

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS RENAN BROGLIO BERNARDI

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM  
MADEIRA - TÁBUA E MATA-JUNTA E WOOD FRAME - EM RELAÇÃO AO  
DESENHO DE ESTRUTURA E RESISTÊNCIA A ESFORÇOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TOLEDO  
2019**

LUCAS RENAN BROGLIO BERNARDI

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM  
MADEIRA - TÁBUA E MATA-JUNTA E WOOD FRAME - EM RELAÇÃO AO  
DESENHO DE ESTRUTURA E RESISTÊNCIA A ESFORÇOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Silmara Dias Feiber

**TOLEDO**

**2019**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Toledo  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 201

### **Análise Comparativa Entre Os Sistemas Construtivos Em Madeira – Tábua E Mata-Junta E Wood Frame – Em Relação Ao Desenho De Estrutura E Resistência A Esforços**

por

**Lucas Renan Broglio Bernardi**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 11:10 h do dia **07 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof<sup>a</sup> Fúlvio Natércio Feiber  
(UTFPR – TD)

---

Prof<sup>a</sup> Édi Carlo Waldrich  
(UTFPR – TD)

---

Prof Dra Silmara Dias Feiber  
(UTFPR – TD)  
Orientador

---

Visto da Coordenação  
Prof. Fúlvio Natércio Feiber  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a oportunidade de realizar esse trabalho e a todos que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento e me deram apoio.

A UTFPR por ceder o espaço ao aprendizado, aos colegas que me ajudaram tanto nesses anos de dificuldade e aprendizado e minha família pelo apoio a completar essa etapa da minha vida.

## RESUMO

Com a crescente preocupação do emprego de métodos construtivos efetivos e ecologicamente eficientes, o uso de madeira surge como alternativa por ser um material que atua de forma a resgatar o carbono do ar e apresentar menor uso de energia em sua manufatura em relação a outros materiais. Soma-se ao contexto econômico do material sua relevância histórica no sul do Brasil onde as técnicas das construções em madeira foram largamente empregadas do período de colonização sendo a madeira explorada até sua exaustão. Essas construções em madeira trazem consigo a herança cultural do povo imigrante que aqui as implementaram e transformaram, produzindo uma herança própria da região. Os métodos construtivos que se destacam são sistema de casa de troncos de origem polonesa, enxaimel por alemães e tábua-junta, que se deram pela existência do ciclo da madeira na região e que possibilitaram a modulação das peças - sendo um estilo próprio da região, gerado pelas diferentes heranças de imigrantes europeus e de outras partes do mundo, compartilhando a mesma estrutura cada povo empregou sua visão particular sobre o método com detalhes construtivos e organização de cômodos. No entanto as casas em tábua e mata-junta caíram em desuso e se gerou a ideia de que as mesmas não seriam eficientes. Em momento paralelo ao ocorrido no Brasil houve o desenvolvimento e consolidação de casas em *wood frame* nos EUA, se tornando a principal forma de construção para obras residenciais. Diante disso é interessante comparar essa possibilidade aqui, com o emprego moderno de casas em tábua e mata-junta com materiais modernos em comparação a *wood frame*. Para avaliar essa possibilidade foram estudados os métodos construtivos e foi desenvolvido uma casa modelo usando os métodos construtivos em tábua e mata-junta e em *wood frame* onde foi comparado a forma construtiva, a mudança de material para madeira de reflorestamento e analisado a resistência dos “pilares” para verificar se a mudança garante a resistência e como se apresenta em relação ao método americano. Ao fim, foi possível analisar a diferença entre os sistemas, nota-se que a casa em *wood frame* é mais elaborada para proteção contra intempéries e vedação, além da diferente forma de distribuição de cargas com montantes de tamanho menor e menores espaçamentos, tendo uma distribuição de cargas quase linear com paredes com função estrutural, enquanto para a forma empregada no sul do Brasil necessita de esteios com tamanhos maiores e maiores resistências em paredes com função de vedação. Nesse contexto, ao realizar a análise comparativa de um modelo de casa de madeira de tábua e mata-junta e *wood frame* percebe-se que ambas ofertam os atributos necessários para abrigar a vida humana na atualidade. Assim, viabilizam no caso brasileiro o resgate de sua técnica tradicional por meio da releitura de seu sistema e configuração de projeto.

**Palavras-chaves:** Madeira. *wood frame*. tábua e mata-junta.

## ABSTRACT

With the growing concern about the use of effective and ecologically efficient construction methods, the use of wood appears as an alternative because it is a material that restores carbon from the air and presents less energy use in its manufacture than other materials. It is added to the economic context of the material its historical relevance in the south of Brazil where the techniques of the wooden constructions were largely used of the period of colonization being the wood explored until its exhaustion. These wooden constructions bring with them the cultural heritage of the immigrant people who have implemented and transformed them, producing an inheritance of the region. The constructive methods that stand out are a log house system of Polish origin, half-timbered by Germans and board-jointed, which were given by the existence of the wood cycle in the region and that made possible the modulation of the pieces - being a style of the region, generated by the different inheritances of European immigrants and other parts of the world, sharing the same structure each people employed their particular view on the method with constructive details and organization of rooms. Nevertheless, the houses in board and mat-junta fell in disuse and the idea was generated that the same would not be efficient. At the same time as in Brazil there was the development and consolidation of houses in wood frame in the USA, becoming the main form of construction for residential works. In view of this it is interesting to compare this possibility here, with the modern use of board houses and matta-junta with modern materials compared to wood frame. In order to evaluate this possibility the construction methods were studied and a model house was developed using the constructive methods in board and mat and in wood frame where the constructive way was compared, the change of material for reforestation wood and the resistance of the " pillars "to see if the change guarantees resistance and how it presents itself in relation to the American method. At the end, it was possible to analyze the difference between the systems, it is noticed that the house in wood frame is more elaborated for protection against weather and sealing, besides the different form of distribution of loads with smaller sizes and smaller spacings, having a almost linear load distribution with walls with structural function, whereas for the form used in the south of Brazil it needs stents with larger sizes and greater resistance in walls with a sealing function. In this context, when comparative analysis of a wooden model of wood board and kilt and wood frame is realized that both offer the attributes necessary to shelter human life nowadays. Thus, the Brazilian case makes it possible to recover its traditional technique by re-reading its system and design configuration.

