 2017, p.38). A pregação *toe nail* é feita em ângulo e é adotada quando não é possível fazer a aplicação da pregação do tipo *end nail*.

Molina e Calil (2010) apontam que as ligações são feitas com pregos galvanizados, pois são tratados e tem maior resistência contra fungos e intempéries. Os autores ainda destacam que podem ser usados pregos do tipo ardox ou anelado, que são pregos que dificultam o seu arranchamento da estrutura.

Figura 2.15 Tipos de pregações



Fonte: Rolim (2017)

2.4.4 Cobertura

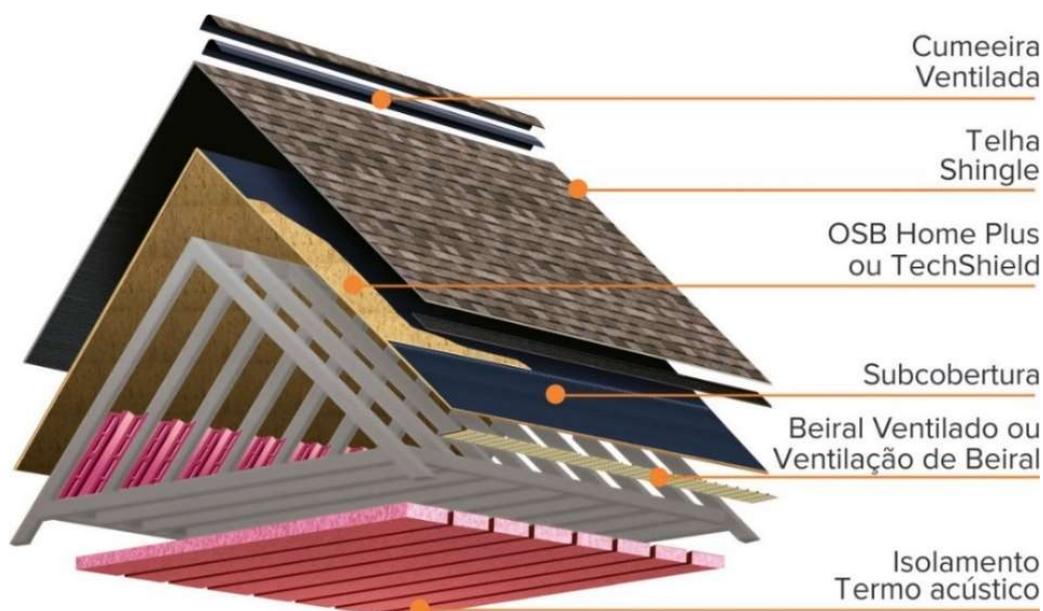
Na execução da cobertura o sistema mais comum de telhas é o tipo *shingle* como mostra a Figura 2.16, pois esse tipo traz como característica a execução rápida e simples no processo de construção. As telhas são colocadas sobre os painéis de OSB, permitindo uma maior impermeabilização caso haja telhas apresentando defeitos ou estejam danificadas.

Molina e Calil (2010) apontam que ao adotar telhas *shingle*, pode haver encarecimento da estrutura, uma vez que elas demandam um deck de OSB para servir de apoio sobre as treliças. Não obstante, ao adotar telhas cerâmicas pode-se utilizar ripas sobre as treliças, recomendando aplicação de impermeabilização antes do ripamento, de modo a garantir a estanqueidade do sistema.

Recomenda-se o uso da tesoura, quando as construções têm formato retangular, onde a cobertura ficará com duas águas (SANTOS, 2016). A flexibilidade

do sistema construtivo *Wood Frame* permite a execução de diversos tipos de telhados. De acordo com Espindola (2010 *apud* SANTOS, 2016, p.162), os tipos e os materiais das telhas podem variar. As ripas serão necessárias para o posicionamento correto das telhas dependendo da escolha da cobertura e os espaçamentos podem ser de 60cm a 120cm conforme o tipo de telha escolhida.

Figura 2.16 Telhas *shingle*



Fonte: Espaço Smart. Disponível em: <<http://www.espacosmart.com.br/telhas-shingle/>>

3 METODOLOGIA

Para realização do presente estudo utilizou-se por metodologia a revisão bibliográfica para apresentar um estudo sobre o sistema construtivo do *Wood frame* e também uma breve contextualização deste no mercado brasileiro.

Foi adotado também um estudo de caso desenvolvido em duas etapas: análise qualitativa por meio de questionário e levantamento orçamentário de um projeto que atende aos requisitos para ser classificado como de interesse social.

A seguir, descreve-se os procedimentos utilizados para coleta de informações no que diz respeito ao estudo de caso desenvolvido.

3.1 Projeto arquitetônico

O site da CAIXA mostra que o programa Minha Casa Minha Vida está ligado à Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades, sendo criado em 2009, com o propósito de fazer com que as moradias pudessem ser acessíveis para todos os cidadãos, através de cooperativas habitacionais, associações e outras entidades privadas sem fins lucrativos. O programa é administrado para famílias com renda mensal bruta de no máximo R\$ 1.600,00. Os projetos devem ser aprovados pela CAIXA e o processo de seleção das famílias tem que ser claro, onde faz-se a publicação dos critérios de seleção por meios de comunicação do Município.

Quase 50% dos imóveis do programa Minha Casa Minha Vida apresentaram falhas de construção entre os anos de 2011 e 2014 como mostra Murilo (2017). Os problemas predominantes nas edificações foram trincas, fissuras, infiltração, vazamentos e cobertura. O autor ainda destaca que os problemas citados podem aparecer numa única casa. Cerca de 4 em 10 empreendimentos não seguiram 100% das especificações dos projetos. De acordo com Ferreira (2010), é necessária uma revisão dos conceitos de construção das casas populares.

O programa Minha Casa Minha Vida estipula que o projeto para uma casa popular térrea deve conter: dois quartos; sala; cozinha; banheiro e área de serviço. Sendo permitido uma área mínima de 32 m² para casas sem acessibilidade e 36 m²

Destacando o uso do *Wood Frame* para que a população de baixa renda tenha acesso a casas com padrão de qualidade elevado e sustentável, uma vez que, o sistema é capaz de proporcionar conforto ao usuário e sustentabilidade desde o momento da fabricação das peças de construção.

3.2 Orçamentos

3.2.1 Wood Frame

O orçamento foi elaborado para o projeto desenvolvido com valores unitários através de telefone e troca de e-mails, para os dois tipos de sistemas construtivos *Wood Frame* e alvenaria. Deu-se prioridade para as empresas que forneciam o material em Caratinga-MG. Quando o material não foi encontrado na cidade citada, recorreu-se a outras cidades. O Quadro 3.1 apresenta os valores dos insumos.

Quadro 3.1 Orçamento para estrutura em *Wood Frame*

Perfil de Madeira				
Tipo	Comprimento (m)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Valor (R\$)
Serrada Eucalipto	1	38	90	R\$5,03
Elementos de Fixação				
Tipo	JP x LPP	Pol. Ingl x BWG	Quantidade (kg)	Valor (R\$)
Prego ardox	15 x 15	1. ¼ x 13	1	R\$25,00
Prego ardox	18 x 27	2. ½ x 10	1	R\$9,30
Prego ardox	18 x 30	2. ¾ x 10	1	R\$12,50
Tipo	Polegada	Comprimento (mm)	Quantidade (kg)	Valor (R\$)
Parafuso	2"	50	1	R\$0,10
Tipo	Quantidade (kg)			Valor (R\$)
Resina epoxi	1			R\$38,50

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 3.1 Orçamento para estrutura em *Wood Frame* (continuação)

Placa OSB			
Tipo	Dimensão (m)	Espessura (mm)	Valor (R\$)
OSB 10 mm	1,20 X 2,40	10	R\$51,30
Isolante Térmico e Acústico			
Tipo	Rolo (m ²)	Valor (R\$)	
Lã de vidro	15	R\$185,00	
Piso			
Contrapiso	Unidade	Valor (R\$)	
Areia média	M ³	R\$60,00	
Cimento CII - Cauê	50 KG	R\$18,75	
Impermeabilização			
Tipo	Espessura (mm)	Rolo (m ²)	Valor (R\$)
Membrana Hidrófuga	1,30 m x 1,50 m	50	R\$280,00
Tipo	Balde (kg)	Valor (R\$)	
Membrana acrílica	18	R\$199,90	
Cobertura			
Telha	Tipo	Valor (R\$)	
Telha Cerâmica	Romana	R\$0,80	
Madeira	Dimensão (cm)	Comprimento (m)	Valor (R\$)
Ripa	4x2	1	R\$2,00
Caibro	7x6	1	R\$12,00
Terça	6x12	1	R\$18,00
Estrutura do telhado	6x12	1	R\$18,00

Fonte: Elaborado pela autora

Não foi levado em consideração o sistema de fundação para os dois métodos construtivos, uma vez que para a sua execução depende de vários outros fatores que não foram o foco do trabalho. Também não foi levado em consideração os acabamentos, em virtude de o estudo ter maior foco na parte estrutural do sistema.

Para a estrutura foi adotado o perfil de madeira tratada da espécie *eucalipto* através da empresa Mademix localizada em Caratinga-MG, com bitola de 2" x 4" (38mm x 90mm). Adotou-se a placa OSB de 10mm, pois a autora adotou o espaçamento dos perfis de madeira de 40 cm, o orçamento foi feito por meio da empresa Palowa localizada em Ipatinga-MG.

A fixação dos perfis de madeira no chão, para a formação do gabarito da obra, é realizada através do uso de adesivo estrutural. Adotou-se a resina epóxi da marca Vedacit, orçada através do site Mercado Livre, pois não foi encontrado o insumo na cidade de Caratinga-MG.

Com o intuito de garantir ventilação e estanqueidade das paredes, faz-se o uso da membrana hidrófuga, não sendo encontrada na região, portanto, foi necessário buscar o valor na cidade de Belo Horizonte através da empresa Tegape. E para a impermeabilização das áreas molhadas e paredes externas utilizou-se a membrana acrílica branca de 18 kg da marca Vedacit, aplicada a frio, o orçamento foi feito por meio do site Telha Norte, uma vez que o material não foi encontrado em Caratinga-MG.

Para a pregação do sistema foi adotado o prego do tipo ardox, por ser mais difícil de ser extraído da estrutura, orçado através da empresa Ferrobras localizada em Caratinga-MG. Para o isolamento térmico e acústico o sistema permite o uso de lã de rocha, lã de vidro e lã mineral. Por escolha do autor e facilidade de encontrar o material na região, optou-se pelo uso da lã de vidro, orçada na empresa Constrular localizada em Caratinga-MG.

Geralmente usa-se o próprio sistema de fundação radier para a utilização do contrapiso, como não foi feito o estudo de fundação, fez-se o orçamento dos materiais para a execução do mesmo, sendo orçados areia média através da empresa Cerâmica Cervil LTDA e cimento CPlI através da empresa Paiol do Cimento & Cia ambas localizadas em Caratinga-MG.

Para estrutura do telhado, considerou ripa de madeira com dimensão de 4 cm x 2 cm, caibro com dimensão de 7 cm x 6 cm, terço com dimensão 6 cm x 12 cm e as tesouras com dimensão de 6 cm x 12 cm, orçados na Serraria Guanabara localizada em Caratinga-MG. E para finalizar, não foi encontrado telha do tipo *shingle* na região,

então optou-se por telha do tipo romana, orçada na empresa União Pré-moldados localizada em Caratinga-MG. Foi adotado beiral com 30 cm em torno de toda a casa.

3.2.2 Alvenaria convencional

Para o sistema de alvenaria convencional foi levado em consideração os materiais mais usados na região e o peso relativamente leve da estrutura para a realização do orçamento como mostra o Quadro 3.2.

Quadro 3.2 Orçamento para estrutura em alvenaria

Ferragem		
Tipo (mm)	Comprimento (m)	Valor (R\$)
Barra 5.0	12	R\$7,70
Barra 6.3	12	R\$11,30
Barra 8.0	12	R\$18,25
Barra 10.0	12	R\$27,00
Areia		
Tipo	Unidade	Valor (R\$)
Média	m ³	R\$60,00
Grossa	m ³	R\$60,00
Brita		
Tipo	Unidade	Valor (R\$)
3/4	M ³	R\$110,00
Cimento		
Tipo	Quantidade (saco)	Valor (R\$)
CPII - Cauê	50 KG	R\$18,75
Tijolo		
Tipo	Dimensão (cm)	Valor (R\$)
Bloco Cerâmico	10x20x20	R\$0,35
Fôrmas		
Tipo	Dimensão	Valor (R\$)
Tabua Pinus	3m x 30cm	R\$17,00
Escoras		
Tipo	Dimensão (cm)	Valor (R\$)
Eucalipto	12	R\$7,50

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 3.2 Orçamento para estrutura em alvenaria (continuação)

Impermeabilização		
Tipo	Balde (kg)	Valor (R\$)
Membrana acrílica	18	R\$199,90
Cobertura		
Telhas	Tipo	Valor (R\$/un)
Telha Cerâmica	Romana	R\$0,80
Madeira	Dimensão (cm)	Valor (R\$/m)
Ripa	4 x 2	R\$2,00
Caibro	7 x 6	R\$12,00
Terça	6 x 12	R\$18,00
Estrutura do telhado	6 x 12	R\$18,00

Fonte: Elaborado pela autora

Para a estrutura adotou-se pilares de 14 cm x 30 cm e vigas de 14 cm x 25 cm. O cimento escolhido foi do tipo CPII para uso em todas as fases de construção, sendo orçado na empresa Paiol do Cimento & Cia. A escolha das ferragens se deu pelo uso de aço CA-50 sendo 4 barras de 10.0mm para os pilares e 2 barras de 8.0mm e 2 barras de 6.3mm, totalizando 4 barras para as vigas, o material foi orçado na empresa Ferrobras localizada em Caratinga-MG.

Adotou-se o concreto fck 20 MPa, para isso, fez-se a utilização da areia do tipo grossa, brita $\frac{3}{4}$ e cimento CPII. Os orçamentos dos materiais foram feitos em Caratinga-MG, a areia através da empresa Cerâmica Cervil LTDA, a brita através do Depósito Dângelo Materiais de Construção e o cimento através da empresa Paiol do Cimento & Cia.

Levando em conta as dimensões da parede no projeto realizado, adotou-se o tijolo cerâmico de 10 cm x 20 cm x 20 cm, o orçamento foi feito através do Depósito Dângelo Materiais de Construção. Para as fôrmas adotou-se tábua de madeira da espécie *pinus* de 30 cm para as vigas e duas tábuas de 20 cm para os pilares, o orçamento foi realizado na empresa Casa da Madeira, localizada em Caratinga-MG. E para o escoramento utilizou-se madeiras de eucalipto com seis metros de altura e a sua dimensão pode variar entre 10 a 12 cm de largura, orçamento realizado na empresa União Pré-Moldados.

Para a execução do contrapiso, fez-se a utilização de areia média e cimento CII. O orçamento da areia média foi feito através da empresa Cerâmica Cervil LTDA. Para a cobertura e impermeabilização das áreas molhadas, utilizou-se o mesmo sistema adotado para o método construtivo *Wood Frame*.

3.3 Questionário sobre aceitabilidade do sistema construtivo *Wood Frame*

As construções com estruturas de madeira podem não ser tão popularizada no Brasil por diversos motivos, alguns autores destacam os seguintes fatores. Meirelles (2008 *apud* OLIVEIRA, 2014, p.22) aponta que os motivos podem vir desde a chegada dos portugueses trazendo uma forte tradição das construções em alvenaria, até a falta de enaltecimento da madeira em cursos de Arquitetura e Engenharia. Castro (2008 *apud* OLIVEIRA, 2014, p.22) aponta que a madeira é relacionada a dois pontos extremos da construção civil, sendo usada para habitações populares ou para construções de luxo, servindo como segunda opção de moradia.