**Key-Words:** Wood. *wood frame*. board-jointed.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Denominações e as dimensões usuais dos principais produtos. ....	13
<b>Quadro 2</b> – Peças usuais na construção de casas de tábua e mata-junta, dimensões e utilização .....	25
<b>Quadro 3</b> - Método construtivo por segmento para Tábua e Mata-Junta e Platform Frame.....	49
<b>Quadro 4</b> - Coeficiente de ponderação de ações. ....	84
<b>Quadro 5</b> – Valores de $k_{mod}$ .....	85
<b>Quadro 6</b> - Classes de umidade.....	85

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1-</b> Igrejas de São Mateus do Sul e Antônio Olinto no Paraná .....	9
<b>Figura 2-</b> Tipos de cortes para o desdobro. Em a) Desdobro Tangencial; b) Desdobro Radial; c) Desdobro Misto. ....	13
<b>Figura 3-</b> Aplicação painéis OSB.....	14
<b>Figura 4-</b> Casa de troncos no Memorial Polonês em Curitiba - PR .....	20
<b>Figura 5 –</b> Casas em enxaimel. a) Ivoti, RS. b) Petrópolis, RS. ....	21
<b>Figura 6-</b> Encaixes usuais em casas enxaimel, a) Espiga; b) Meia madeira; c) Andorinha.....	21
<b>Figura 7 –</b> Restauração casa Righetto, Blumenau/Bombinhas-SC. a) Estrutura; b)Estrutura com cobertura do telhado; c) Início da vedação com tijolos; d) Casa em enxaimel completa. ....	23
<b>Figura 8 -</b> Casa em desmonte sem mata-juntas em Cascavel - PR.....	24
<b>Figura 9 –</b> Localização principais peças na estrutura na casa de tábuas e mata-junta. ....	29
<b>Figura 10 –</b> Quadro Horizontal Inferior .....	30
<b>Figura 11-</b> Barrotes e assoalho. ....	31
<b>Figura 12 –</b> Quadro Horizontal Superior.....	31
<b>Figura 13 -</b> Casa em desmonte, vista lateral direita, Cascavel - PR.....	32
<b>Figura 14 -</b> Casa em desmonte, vista lateral esquerda, Cascavel - PR. ....	33
<b>Figura 15–</b> Estrutura telhado em corte .....	33
<b>Figura 16 -</b> Casa em desmonte, tesoura romana. ....	34
<b>Figura 17 -</b> Detalhe da estrutura – pilares - aparentes internamente. ....	35
<b>Figura 18 -</b> Detalhe para a interface de fundação e estrutura não elevada. ....	38
<b>Figura 19-</b> Detalhe para a interface de fundação e estrutura com estrutura elevada. ....	38
<b>Figura 20 -</b> Esquema das partes do contra piso. ....	39
<b>Figura 21 -</b> Estrutura parede em wood frame.....	40
<b>Figura 22 -</b> Detalhe para a interface de fundação e estrutura. ....	41
<b>Figura 23-</b> Estrutura de uma janela em wood frame.....	42
<b>Figura 24-</b> Arranjos de montantes cantos.....	43
<b>Figura 25 –</b> Esquema revestimento paredes externas e internas respectivamente. ....	44



<b>Figura 26</b> - Casa em wood frame. ....	46
<b>Figura 27</b> - Casa presente no quadro "American Gothic" .....	46
<b>Figura 28</b> – Projeto em casa tábua mata-junta.....	50
<b>Figura 29</b> – Casa em tábua mata e mata-junta mista.....	51
<b>Figura 30</b> – Vista interna de uma parede em madeira em uma casa de tábua e mata-junta em Capanema – PR. ....	52
<b>Figura 31</b> – Pilarete em tijolos furados de uma casa de tábua e mata-junta em Capanema – PR.....	53
<b>Figura 32</b> -- a) Casa de tábua e mata-junta em Cascavel – PR, com janelas em madeira e metal. b) Modelo de janela adotada de uma casa de tábua e mata-junta em Capanema – PR.....	54
<b>Figura 33</b> – Layout de ZANI (2013) a esquerda e novo layout desenvolvido a direita. ....	55
<b>Figura 34</b> – Layout desenvolvido a esquerda com montantes adicionais e a direita montantes inferiores com os esteios. ....	55
<b>Figura 35</b> – a) Estrutura portante casa em tábua e mata-junta; b) Estrutura portante casa em tábua e mata-junta com vedação externa e interna.....	56
<b>Figura 36</b> – Estrutura portante casa em tábua e mata-junta em planta com vedação externa em tábua mata-junta e interna em lambri, pilaretes e quadros das janelas e portas. ....	57
<b>Figura 37</b> – Estrutura portante casa em tábua e mata-junta em corte AA.....	58
<b>Figura 38</b> – Estrutura portante casa em tábua e mata-junta em corte BB.....	58
<b>Figura 39</b> – Casa em tábua e mata-junta em planta.....	59
<b>Figura 40</b> – Estrutura portante casa em wood frame.....	60
<b>Figura 41</b> – Estrutura portante casa em wood frame.....	60
<b>Figura 42</b> - Vista em corte estrutura portante casa em wood frame. ....	61
<b>Figura 43</b> – Estrutura portante com painéis OSB casa em wood frame. ....	61
<b>Figura 44</b> – Projeto arquitetônico casa em wood frame. ....	62
<b>Figura 45</b> – Cobertura vista superior tesouras.....	63
<b>Figura 46</b> – Vista em corte tesoura principal. ....	64
<b>Figura 47</b> – Tesoura na diagonal.....	64
<b>Figura 48</b> – Vista em perspectiva das tesouras da cobertura.....	65
<b>Figura 49</b> – Vista em perspectiva madeiramento telhado.....	65
<b>Figura 50</b> – Casa em tábua e mata-junta com telhas francesas.....	66