Afim de classificar a proporção de aceitabilidade do sistema construtivo na cidade de Caratinga-MG, foi elaborado uma pesquisa de caráter quantitativo no condomínio Vila do Sol, financiado pelo programa Minha Casa Minha Vida, localizado no bairro Anápolis, através de um questionário de 12 perguntas, onde o próprio autor colheu as respostas no local. Segue em anexo as perguntas que foram desenvolvidas para que os moradores do local pudessem responder.

A primeira pergunta pretende saber qual o grau de escolaridade do morador, através das seguintes opções: primeiro grau completo; segundo grau completo; ensino superior completo; e especialização e outros.

A segunda pergunta pretende mostrar qual o nível de importância da sustentabilidade para o morador, através das seguintes opções: nenhuma importância; pouca importância; media importância; e grande importância.

A terceira pergunta visa entender se o morador tem algum conhecimento sobre a estrutura da casa em que mora, através das seguintes opções: sim ou não.

A quarta e quinta pergunta tem em vista mostrar quantas pessoas conhecem ou já ouviram falar de casas com estrutura de madeira e sobre o *Wood Frame*, através

das seguintes opções: sim ou não. A sexta pergunta vai ser respondida por aqueles moradores que responderam “sim” para a quinta pergunta, pretendendo saber através de qual meio comunicativo o morador conheceu o sistema *Wood Frame* com base nas opções: televisão; revistas; internet; e outros.

A sétima pergunta tem a pretensão de saber se o morador sabe qual dos dois sistemas construtivos agride mais o meio ambiente, através das seguintes opções: alvenaria ou *Wood Frame*. A oitava e nona pergunta pretende saber se os moradores tem o conhecimento do conforto e da durabilidade proporcionado por casas de madeira, através das seguintes opções: sim ou não.

A décima pergunta visa saber do morador, se ele teria interesse em morar em uma casa com estrutura de madeira pedindo para que a resposta fosse justificada de forma opcional, através das seguintes opções: sim ou não. Após responder esta pergunta, foi mostrado imagens e falado brevemente do sistema construtivo *Wood Frame*, vindo em seguida a penúltima pergunta.

A décima primeira pergunta tem o objetivo de saber se após conhecer um pouco sobre o sistema construtivo *Wood Frame*, qual seria o nível de segurança do mesmo em morar em uma casa neste método construtivo, através das opções: nenhum; baixo; médio; e alto.

E por fim, a última pergunta pretende mostrar quantos moradores tem o conhecimento sobre o financiamento de casas com estrutura de madeira por meio do programa Minha Casa Minha Vida, através das opções: sim ou não.

O Questionário foi elaborado no programa Word e levado impresso até o local de pesquisa, junto com imagens para que se pudesse apresentar o método construtivo *Wood Frame*, com o intuito de agregar mais conhecimento sobre o assunto para os entrevistados.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Através do projeto apresentado, foi realizado um orçamento unitário que atendesse dois sistemas construtivos, *Wood Frame* e alvenaria convencional. Também foi realizado um questionário quantitativo, com o intuito de apurar a aceitabilidade do *Wood Frame*. Através do levantamento de materiais e dos resultados obtidos através da pesquisa, chegou-se nos resultados que serão retratados a seguir.

4.1 Orçamentos

Observando-se os dados adquiridos pelo levantamento quantitativo de materiais e com base em diversas tabelas orçamentárias, chegou-se aos resultados mostrados nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 Orçamento total da estrutura em *wood frame*

ESTRUTURA		
Material	Quantidade	Valor
Perfis de Madeira 38x90 (mm)	158 unid.	R\$1.996,41
OSB 10mm	66 unid.	R\$3.385,80
Membrana acrílica	8 baldes	R\$1.599,20
Membrana hidrófuga	4 rolos	R\$1.120,00
Lã de Vidro	8 rolos	R\$1.480,00
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$9.581,41</i>
ELEMENTOS DE FIXAÇÃO		
Prego Ardox 15 x 15	12 Kg	R\$300,00
Prego Ardox 18 x 27	10,5 Kg	R\$97,65
Prego Ardox 18 x 30	11 Kg	R\$137,50
Parafuso 2"	1188 unid.	R\$118,80
Resina Estrutural	24 latas	R\$924,00
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$1.577,95</i>
CONTRAPISO		
Areia média	2 m ³	R\$120,00
Cimento	9 sacos	R\$168,75
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$288,75</i>

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 4.1 Orçamento total da estrutura em *wood frame* (continuação)

COBERTURA		
Material	Quantidade	Valor
Telha Cerâmica	1100 UNID.	R\$880,00
Mad. Terça	6 unid.	R\$842,40
Mad. Caibro	34 unid.	R\$1.387,20
Mad. Ripas	19 unid.	R\$296,40
Mad. Estrutura	24 unid.	R\$930,42
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$4.336,42</i>
TOTAL		R\$15.784,53

Tabela 4.2 Orçamento total da estrutura em alvenaria convencional

BARRAS		
Material	Quantidade	Valor
Barras p/ Estribo 5.0	26 unid.	R\$220,20
Barras p/ Vigas 6.3	7 unid.	R\$79,10
Barras p/ Vigas 8.0	7 unid.	R\$127,75
Barras p/ Pilares 10.0	9 unid.	R\$243,00
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$670,05</i>
CONCRETO		
Brita	7 caminhões	R\$770,00
Tijolo	2500 unid.	R\$875,00
Cimento	50 sacos	R\$937,50
Areia Grossa	8 m ³	R\$480,00
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$3.062,50</i>
CONTRAPISO		
Cimento	9 sacos	R\$168,75
Areia Média	2 m ³	R\$120,00
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$288,75</i>
FÔRMAS E ESCORAS		
Fôrmas 30 cm	27 unid.	R\$459,00
Fôrmas 20 cm	36 unid.	R\$360,00
Escoras	15 unid.	R\$112,50
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$931,50</i>
IMPERMEABILIZAÇÃO		
Membrana acrílica	1 balde	R\$199,90
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$199,90</i>

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 4.2 Orçamento total da estrutura em alvenaria convencional (continuação)

PREGOS		
Material	Quantidade	Valor
Prego Ardox 15 x 15	6 kg	R\$150,00
Prego Ardox 18 x 27	5 kg	R\$62,50
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$212,50</i>
COBERTURA		
Telha Cerâmica	1100 unid.	R\$880,00
Mad. Terça	6 unid.	R\$842,40
Mad. Caibro	34 unid.	R\$1.387,20
Mad. Ripas	19 unid.	R\$296,40
Mad. Estrutura	24 unid.	R\$930,42
<i>SUBTOTAL</i>		<i>R\$4.336,42</i>
TOTAL		R\$9.701,62

Fonte: Elaborado pela autora

Chegou-se ao custo final da estrutura em R\$15.784,53 para a construção em *Wood Frame* e R\$9.701,62 para a construção em alvenaria convencional. Ao dividir o valor pela metragem quadrada que é 38,47 m² da residência, chega-se em R\$410,31 valor por metro quadrado para o projeto em *Wood Frame* e R\$252,19 valor por metro quadrado para o projeto em alvenaria.

Através da análise sobre os resultados, observa-se que a execução das paredes da edificação em *Wood Frame* apresenta valor mais elevado, já que o seu custo está relacionado com as chapas OSB, isolante térmico e acústico, impermeabilização e a membrana hidrófuga, materiais com valores altos. Já as paredes da construção em alvenaria convencional são constituídas por pilares de concreto armado e vedação em tijolos cerâmicos.

O custo da execução do contrapiso aponta o mesmo valor para os dois sistemas, pois não foi levado em consideração a execução de fundação. Para o sistema em *Wood Frame* dispensa-se o uso de lastro de concreto e contrapiso, pois o sistema mais utilizado é a fundação em radier, onde pode-se fazer a colocação de piso direto sobre a laje, gastando apenas com a impermeabilização do sistema nas áreas molhadas. Já para o sistema em alvenaria convencional, não é sempre que se adota a fundação em radier, precisando talvez da realização do contrapiso.