<b>Figura 51</b> – Cargas de ventos na estrutura. ....	73
<b>Figura 52</b> – Área influência das tesouras. ....	74
<b>Figura 53</b> – Cargas de tração e compressão na estrutura em tábua e mata-junta...75	75
<b>Figura 54</b> – Cargas de compressão na estrutura em wood frame.....	76
<b>Figura 55</b> – Exemplo de cobertura na estrutura em wood frame.....	76

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
1.1 OBJETIVOS .....	8
1.1.1 Objetivo Geral .....	8
1.1.2 Objetivos específicos .....	8
1.2 JUSTIFICATIVA .....	9
<b>2. A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
2.1 ESTRUTURA E FORMAÇÃO DA MADEIRA .....	11
2.2 PRODUTOS DA MADEIRA.....	12
2.2.1 Vigas, pilares e demais elementos construtivos.....	12
2.2.2 Chapas de partículas: OSB – Painéis de partículas orientadas .....	14
2.3 A CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	15
<b>3. O USO DA MADEIRA NO SUL DO BRASIL</b> .....	<b>17</b>
3.1 O USO DA MADEIRA NO PARANÁ .....	18
3.2 SISTEMA CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS EM MADEIRA NO SUL DO BRASIL	18
3.2.1 Casa de troncos .....	19
3.2.2 Enxaimel .....	20
3.2.3 Tábua e mata-junta .....	23
<b>4. O USO DA MADEIRA NOS ESTADOS UNIDOS E CANADÁ</b> .....	<b>36</b>
4.1 SISTEMA CONSTRUTIVO .....	37
4.1.1 Fundação .....	37
4.1.2 Piso .....	39
4.1.3 Paredes.....	40
4.1.4 Cobertura .....	44
4.2 AS RELAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM <i>WOOD FRAME</i> E TÁBUA E MATA-JUNTA .....	45
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>48</b>
5.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	48
5.2 PARÂMETROS PARA O DESENHO DAS ESTRUTURAS – TÁBUA E MATA-JUNTA E <i>WOOD FRAME</i> .....	48
5.3 DEFINIÇÃO DO PROJETO .....	50
5.3.1 Desenho Telhado .....	62
5.4 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS – TÁBUA E MATA-JUNTA E <i>WOOD FRAME</i>	66
5.5 ANÁLISE DE ESFORÇOS DAS ESTRUTURAS.....	67
5.5.1 Propriedades mecânicas da madeira .....	68

5.5.2	Análise de barras tracionadas .....	70
5.5.3	Análise de barras comprimidas .....	70
5.5.4	Carregamentos .....	72
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO A.....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO B.....</b>	<b>85</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A atual preocupação com o meio ambiente perpassa as esferas públicas e privadas por constituírem um problema não mais pontual, e sim de amplitude global. As recentes mudanças climáticas acentuadas na última década reforçam a necessidade de busca por alternativas que possam contribuir para minimizar estes efeitos. Neste sentido, o uso da madeira na construção civil volta a ser uma alternativa por apropriar-se de um material renovável e que atua de forma a resgatar o carbono do ar, contribuindo assim para minimizar os efeitos de aquecimento e poluição do ar.

Com a intenção de resgatar aspectos históricos e discuti-los na contemporaneidade, esta pesquisa pretende avaliar a eficácia de sistemas tradicionais de madeira utilizados no sul do país. São eles: as casas de troncos, o enxaimel e a tábua e mata-junta. Esses métodos são discutidos em relação ao método contemporâneo *wood frame*, dando destaque ao desenho estrutural e a resposta aos esforços solicitados.

No caso dos sistemas tradicionais presentes ao final do século XIX dois destes destacam-se nas paisagens brasileiras e americanas: a tábua e mata-junta no estado do Paraná – Brasil e o *wood frame* nos Estados Unidos. Ambas culturas se apropriaram da madeira para fins de construção elaborando cada uma à sua maneira e, por heranças culturais, sua expressão arquitetônica.

No caso brasileiro, o sul do país contou com políticas públicas de incentivo à imigração europeia em seus primórdios de colonização. O território sulino passou a abrigar as culturas polonesa, ucraniana, alemã e italiana as quais erigiram na paisagem do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul obras em madeira. Os paranaenses expressaram-se inicialmente por meio de casas de troncos de cultura polonesa e a tábua e mata-junta. Em um segundo momento, o estado acolheu ucranianos e italianos. Em Santa Catarina, grande parte da imigração foi advinda da Alemanha que trouxe consigo o sistema enxaimel, obras de grande expressão estética e que povoam a paisagem catarinense até os dias atuais (ZANI, 2013).

Sendo assim, os imigrantes europeus recém-chegados redesenharam a paisagem do sul do país ao construírem seus lares em madeira, motivados pela abundante disponibilidade do material na região o que possibilitou construções de baixo custo e rápida execução (ZANI, 2013). Neste período, a difusão do conhecimento de diferentes técnicas construtivas em madeira propagou-se em nosso

território gerando uma diversidade cultural que pode ainda ser vislumbrada de forma tênue por meio de exemplares ainda conservados em sua integridade.

Dos grupos imigratórios europeus surgem os três sistemas construtivos supracitados que serão aprofundados pela pesquisa: o sistema de casas de troncos de origem polonesa, onde as torras de árvores são falquejados em quatro faces e sobrepostos horizontalmente com travamentos nos encontros das arestas da construção; o enxaimel alemão edificações com estrutura e travamentos em madeira vedadas por tijolos maciços ou taipa e a tábua e mata-junta com arcabouço estrutural em madeira revestido por tábuas verticais paralelas vedadas por ripas de madeira (ZANI, 2013)

Em particular o emprego da tábua e mata-junta foi devido ao grande número de serrarias que surgiram no Paraná no então Ciclo da Madeira que explorou o extrativismo na região. A presença das serrarias possibilitou a modulação das peças (vigas, tábuas, ripa, entre outras) para a execução das residências, igrejas, escolas e demais edificações necessárias às novas comunidades. A mão de obra advinda dos carpinteiros europeus erigiu no estado obras de qualidade ímpar e demonstrou a eficiência do sistema (SZÜCS, 2013).

No caso americano, a cultura da madeira também foi presente em seu processo de colonização e perpetua até os dias atuais. As edificações residenciais em madeira, *wood frame*, em países dos Estados Unidos diferentemente do que ocorre em terras brasileiras continuam sendo largamente adotadas. Este sistema de construções modulares erigidas de forma rápida e eficiente são executados de maneira limpa e racional, pois contempla o uso de madeiras de reflorestamento e o método construtivo industrializado. Estas obras, quando tratadas de forma adequada, atingem qualidades tais quais edificações em alvenaria, método atualmente empregado majoritariamente no Brasil (MOLINA e CARLI, 2010).

Diante desta breve contextualização, a pesquisa pressupõe como foco de investigação que se houvesse a valorização, preservação e propagação do conhecimento empregado nas edificações tradicionais no sul do Brasil poderia ser potencializado o uso da madeira na construção civil, bem como o fortalecimento da identidade cultural da região por meio do resgate da cultura da madeira. Assim, para buscar essa revalorização dos métodos construtivos tradicionais propõe-se realizar o estudo comparativo entre o tradicional – tábua e mata-junta – e o ainda contemporâneo – *wood frame* – visando demonstrar as proximidades e

particularidades do desenho de suas estruturas bem como a eficácia dos sistemas em relação à resistência a esforços submetidos.

## 1.1 OBJETIVOS

Diante da proposta de pesquisa organizam-se os objetivos Geral e Específicos para que possa ser estruturada a busca por conteúdos e referentes discussões que irão gerar a construção do conhecimento dentro da temática do uso da madeira na construção civil.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Realizar estudo comparativo entre o sistema construtivo tradicional –tábua e mata-junta – em relação ao sistema contemporâneo – *wood frame* – especificamente em relação ao desenho estrutural e resposta aos esforços submetidos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a. Destacar a potencialidade do uso da madeira na construção em relação aos aspectos ambientais e técnico-construtivos;
- b. Investigar as estruturas de madeiras tradicionais empregadas no sul do Brasil – Casas de tronco, Enxaimel e Tábua e mata-junta – através da revisão e compreensão do sistema construtivo;
- c. Investigar as estruturas de madeiras tradicionais empregadas nos Estados Unidos caracterizando o sistema contemporâneo *wood frame*;
- d. Comparar os sistemas tradicional e contemporâneo através do desenvolvimento uma residência modelo em relação ao desenho estrutural e resposta aos esforços solicitantes;
- e. Avaliar as técnicas buscando verificar as vantagens e desvantagens entre os sistemas em relação ao seu uso na contemporaneidade;

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar de, como afirmam Molina e Carli (2012), ser comprovado que as estruturas em *wood frame*, tanto em relação ao comportamento estrutural como frente ao conforto térmico e acústico, são mais eficientes que estruturas em alvenaria, no Brasil essas estruturas são pouco empregadas. Este fato decorre muitas vezes por preconceito com o material ou falta de conhecimento da potencialidade de seu uso (ZANI, 2013).

No entanto, na história brasileira as estruturas em madeira foram largamente adotadas na denominada arquitetura tradicional e/ou colonial. Porém, atualmente estas obras caíram em desuso seja devido ao preconceito ou mesmo falta de incentivo ao uso da madeira (ZANI, 2013). Embora o material seja comprovadamente de extrema qualidade por manter representantes com aproximadamente 100 anos e ainda íntegros na paisagem tradicional do estado, como a exemplo as igrejas de São Mateus do Sul de 1900 e Antônio Olinto de 1913, apresentadas na Figura 1, seu uso na contemporaneidade não atende às expectativas dos profissionais conscientes do potencial da madeira como material primordial para os sistemas construtivos.

**Figura 1-** Igrejas de São Mateus do Sul e Antônio Olinto no Paraná



**Fonte:** Junior (2013).

Assim, para desmistificar o uso deste material é importante compreender a história da aplicação de sistemas construtivos tradicionais. Da mesma forma é importante a análise desses métodos tradicionais empregados em relação a métodos contemporâneos como o adotado por países como os Estados Unidos, com a utilização do *wood frame*. Desta forma, ao se realizar um paralelo entre o antigo e o contemporâneo no sentido de avaliar as proximidades e particularidades dos



sistemas, acredita-se poder contribuir para a divulgação do potencial da madeira na construção civil.

## 2. A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade desde tempos remotos tem relação direta com a presença das árvores e os produtos que elas proporcionam. Este material natural fornece ao ser humano o combustível, os utensílios, a comida e seu abrigo mostrando a diversidade de sua contribuição para a vida humana no planeta. Dessa maneira, a madeira é um elemento fundamental para as primeiras construções, por apresentar a vantagem de suportar e transferir esforços tanto de tração como de compressão, tornando-se ideal para ser usado em elementos como vigas e pilares, fornecendo resistência às edificações além do próprio plano de vedação (FOLIENSTEIN, 2000).

A adoção da madeira na elaboração de abrigos motivou-se também por ser um material versátil, facilmente cortado e unido com ferramentas simples, além de apresentar excelente isolamento térmico (PFEIL e PFEIL, 2012).

Devido às diferentes necessidades da humanidade ao longo da história as construções em madeira foram moldadas e desenvolvidas de forma vernacular, com o conhecimento passado de geração em geração, através de diferentes métodos desenvolvidos por conhecimento empírico, tanto quanto à qualidade da madeira de cada espécie como ao método construtivo que traria o resultado mais desejado. Somente recentemente as propriedades da madeira foram entendidas de forma científica e através de observações (YOUNGS, 2001), o que possibilitou explorar e dimensionar estruturas com maior padronização, com uso do máximo de suas qualidades e com maior segurança (PFEIL e PFEIL, 2012).

### 2.1 ESTRUTURA E FORMAÇÃO DA MADEIRA

A madeira utilizada na elaboração de obras arquitetônicas advém em sua forma mais pura do tronco da árvore, o qual por meio de desdobro é retirado a madeira para ser usada na construção. As árvores podem ser separadas em dois grandes grupos: de madeiras macias e de madeiras duras. A diferença entre os dois grupos está na característica das suas folhas e a formado transporte de (YOUNGS, 2001).