Após a realização de um orçamento quantitativo para os métodos construtivos em alvenaria e *Wood Frame*, através de um projeto com 42,19 m², Pereira (2015) chegou nos seguintes resultados: R\$37.933,57 para o projeto em *Wood Frame* e R\$40.562,66 para o projeto em alvenaria. A autora afirma que as obras em *Wood Frame* têm tudo para crescer no Brasil, afirmando faltar apenas enaltecimento do assunto.

Em cima dos valores precitados, Pereira (2015) destaca que ao se comparar o sistema de fundação para alvenaria e *Wood Frame*, o valor é menor para o sistema com estrutura de madeira, visto que, a edificação é mais leve, solicitando um tipo de fundação mais superficial do que as vigas baldrame em concreto armado utilizadas pelo sistema em alvenaria convencional.

Pereira (2015) continua afirmando que na fase dos revestimentos das paredes internas e externas pode haver uma variação de preços, posto que, a vedação em *Wood Frame* é melhor acabada, com isso faz-se mais fácil a regularização, gerando menor custo se comparada ao sistema em alvenaria.

Na finalização do trabalho, Pereira (2015), evidencia que ao analisar o tempo de construção dos dois métodos, o *Wood Frame* se destaca pelo modo rápido garantido pelo sistema, sendo uma de suas maiores vantagens. Posto que, uma obra em alvenaria que gastaria 2 meses para ficar pronta, pode ser executada em apenas 3 semanas através do sistema construtivo *Wood Frame*. Em vista disso, haverá uma redução no valor de mão de obra se comparado ao de alvenaria.

Segundo Santos (2016), em 2013 a Rede iVerde, localizada em Pelotas (RS), em uma parceria com a Caixa Econômica Federal providenciou para a população carente da região, unidades habitacionais sustentáveis, por meio de um projeto denominado Residencial Haragano executado pela empresa TECVERDE, empregando o modelo construtivo *Wood Frame*. O modo rápido de construção, permitiu que as unidades ficassem prontas com um terço do prazo ao serem comparadas com a execução de uma habitação com a mesma área em alvenaria.

Meirelles et al (2008) também aponta que o *Wood Frame* traz uma grande vantagem para o meio da construção civil, sendo o menor tempo de execução de obra. Afirmando ainda que quando a construção em madeira é projetada com grande

conhecimento do material, as estruturas podem apresentar grande durabilidade, praticidade construtiva e leveza.

Logo após um estudo de valores quantitativos para o projeto de uma casa com 51 m², através dos sistemas em alvenaria, madeira de lei e *Wood Frame*, Souza (2012) chegou nos seguintes resultados: R\$58.820,00 para o projeto em alvenaria, R\$59.604,00 para o projeto em madeira de lei e R\$49.073,00 para o projeto em *Wood Frame*. A autora também evidencia o uso do *Wood Frame*, sendo o sistema com maiores vantagens construtivas e menor preço, mesmo que o sistema ainda seja pouco usado no Brasil.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2012) analisou a construção de 280 unidades com uma área de 44,54m² para o programa Minha Casa Minha Vida no Rio Grande do Sul. Nas conclusões o CBIC apresenta várias vantagens no uso do *Wood Frame*, ressalta que ao executar o sistema de modo industrial, diminui-se ainda mais o tempo de execução, uma vez que as conjunções de trabalho são pouco ou quase nada afetadas pelo clima externo. Destacando também que este tipo de processo construtivo diminui os riscos de acidente de trabalho, o que torna o ambiente mais seguro.

O CBIC também evidencia na redução de resíduos que foi cerca de 90% em comparação com obras convencionais e na redução de emissão de gases causadores do efeito estufa. Destaca que ao adotar o *Wood Frame*, o sistema construtivo já engloba no cumprimento de dez itens do Selo Azul da Caixa e finaliza frisando que a madeira utilizada vem de unidades de reflorestamento, tornando o material como um bem renovável.

Segundo Souza (2012) a utilização de técnicas com materiais alternativos, de rápida execução e soluções racionalizadas, pode vir a sanar o problema de déficit habitacional que o Brasil enfrenta, uma vez que essas vantagens trarão possibilidade de flexibilidade de projeto para a maioria das obras, levando em conta o grande potencial no setor madeireiro do país.

Ao analisar os resultados conseguidos pelos autores precitados, pode-se dizer que o *Wood Frame* é um sistema com alta qualidade construtiva, sustentabilidade comprovada, rapidez de execução e com custo benefício. Ainda que a pesquisa realizada tenha sido contrária aos valores apresentados por outros autores, acredita-

se que este problema pode estar ligado a falta de fornecedores na região e a falta de informação para a realização do orçamento.

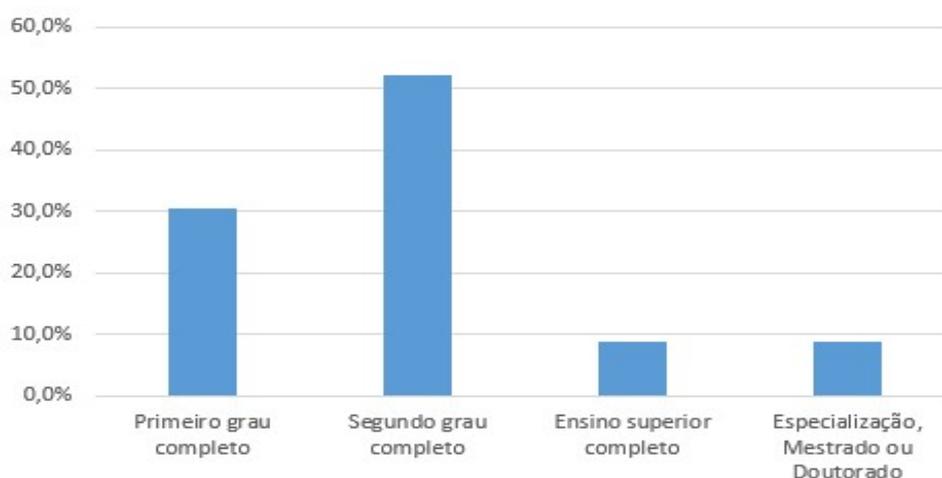
4.2 Questionário

As respostas do questionário foram obtidas através de 23 de 38 moradores do condomínio Vila do Sol, ficando claro que mais de 50% se dispuseram para responder.

No cabeçalho do questionário haviam duas breves perguntas, o sexo e a idade. Através das mesmas pôde-se chegar nas seguintes conclusões: 52,20% dos entrevistados são mulheres e 47,80% são homens. Tendo os entrevistados idade entre 22 anos a 59 anos. De uma forma geral, uma parte dos usuários já passaram por uma fase de construção ou aquisição de um imóvel, devido a faixa etária em que os usuários estão incluídos.

As respostas fornecidas para a primeira pergunta mostraram que dos entrevistados 30,4% tem apenas o primeiro grau completo, 52,20% tem o segundo grau completo, 8,70% tem ensino superior completo e 8,70% tem especialização, mestrado ou doutorado. Essa abordagem é de grande importância, posto que, as características de estudo dos usuários podem alterar significativamente o resultado da pesquisa. A Figura 4.1 apresenta os resultados.

Figura 4.1 Gráfico da primeira pergunta

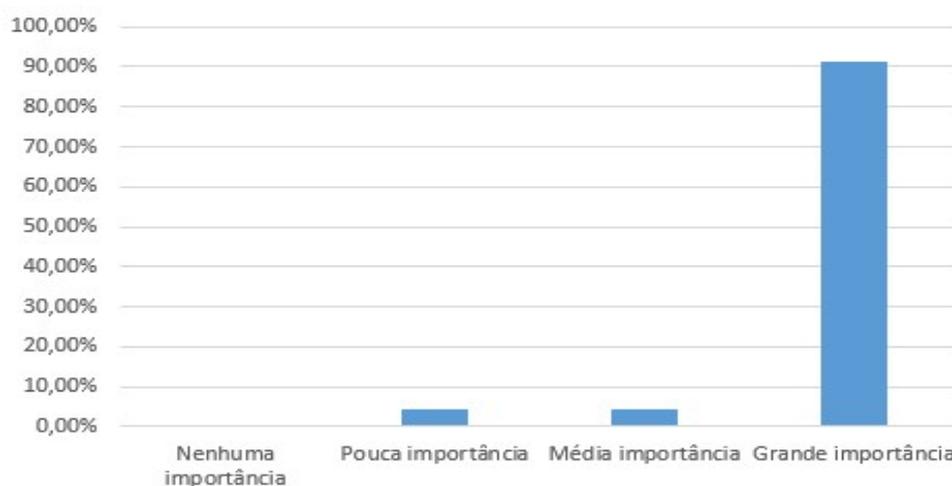


Fonte: Elaborado pela autora

A segunda questão procurou saber qual o nível de importância da sustentabilidade para os usuários, intencionando medir qual as porcentagens dos respondentes em relação a conscientização quanto a preservação do meio ambiente. Demonstrando que quase todos os entrevistados consideram a sustentabilidade sendo de grande relevância.