As madeiras macias são de árvores coníferas, que se caracterizam por folhas em forma de agulha ou escamas, e têm sementes agrupadas em forma de cone. Essas árvores possuem a característica de ter crescimento rápido e são exemplo

destas madeiras os pinheiros comuns em regiões de clima frio. A estrutura do seu tronco é composta por 90% de fibras longitudinais, que são as células da árvore, as quais possuem a função de transportar a seiva (PFEIL e PFEIL, 2012).

As madeiras duras são árvores frondosas, dicotiledôneas da classe Angiosperma. As folhas dessas árvores são achatadas e longas. Essa árvore apresenta crescimento lento e um dos exemplares abundantes em solos paranaenses é a Peroba Rosa. Árvores Nativas brasileiras como o Ipê e Aroeira também se classificam nesta categoria. Sua estrutura tem fibras fechadas nas extremidades e a seiva é transportada por células em vasos, as fibras neste caso possuem a função apenas de elemento portante (PFEIL e PFEIL, 2012).

## 2.2 PRODUTOS DA MADEIRA

A sequência para a produção de peças em madeira de forma tradicional se dá a partir do corte dos troncos e então o transporte destes para o seu beneficiamento nas serrarias. Nestes locais, as toras que antes eram cilíndricas se tornam peças quadradas ou retangulares com menor dimensão em conformidade com o desdobro adotado. As principais operações a serem realizadas iniciam com o desdobro, o esquadrejamento, o destopo das peças e o pré-tratamento (INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2003).

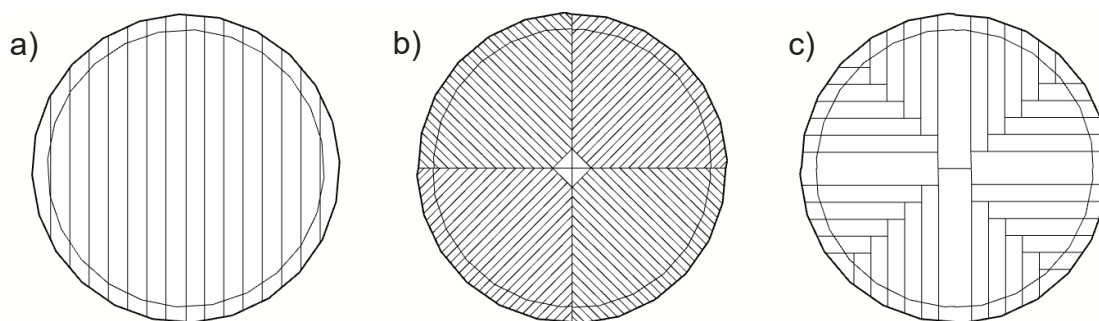
Além do uso tradicional da madeira, atualmente são elaborados também outros produtos desse material que alteram sua forma e resistência, como painéis para vedação e madeira laminada colada, que possibilita a criação de peças e formatos que não seriam possíveis se obter naturalmente. Destaca-se entre esses o painel OSB usado em construções de *wood frame* e *steel frame*, que é usado tanto em vedação de pisos, telhados e paredes, ainda tendo características de resistência estrutural (IPTEP, 2003).

### 2.2.1 Vigas, pilares e demais elementos construtivos

Na parte da produção chamada de desdobro, o tronco é serrado no sentido do comprimento de uma extremidade a outra retirando as costaneiras de um lado para então se gerar mais peças. Esta ação pode ser feita de diversas formas, dependendo das peças que se deseja produzir, como na Figura 4, podendo ser tangencial (a), radial

(b) e misto (c). Após esse processo, a peça passa pela canteadeira para retirar as outras laterais e em seguida é realizado o esquadrejamento da madeira, dando forma regular a cada peça da madeira serrada, deixando todas as quinas com ângulos retos. Por fim é realizado o destopo para retirar possíveis imperfeições nas extremidades da madeira (ZANETTI, 2004).

**Figura 2-** Tipos de cortes para o desdobro. Em a) Desdobro Tangencial; b) Desdobro Radial; c) Desdobro Misto.



Fonte: UFSC (2015).

Após este trabalho de modelagem da madeira, é efetuado o pré-tratamento da peça, que tem como função proteger a madeira recém serrada contra fungos e insetos xilófagos durante o período de secagem natural. É realizado, normalmente, por meio da imersão das pranchas em um tanque com uma solução contendo um produto preservativo de ação fungicida e outro de ação inseticida (IPTEP, 2003).

As peças produzidas variam conforme a sua aplicação. No Quadro 1 estão as denominações e as dimensões usuais dos principais produtos.

**Quadro 1** - Denominações e as dimensões usuais dos principais produtos.

Produtos	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (m)
Pranchão	maior que 70	maior que 200	variável
Prancha	40 - 70	maior que 200	variável
Viga	maior que 40	110 - 200	variável
Vigota	40 - 80	80 - 110	variável
Caibro	40 - 80	50 - 80	variável
Tábua	40 - 80	maior que 100	variável
Sarrafo	20 - 40	20 - 100	variável
Ripa	menor que 20	menor que 100	variável
Dormente	160	220	2,00 - 5,60
	170	240	2,80 - 5,60
Pontalete	75	75	variável
Bloco	variável	variável	variável

Fonte: NBR 7203 (1982).

As dimensões de produção das peças, são o que acabaram por limitar os padrões das casas em sistema tábua e mata-junta, em especial, o limite da dimensão das vigas em consonância com as tábuas de vedação. Poucas vezes se encontram sambladuras em casas de madeira, porém esta técnica possui alta relevância por adotar sistema de encaixe de peças que proporcionam maior firmeza às peças (ZANI, 2013).