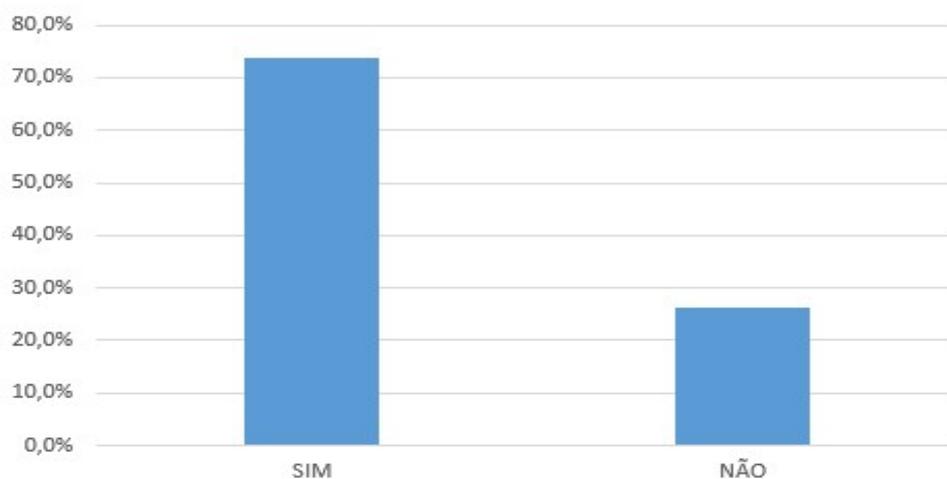
Assim sendo, os resultados ficaram da seguinte forma, apresentados na Figura 4.2: 4,30% consideram de pouca importância, 4,30% consideram de média importância e 91,40% consideram de grande importância. Sendo importante frisar que nem todos os entrevistados souberam o que significa o termo sustentabilidade, sendo necessário o esclarecimento do assunto.

Figura 4.2 Gráfico da segunda pergunta



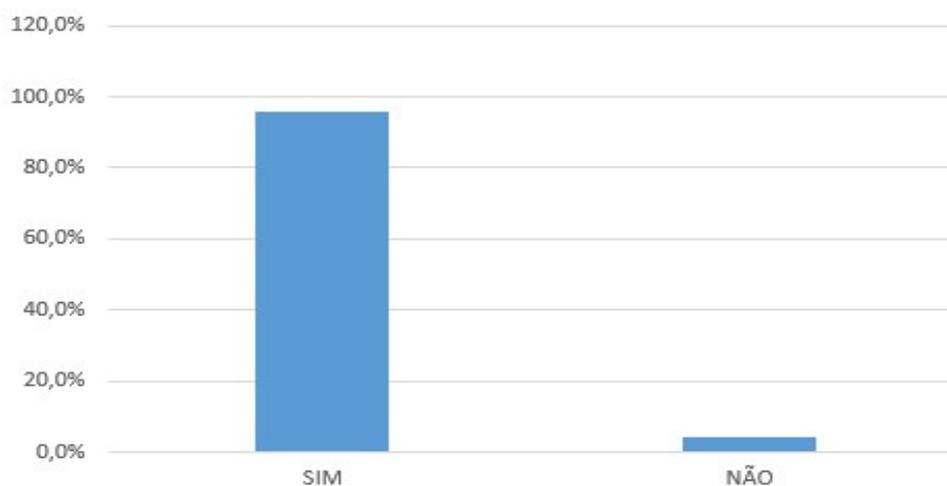
Fonte: Elaborado pela autora

A terceira pergunta objetivou saber se os usuários conheciam pelo menos o básico da estrutura da casa em que mora, mostrando que a maioria dos entrevistados tinham conhecimento, mesmo não tendo estudo técnico sobre o assunto. Chegando nas seguintes conclusões apresentadas na Figura 4.3: 73,90% responderam conhecer a estrutura da casa em que moram e 26,10% responderam não conhecer.

Figura 4.3 Gráfico da terceira pergunta

Fonte: Elaborado pela autora

A quarta pergunta destaca que a maioria dos entrevistados conhecem ou já ouviram falar de casas com estrutura de madeira, sendo que alguns entrevistados disseram já ter morado em casas de madeira. Podendo observar que mesmo morando em um país onde as construções em alvenaria são fortemente empregadas, as casas de madeira também têm o seu reconhecimento. Chegando nos seguintes resultados, demonstrados na Figura 4.4: 95,70% dos entrevistados já ouviram falar de casas com estrutura de madeira e 4,30% não conhecem e nem ouviram falar.

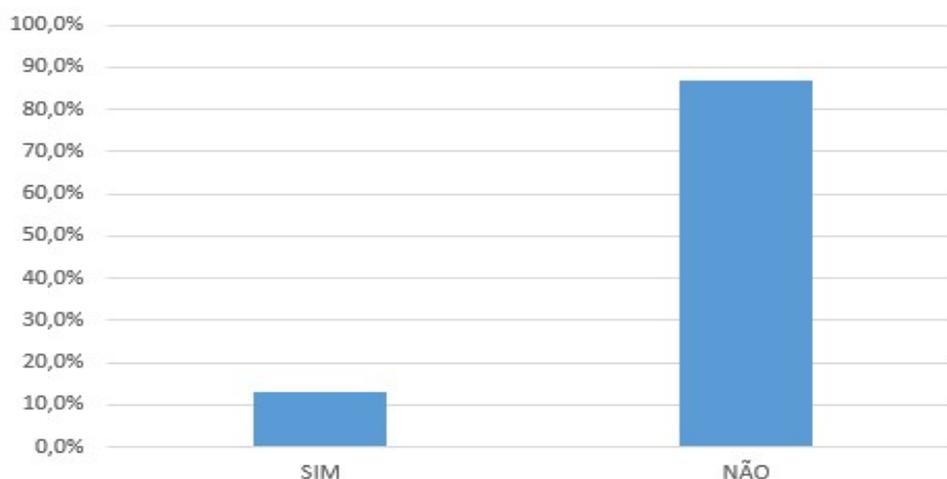
Figura 4.4 Gráfico da quarta pergunta

Fonte: Elaborado pela autora

A quinta pergunta tencionou saber, se, embora os usuários tivessem conhecimento sobre casas de madeira, conheciam o sistema construtivo *Wood Frame*. Identificando que a maioria não tem conhecimento sobre o sistema. Alguns entrevistados ficaram curiosos em relação a denominação e quiseram saber um pouco sobre do que se tratava.

Os resultados obtidos estão expostos na Figura 4.5, sendo: 13,0% responderam que conheciam o sistema e 87,0% não conheciam. Constatase que por falta de divulgação e enaltecimento, o sistema não é popular.

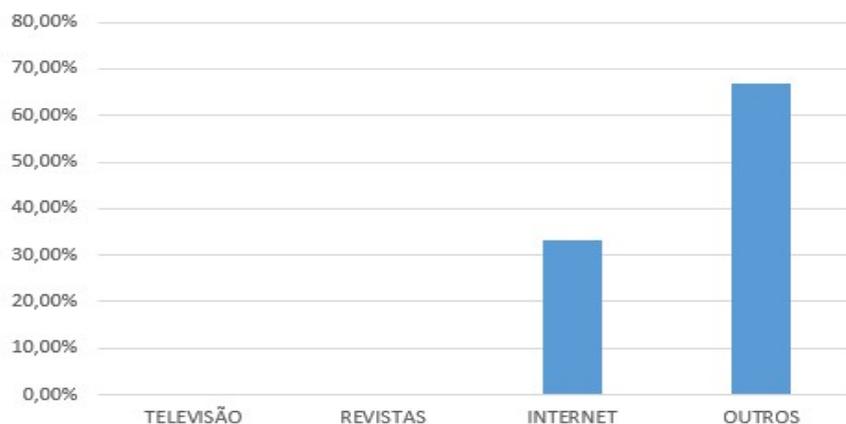
Figura 4.5 Gráfico da quinta pergunta



Fonte: Elaborado pela autora

A sexta pergunta foi formulada para saber através de qual plataforma os entrevistados – que responderam conhecer o *wood frame* – tinham conhecido o sistema, tendo apenas 3 usuários para responder esta pergunta. De acordo com as respostas – apresentadas na Figura 4.6 – para a questão cinco, chegou-se nos seguintes resultados: 33,3% disseram ter conhecido através da internet e 66,7% disseram ter sido através de outros.

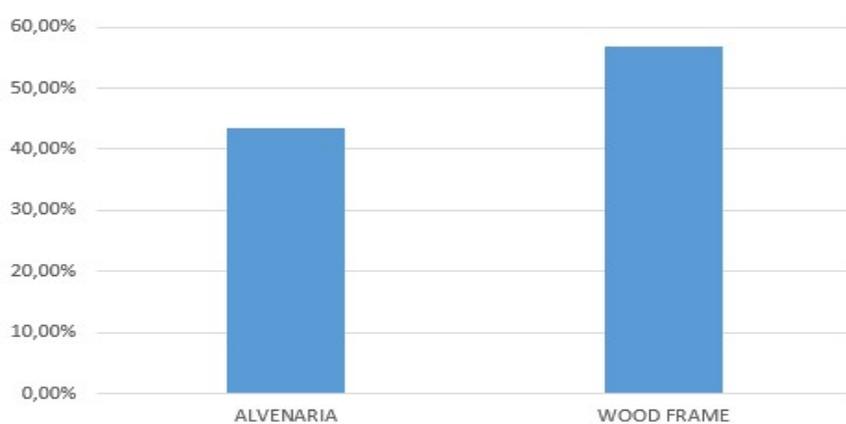
É importante destacar que através dos resultados, observa-se que o sistema não deve ser divulgado somente através das mídias digitais, mas também através das escolas e universidades, para que de alguma forma gere o interesse da pesquisa por parte da população.

Figura 4.6 Gráfico da sexta pergunta

Fonte: Elaborado pela autora

A sétima pergunta tentou mostrar que a falta de conhecimento sobre o assunto, poderia influenciar no resultado da pesquisa. Evidenciando que ainda que o sistema construtivo *Wood Frame* tenha sido apresentado de forma breve para os entrevistados, grande parte respondeu acreditar que o *Wood Frame* agredisse mais o meio ambiente, devido ao uso total da madeira no processo construtivo.

Por meio desta pergunta obteve-se os seguintes resultados: 56,5% acharam que o sistema construtivo em *Wood Frame* agredisse mais o meio ambiente e 43,5% acharam que o sistema construtivo em alvenaria agredisse mais. Os resultados estão expostos na Figura 4.7

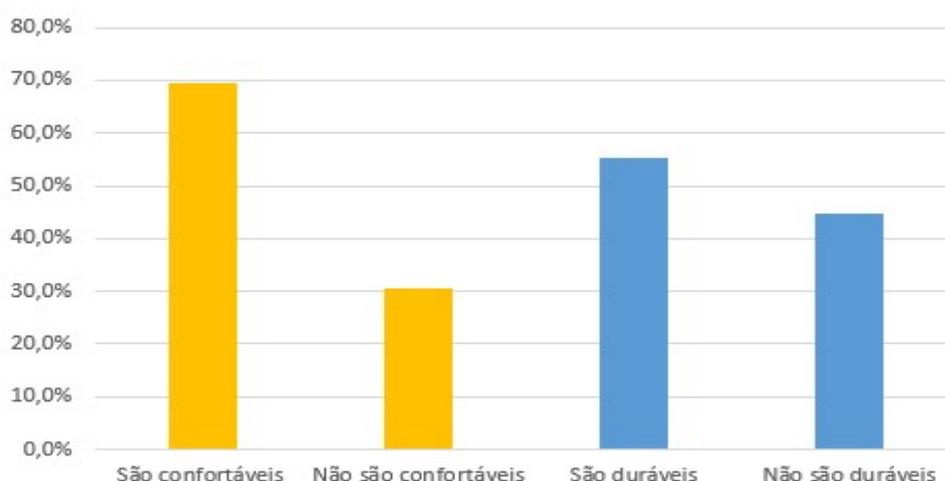
Figura 4.7 Gráfico da sétima pergunta

Fonte: Elaborado pela autora

Com a intenção de saber dos entrevistados se as casas com estrutura de madeira seriam mais confortáveis e duráveis, foi formulada a oitava e nona pergunta. Nota-se que após os resultados obtidos, os usuários acreditam que as casas de madeira são confortáveis e duráveis, porém pode-se perceber que há uma insegurança em relação a durabilidade da casa ao se comparar o resultado da pergunta nove com a pergunta oito demonstrados na Figura 4.8.

Com isso, chegou-se nos resultados seguintes: 69,60% responderam que as casas de madeira são mais confortáveis e 30,40% disseram não achar; 55,20% responderam que as casas de madeira são duráveis e 44,80% disseram não achar.

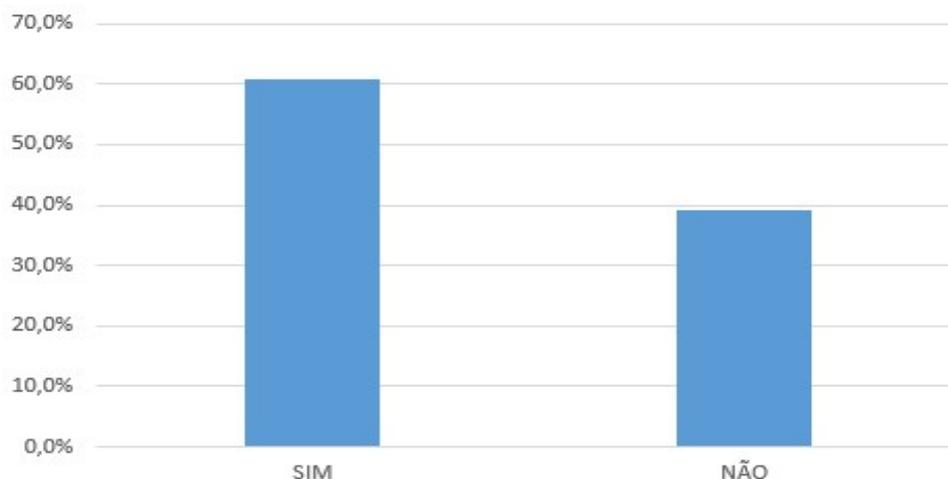
Figura 4.8 Gráfico da oitava e nona pergunta



Fonte: Elaborado pela autora

Através da formulação da décima pergunta, a autora pretendeu identificar se os respondentes comprariam ou construiriam casas com estrutura de madeira. Observou-se que a maioria dos entrevistados, mesmo tendo conhecimento superficial sobre o assunto, comprariam ou construiriam, podendo destacar a importância da divulgação do tema.

Chegando-se nas seguintes conclusões: 60,90% responderam que comprariam ou construiriam e 39,10% não comprariam e nem construiriam. Os resultados são apresentados na Figura 4.9.