### 2.2.2 Chapas de partículas: OSB – Painéis de partículas orientadas

Os painéis de partículas orientadas (do inglês *oriented strand boards* - OSB) são peças com uso difundido em construção habitacional do tipo *wood frame*. Nos EUA principalmente, eles servem como forma de fechamento tanto para paredes internas ou externas, pisos ou ainda telhados e forros. O seu custo é reduzido pois são utilizadas para fabricar o painel matéria-prima menos nobre. Na Figura 3, é possível observar a aplicação como vedação de uma parede de uma edificação em *platform frame* (IPTEP, 2003).

O OSB é formado por camadas de partículas ou de feixes de fibras com resinas fenólicas que são orientados em uma mesma direção e então, prensados para sua consolidação. Cada painel consiste de três a cinco camadas, orientadas em ângulo de 90 graus umas com as outras (IPTEP, 2003).

**Figura 3-** Aplicação painéis OSB.



**Fonte:** Sul Módulos (2015).

Apesar de sua vantagem econômica, o uso do OSB ainda não está disseminado no Brasil de forma contundente como nos EUA, aonde se apresenta como um dos materiais mais utilizados na construção de residências (IPTEP, 2003).

### 2.3 A CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

É possível analisar o impacto ambiental da madeira através da análise do seu ciclo de vida. O denominado *Life Cycle Analysis* (LCA) avalia o gasto energético e a emissão de poluição pelo material através das etapas construtivas e assim o compara com outros materiais. Pode-se por meio desta análise definir a contribuição do uso da madeira na construção civil em relação à geração de impactos ao meio ambiente (RICHTER, 1995). Na Tabela 1 está o resultado de um estudo de Richter, 1998, apud Barbosa, Ino e Shimbo (2000) onde o autor simula de forma comparativa o LCA de 3 edificações iguais com 4620 m<sup>2</sup> com diferentes materiais, entre eles a madeira, o aço e o concreto. Nota-se no estudo a vantagem da madeira sobre os outros materiais em relação a impacto ambiental.

**Tabela 1**– Comparação impacto ambiental três edifícios em madeira, aço e concreto.

Material	Consumo de Energia	Emissão de CO <sub>2</sub>	Poluição do ar	Resíduos Sólidos	Impacto Ambiental
Madeira	X	X	X	X	X
Aço	2,40X	1,45X	1,42X	1,36X	1,16X
Concreto	1,70X	1,81X	1,67X	1,96X	1,97X

**Fonte:** Adaptado de Barbosa, Ino, & Shimbo, 2000 apud Richter (1998).

A vantagem da madeira sobre os outros materiais pode ser explicada pelo fato de as árvores terem a capacidade de estocar carbono, criando o que é chamado de sequestro de carbono, retendo CO<sub>2</sub> na estrutura da madeira. Também pode ser justificado pelo seu processo de manufatura, o qual necessita de menor consumo energético, o que gera menor poluição, enquanto o aço e concreto necessitam de altas temperaturas, e portanto, grande gasto energético para serem produzidos. A madeira torna-se superior aos outros materiais, ainda, por ser um material passível de reciclagem ou reutilização, o que prolonga sua vida útil (BARBOSA, INO e SHIMBO, 2000).

Além disso, a madeira é uma matéria prima que tem pequenos volumes de desperdício, pois a maioria dos seus resíduos podem ser queimados após sua vida

útil, atingindo se uma taxa de utilização de até 95%. No entanto, por ser um material de origem biológica, a madeira necessita de tratamento específico para ficar exposta em ambientes externos, o qual irá potencializar as características do material evitando a geração de patologias (RICHTER, 1995).

O maior impacto ambiental causado por esse material está no processo de retirada e transporte até o local da manufatura. A poluição gerada pelas serras de desdobro e o transporte do material devem ser comparadas ao seu benefício ambiental na captação e armazenamento de carbono do ar. (BARBOSA, INO e SHIMBO, 2000).

### 3. O USO DA MADEIRA NO SUL DO BRASIL

A difusão da arquitetura em madeira no sul do Brasil teve relação direta com os fluxos imigratórios europeus intensificados em 1850. A vinda desses imigrantes foi fomentada pela atuação de grandes proprietários de terras que viviam o momento da abolição da escravatura e pela promulgação da Lei de Terras. A busca por mão de obra estrangeira para implantação de colônias em regiões do território que ainda permaneciam “vazias”, sem exploração, foi o marco desta ação de colonização. Neste momento deu-se preferência a imigrantes europeus, já que a intenção era constituir uma sociedade europeia no Brasil e visava o que Gregory (2007) denominou de “branqueamento da população”. Os grupos que se destacaram e passaram a influenciar a arquitetura em madeira nas regiões onde se estabeleceram foram os alemães, italianos e eslavos, no caso poloneses e ucranianos (GREGORY, 2007).

Os imigrantes alemães foram os primeiros europeus a chegarem ao Brasil como forma de política já no Reinado de Dom Pedro I. A partir de 1827, instalaram-se em forma de pequenas colônias no Rio Grande do Sul e, posteriormente, em Santa Catarina e Paraná. Mas somente em 1850 houve no sul uma imigração expressiva motivada pelos fatos discutidos anteriormente (GREGORY, 2007).

No sul do país, esses imigrantes tinham a principal função de ocupar regiões “vazias” em áreas de florestas próximas a vales de rios, principalmente no estado de Rio Grande do Sul, para garantir a integridade do território do Brasil. Para se estabelecer, os pioneiros usaram técnicas construtivas as quais eram familiarizados no seu país natal. Dessa maneira, construíram suas casas com o material mais abundante na região - a madeira - apropriaram-se do sistema enxaimel (GREGORY, 2007).

No entanto, o sul do Brasil contou também com construções no sistema de tábuas mata-junta, que se desenvolveu pela disponibilidade de peças em madeiras em tamanhos padrões, devido à forte indústria serralheira no sul do país, em especial no interior do estado do Paraná (IPHAN, 2011).. Estes dois sistemas serão estudados com maiores detalhes no decorrer da pesquisa por constituírem a maior expressão do uso da madeira na arquitetura tradicional do sul do país



### 3.1 O USO DA MADEIRA NO PARANÁ

O Paraná foi o estado receptor por excelência de imigrantes, especialmente a partir de 1920. Isso foi resultado do crescimento populacional no Rio Grande do Sul, o que levou o aumento de preço de terras na região, gerando a imigração da sua população a regiões mais distantes. Esses grupos se distribuíram a curta e média distâncias das suas localidades no Rio Grande do Sul e também em Santa Catarina. Essa busca de novas terras fez do Rio Grande do Sul um foco de emigração e do Paraná um estado receptor de imigrantes, enquanto Santa Catarina, devido a sua localização, expulsava e recebia população (GREGORY, 2007).

O método construtivo adotado pelos imigrantes no Paraná necessitava ser de rápida execução e era limitado pela escassez de materiais disponíveis. Assim, suas construções foram baseadas no material mais abundante no interior do estado - a madeira – porém, sempre buscando criar construções com a sua própria linguagem e que atendessem as suas necessidades locais e identitárias (ZANI, 2013).

No Paraná, inicialmente estiveram presentes diversos tipos de construções, como as casas feitas com sobreposição em troncos trazida por poloneses, as casas de enxaimel típicas dos alemães e as casas de alvenaria específicas dos italianos. Com a intensificação da exploração madeireira na região no sul do país e com a instalação de serrarias, foi possível padronizar o material e se criou um estilo próprio de construção, que foi largamente adotado, a tábua e mata-junta (ZANI, 2013).

No sul e centro sul do estado, no fim século XIX, a madeira usada foi a de pinho (*araucária angustifolia*). No Norte, foi marcante o uso da Peroba Rosa (*Ansidosperma polyneuron*) nas décadas de 1940 a 1950, para as telhas de café da região e as casas. Esse período de construções em madeira no estado durou do fim do século XIX até meados da década de 1970 (ZANI, 2013).

### 3.2 SISTEMA CONSTRUTIVOS TRADICIONAIS EM MADEIRA NO SUL DO BRASIL

A pesquisa busca contemplar os sistemas que foram atuantes no sul do Brasil para que se possa criar um panorama do uso da madeira na construção civil em meio a história do sul do país. Entende-se que este resgate fundamenta a base do uso deste material que merece ser resgatado devido às suas características físicas e

potencial ambiental. Assim, segue a descrição dos principais sistemas encontrados na história do sul do país e suas principais características.

### 3.2.1 Casa de troncos

Apesar de pouco conhecido no Paraná, as construções em troncos horizontais foram utilizadas pelos imigrantes poloneses que se instalaram na região metropolitana de Curitiba e outras regiões do sul do país inicialmente quando vieram ao Brasil a partir de 1870 (EXTERIORES, 2018). Após 1930, com o desenvolvimento e trocas culturais, as construções passaram a ser elaboradas com madeira serrada do tipo tábua e mata junta, tipo de construção que se tornou característica em todo estado (SIKORA, 2015).

As casas de tronco construídas pelos poloneses no Paraná preservaram as características coloniais, já que os imigrantes tinham origem camponesa, sendo comum esse estilo no sul da Polônia (SIKORA, 2015).

As edificações aqui eram construídas com troncos de pinheiro araucária, os quais eram falqueados e encaixados na horizontal em sistema de espinha de peixe, com os troncos se encontrando nos cantos das construções. Devido ao sistema escama de peixe, não usavam-se pregos para a união. Os telhados eram em duas águas e cobertos com tabuas do estilo *gonty*, com forte caída, usado na Europa para evitar o acúmulo de neve. Mais tarde os troncos foram substituídos por madeira serradas (SIKORA, 2015).

Algumas dessas casas foram preservadas como pode ser observado no memorial de cultura polonesa, no bosque do Papa em Curitiba (GUEDES e ISSBERNER, 2017). Na Figura 4 pode-se notar uma dessas casas, que foi convertida no parque em uma loja de artesanatos e ver o característico encaixe espinha de peixe na aresta da construção.

**Figura 4-** Casa de troncos no Memorial Polonês em Curitiba - PR



Fonte: Roberto (2018).

Apesar de no Brasil não ter se difundido as construções em troncos foi um método utilizado por diversos povos europeus, sendo utilizado até os dias de hoje , com adenominação atual de *Log Home*.

### 3.2.2 Enxaimel

Inicialmente ao se instalarem na região sul, os imigrantes alemães não disponham de ferramentas elaboradas e tinham que extrair a madeira para seus lares de forma manual, com as ferramentas trazidas consigo da Europa. Essa era um trabalho que demanda conhecimento de detalhes técnicos minuciosos na arte de construir, o que fez com que adotassem o método construtivo de sua herança cultural o qual exigia menor uso de madeira e que possibilitaria construir com maior facilidade por tratar de um método de maior racionalidade. A casa “enxaimel” passou então a estar presente na paisagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina sendo menos adotada no estado do Paraná (IPHAN, 2011).

O conhecimento do método enxaimel trazido junto com os imigrantes da Europa tem sua denominação em alemão “*Fachwerk*” que em uma tradução livre seria “treliça”. Essa técnica é caracterizada por criar um espaço em uma parede feito a partir da estrutura de câmbrias preenchidos com material entrelaçado e então preenchido

com barro (WITTMANN, 2016). Na Figura 5-a e 5-b é possível identificar a “moldura” criada pelas peças em madeira e a área preenchida com material de vedação.

**Figura 5** – Casas em enxaimel. a) Ivoti, RS. b) Petrópolis, RS.

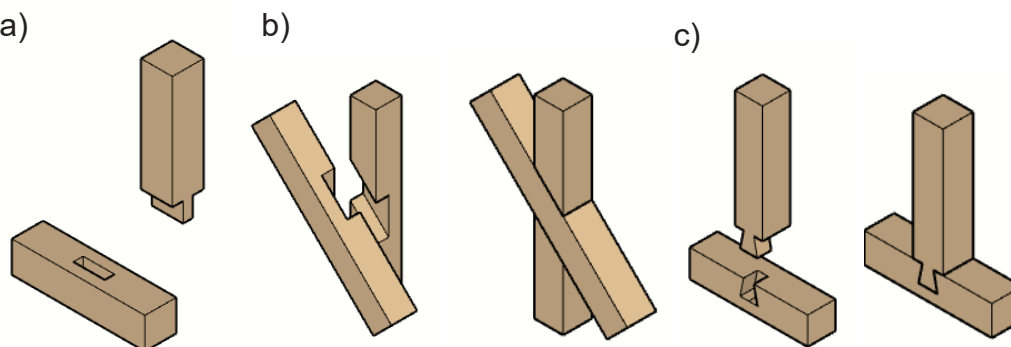


Fonte: Junior (2009) e Wittman (2016).