Figura 4.9 Gráfico da décima pergunta

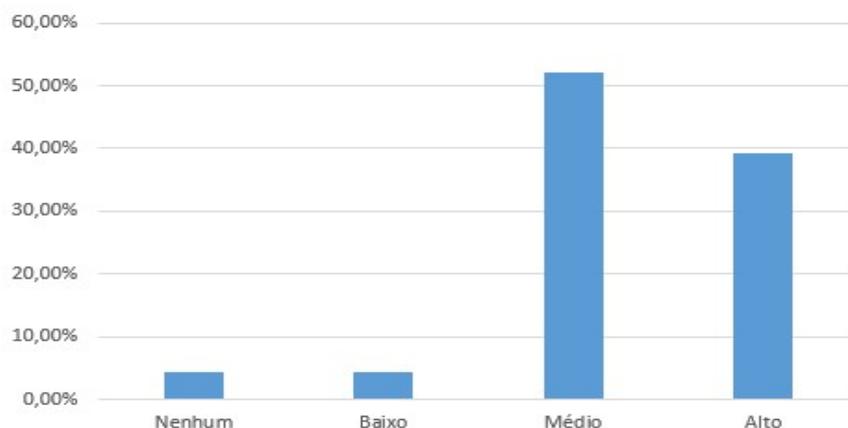
Fonte: Elaborado pela autora

Pediu-se que justificasse a resposta e de uma forma geral chegou-se nos seguintes resultados: as pessoas que responderam sim, acreditam que as casas são mais confortáveis, mais bonitas e mais sustentáveis; as pessoas que responderam não, disseram não conhecer o processo de durabilidade, de construção e que as casas não faziam o gosto dos mesmos.

Após responderem a décima pergunta, apresentou-se 5 imagens do sistema construtivo *wood frame*, de modo que elas continham desde a parte estrutural até a parte de acabamentos do sistema. Logo, fez-se a próxima pergunta.

A décima primeira pergunta procurou saber qual seria o grau de confiança dos moradores após conhecerem visualmente um pouco do sistema, por meio das opções expostas no questionário adquiriu-se os resultados seguintes: 4,30% responderam não ter nenhuma confiança no sistema, 4,30% responderam ter baixa confiança, 52,20% disseram ter média confiança, sendo a maioria das respostas, e, 39,20% disseram ter alta confiança no sistema. Os resultados são apresentados através da Figura 4.10.

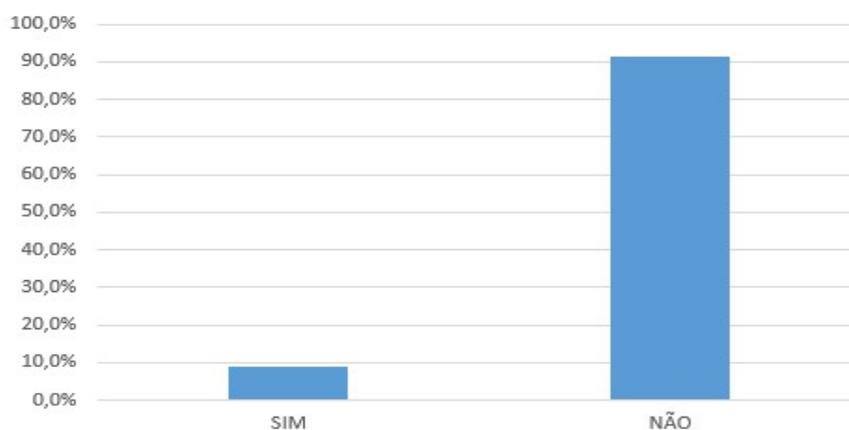
Ainda que os respondentes tivessem conhecido o *wood frame* apenas através das palavras ditas pelo autor, pode-se dizer que o nível de segurança foi consideravelmente alto.

Figura 4.10 Gráfico da décima primeira pergunta

Fonte: Elaborado pela autora

A última pergunta, com resultados apresentados por meio da Figura 4.11, tencionou saber se os entrevistados obtinham conhecimento sobre o financiamento de casas com estrutura de madeira através do programa Minha Casa Minha Vida aprovado em 2013. Por meio desta, conseguiu-se obter as seguintes conclusões: apenas 8,70% já sabiam que as casas podiam ser financiadas pelo programa e 91,30% não tinham conhecimento sobre isso.

Entende-se que, ainda que seja possível financiar casas com este tipo de estrutura, falta enaltecimento do assunto por parte do próprio banco.

Figura 4.11 Gráfico da décima segunda pergunta

Fonte: Elaborado pela autora

Os autores Molina e Calil (2010) destacam que a implementação do sistema *wood frame* no Brasil necessita totalmente da separação do método leve em comparação as casas de madeira com estruturas mais pesadas. Destacando o *wood frame* como um sistema construtivo com alta tecnologia, sustentabilidade, velocidade, flexibilidade e tantas outras vantagens.

Segundo Paese (2012 *apud* LEITE e LAHR 2015, p.3) em virtude da população menos favorecida ter feito o uso da madeira para a construção de suas casas, em locais sem planejamento, sem conforto e sem segurança, acarretando em habitações precárias, contribui para a denominação do material sendo considerado de baixa qualidade pela população. O autor continua afirmando que, a utilização secundária da madeira na construção civil, servido para fôrmas e escoras, acaba distanciando o uso da mesma para funções estruturais.

Meirelles et al (2008) aponta que é necessário investimento em pesquisa e desenvolvimento da indústria no setor madeireiro para que cresça o número de obras com estrutura de madeira no Brasil. Sendo necessário também, maior divulgação entre o meio técnico e entre o mercado geral, visando diminuir a rejeição do sistema por parte da população. Posto que, o conhecimento técnico tende a permitir maior flexibilidade no projeto, melhores condições de durabilidade e manutenção das construções. E na finalização do trabalho, a autora conclui que, quando existirem bons projetos arquitetônicos relacionados a este setor e garantia de durabilidade, provavelmente as construções em madeira ganharão mais destaque no Brasil.

Ao analisar a construção de unidades residenciais em *Wood Frame* o CBIC reforça que apesar do sistema demandar mão de obra qualificada, o treinamento é de fácil assimilação, dando oportunidade de inclusão de mulheres no ramo da construção civil, onde mais de 10% dos empregados eram do sexo feminino.

Molina e Calil (2010) também destacam a urgência na disseminação de informação e educação para engenheiros e arquitetos, além da criação de meios de formação de treinamento para a qualificação da mão de obra, de modo a, potencializar e espalhar a utilização do sistema no Brasil.

Ao analisar os comentários dos autores apresentados, pode-se dizer que o baixo número de obras no país e o baixo conhecimento sobre o sistema está ligado a vários fatores, sendo eles, a ligação das casas em madeira com obras de baixa

qualidade, o uso da madeira como material secundário, a falta de divulgação do sistema, a falta de qualificação da mão de obra, entre outros.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo apresentar um estudo sobre o sistema construtivo *Wood Frame* e também uma breve contextualização deste no mercado brasileiro. Neste sentido constatou-se o quanto o Brasil ainda precisa crescer em termos de tecnologias construtivas, visto que, estão disponíveis vários métodos diferentes no mercado, com a mesma eficiência do sistema construtivo em alvenaria. Destacando o uso do *Wood Frame* pela utilização de matéria prima renovável e sustentável, sendo um aliado ao meio ambiente, adequação a qualquer projeto arquitetônico, o ganho em conforto térmico e acústico e o seu rápido tempo de execução.

Quando aplicado em obras de interesse social, pode-se concluir que o custo total ainda supera o método construtivo convencional, devido a estrutura do sistema precisar ser bem executada e protegida contra fungos e intempéries, o que acaba elevando o custo da edificação. A falta de fornecedores na região também influenciou no valor final, visto que, as empresas que forneciam determinados materiais, não tem concorrência.

O grau de aceitabilidade do sistema feito através do questionário, retratou que, embora os entrevistados tivessem pouco conhecimento sobre assunto, os mesmos consideram ser de alta relevância o uso de materiais que não agredem o meio ambiente e se colocaram interessados em relação *Wood Frame*. Mostrando que a falta de valorização e divulgação do sistema, pode influenciar muito na forma de se construir, induzindo até a ausência de fornecedores na região.

Somente a partir do instante que esta técnica construtiva tiver mais destaque e maior propagação de informações detalhadas por parte do governo, engenheiros, arquitetos e construtores, pode haver uma mudança na área da construção civil, onde o sistema em alvenaria convencional é culturalmente empregado. Assim, seria possível diminuir o déficit de informação e quem sabe difundir o *Wood Frame* pelo país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. O. *Avaliação da aceitabilidade do sistema construtivo “wood frame”*. 2014. 61p. Especialização (Graduada em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2014.

ATOS ARQUITETURA. **Dicas para quem vai construir sua casa – Construção em wood frame**. Disponível em: <<http://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017.

BLOG CASEMA. **Wood frame: construção pratica, rápida, econômica e sustentável**. Disponível em: <<https://www.casema.pt/blog/wood-frame>>. Acesso em: 28 março. 2017.

BRITANNICA ESCOLA. **Conífera**. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/levels/fundamental/article/con%C3%ADfere/481041>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017.

CABRAL, A. **O que é wood frame**. Disponível em: <<https://engenhariacivildiaria.com/2015/03/03/o-que-e-wood-frame/>>. Acesso em: 27 março. 2017.

CABRAL, A. **Passo a passo do wood frame**. Disponível em: <<https://engenhariacivildiaria.com/2015/03/11/passo-a-passo-do-wood-frame/>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017.

CAIRES, A. J. OSB: Tudo que você precisa saber sobre o material. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/aprenda/osb-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-material/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2017.

CAIXA. **Minha casa minha vida – Entidades**. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programas_habitacao/entidades/entidades.asp>. Acesso em: 29 de outubro de 2017.

CARDOSO, L. A. *Estudo do método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social*. 2015. 78p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2015.

CBIC. **Desenvolvimento de tecnologia wood frame para habitações de interesse social.** Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CBIC-2012-Desenvolvimento-de-Tecnologia-Wood-Frame-para-Habitac%CC%A7o%CC%83es-Sustenta%CC%81veis.pdf>>. Acesso em: 14 de novembro de 2017.

CI FLORESTAS. **Florestas plantadas devem crescer um terço até 2030.** Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=532>>. Acesso em 04 de outubro de 2017.

ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 2010, Rio de Janeiro. *Arquitetura, Cidade, Paisagem e Território: percursos e perspectivas*, Rio de Janeiro: ENANPARQ, 2010. Disponível em: <<http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/51/51-653-1-SP.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

FIESP. **Levantamento mostra déficit de moradias no Brasil.** Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/levantamento-inedito-mostra-deficit-de-62-milhoes-de-moradias-no-brasil/>>. Acesso em: 27 março. 2017.

GESUALDO, F. Estruturas de Madeira. *Notas de Aula*. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~zacarias/Notas_de_Aula_Madeiras.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.

GRAVANTE, S. **Conheça os tipos de fundações de uma construção.** Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/conheca-os-tipos-de-fundacoes-de-uma-construcao/>>. Acesso em: 5 de outubro de 2017.

LAJOTEIRO. **O eucalipto na construção civil.** Disponível em: <<http://www.lajoteiro.com.br/casa-e-construcao/saiba-mais-o-eucalipto-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017.

LEITE, J. C. P. S; LAHR, F. A. R. *Diretrizes básicas para projeto em Wood Frame*. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4017>>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

MARTINS, F. Primeiro Prédio em Madeira do Brasil é Construído na Região de Curitiba. *Gazeta do Povo*, 28 de agosto. 2016. Página. Disponível em:

<<http://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/primeiro-predio-em-madeira-do-brasil-e-construido-na-regiao-de-curitiba/>>. Acesso em: 18 set. 2017.

MEIRELLES, C.R et al. A viabilidade das construções leves em madeira no Brasil. *Lares – Mercados emergentes de Real Estate*, São Paulo. 2008.

MOLINA, J. C; CALIL, C. J. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, julho/dezembro de 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em: 28 março. 2017.

PEREIRA, N. N. “Wood frame”: Tecnologia de construção sustentável. *Perquirere*, Patos de Minas, v.12, n.4, 194-213, julho de 2015.

PFEIL, W; PFEIL, M. Estruturas de madeira. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. v. 6, 224p.

RODRIGUES, E. **Wood Frame – Alternativa de Construção**. Disponível em: <<http://www.dicadaarquitectura.com.br/2016/10/wood-frame-alternativa-de-construcao.html>> Acesso em: 5 de outubro de 2017.

ROLIM, M. R. S. *Construções Sustentáveis: Um Estudo Sobre o Método Construtivo em Wood Frame Para Unidades Residenciais*. 2017. 73p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduando em Engenharia Civil). Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. 2017.

SACCO, M. F; STAMATO, G. C. Light wood frame-construções com estrutura leve de madeira. *Téchne*, São Paulo, v.0, n.140, p.1-3, nov. 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-1.aspx>>. Acesso em: 6 de abril de 2017.

SANTOS, R. J. Análise Comparativa entre os Sistemas Construtivos em Palete e *Wood Frame*. *Revista InSiet*, São Paulo, v.5, n.1, janeiro/junho de 2017.

SNIF – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Produção florestal**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-productiva>>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

SOUZA, L. G. *Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos em alvenaria, madeira de lei e Wood Frame*. 2012. 20p. Pós Graduação

(Master em Arquitetura). Instituto de Pós Graduação (IPOG), Florianópolis, SC. 2012. Publicado em: Especialize Revista Online, 2013.

TECVERDE. **A Tecverde**. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/a-tecverde/>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017

TODA BIOLOGIA. **Dicotiledôneas**. Disponível em: <<https://www.todabiologia.com/botanica/dicotiledoneas.htm>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017.

USP. Universidade de São Paulo. *Construção em Madeira – Sistema Plataforma*. Sistema. São Paulo. s.d. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/introducao/sistema.htm>>. Acesso em: 4 de outubro de 2017.

USP. Universidade de São Paulo. *Construção em Madeira – Sistema Plataforma*. Fundação. São Paulo. s.d. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/fundacao/fundacao.htm>>. Acesso em: 4 out. 2017.

USP. Universidade de São Paulo. *Construção em Madeira – Sistema Plataforma*. Manual. São Paulo. s.d. Disponível em: <www.usp.br/nutau/madeira/paginas/introducao/introducao.htm> Acesso em: 5 out. 2017.

VERONEZZI, F. **O impacto da construção civil no meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=1827>>. Acesso em: 27 março. 2017.

APÊNDICE A – Questionário

PESQUISA QUANTITATIVA SOBRE O SISTEMA CONSTRUTIVO *WOOD*
FRAME

SEXO: () Feminino () Masculino

IDADE:

1. Grau de escolaridade:
 - () Primeiro grau completo
 - () Segundo grau completo
 - () Ensino superior completo
 - () Especialização, mestrado ou doutorado

2. Qual a importância da sustentabilidade para você?
 - () Nenhuma importância
 - () Pouca importância
 - () Média importância
 - () Grande importância

3. Você sabe qual é o tipo de estrutura da casa em que mora?
 - () SIM
 - () NÃO

4. Você já ouviu falar de casas com estrutura de madeira?
 - () SIM
 - () NÃO

5. Você já ouviu falar sobre o sistema construtivo *Wood Frame*?
 - () SIM
 - () NÃO

6. Se a resposta acima for SIM, responda como conheceu o sistema construtivo *Wood Frame*?
- Televisão
 - Revistas
 - Internet
 - Outros
7. Qual dos dois sistemas construtivos abaixo você acha que agride mais o meio ambiente?
- ALVENARIA
 - WOOD FRAME*
8. Você acha que casas de madeira são confortáveis?
- SIM
 - NÃO
9. Você acha que casas de madeira são duráveis?
- SIM
 - NÃO
10. Você compraria ou construiria uma casa de madeira? Por que?
- SIM
 - NÃO

Resposta:

11. Após ver as imagens das casas, qual seria o seu nível de segurança para morar em uma casa construída através do método *Wood Frame*?
- NENHUM
 - BAIXO
 - MÉDIO
 - ALTO

12. Você sabia que casas com estrutura de madeira já podem ser financiadas através do programa Minha Casa Minha Vida?

SIM

NÃO