O processo construtivo realizava-se da seguinte forma: primeiro elaborava-se um desenho simples da casa a ser construída, o qual ficava a cargo do carpinteiro definir os detalhes necessários; então determinava-se a quantidade de madeira e a bitola a serem usadas; posteriormente eram cortados os troncos que seriam usados nas peças necessárias em uma carpintaria.

As peças que compunham a estrutura eram os esteios, escoras e travessas, os quais eram unidos por encaixes, sem uso de pregos ou parafusos. Alguns desses encaixes estão na Figura 6, em a) se tem o tipo espiga e furo para espiga e em b) a meia madeira e resultado do encaixe, usado na união de travessas e esteios. Utilizava-se também traves, barrote e baldrame nessas construções, que eram ligados com os encaixes já citados e também com a andorinha (c) (VOLLES, 2017).

**Figura 6**- Encaixes usuais em casas enxaimel, a) Espiga; b) Meia madeira; c) Andorinha.



Fonte: Adaptado de Volles (2017).

Cada parede era individualmente construída na carpintaria e sua resistência analisada, para então as peças receberem uma marcação para indicar as peças corretas a serem unidas na remontagem da estrutura no terreno onde iria ser instalado. Os caibros e empenas do telhado seguiam o mesmo processo. Assim, quando as partes ficavam prontas era feito o transporte das peças até o destino (VOLLES, 2017).

As montagens eram executadas por meio de mutirão, em que se levava de dois a três dias para construir uma casa. Primeiro levantavam-se as partes em madeira e o telhado, pois dessa maneira, já poderia receber as telhas ou pequenos tábuas de madeira (*gonty*), que assim protegia os construtores do sol ou da chuva para executar as outras atividades necessárias (VOLLES, 2017).

As vedações variavam de local e disponibilidade de material. No Rio Grande do Sul eram com pedras e adobe. Já em Santa Catarina, o principal tipo de vedação eram os tijolos maciços (IPHAN, 2011).

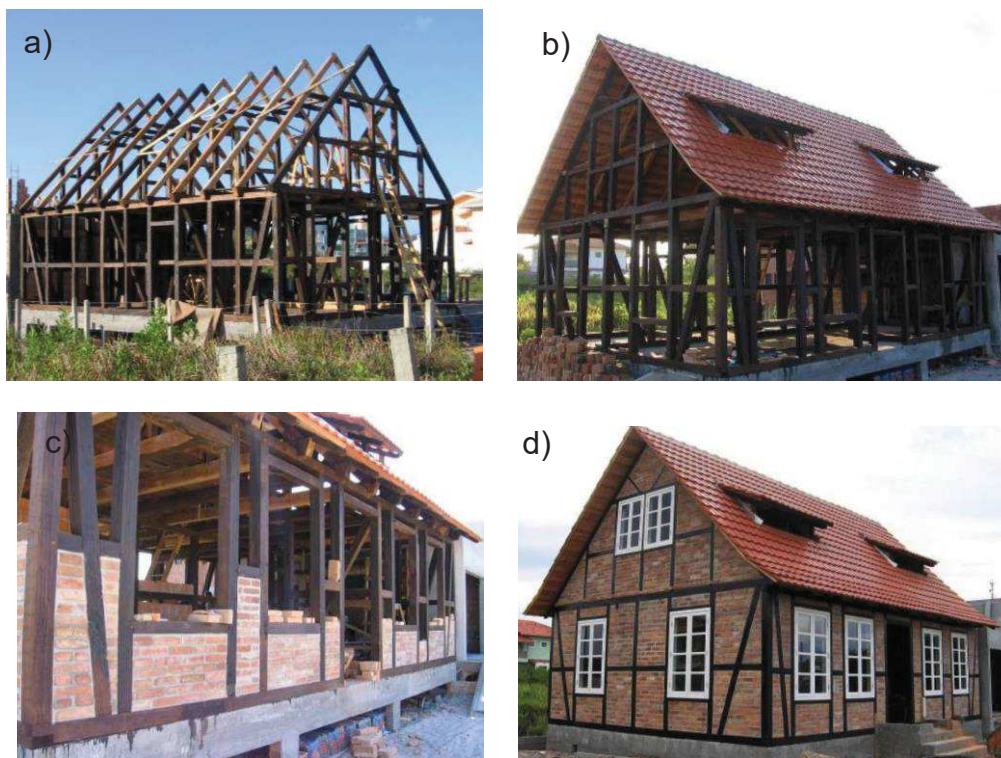
As casas tinham a característica de serem construções realocáveis, por poderem ser desmontadas, já que eram construídas por encaixe, podendo ser levadas a outros locais. Esse atributo ainda possibilitava mudanças nas dimensões da edificação (VOLLES, 2017).

Volles (2017), é responsável pelo resgate da construção em enxaimel no Brasil através do restauro dessas casas. O processo é similar àquele descrito anteriormente e com fotos pode-se ter noção clara da sequência executiva. Na Figura 7 se vê as etapas da montagem da casa, em a) vê-se a estrutura em madeira da casa, em b) a instalação do cobrimento do telhado, que não seguiu as telhas geralmente usadas nesse tipo de edificação, pois adotou-se telhas de barro e c) o fechamento das paredes com tijolos e em d) a casa totalmente restaurada.

Nota-se na Figura 7 algumas alterações na construção para atender as demandas de uma residência moderna, no entanto, há o respeito pelo método tradicional de se construir em enxaimel. Outro ponto importante da imagem é que é possível identificar o sótão na parte superior da casa, característica comum nas casas alemãs que também pode ser visualizada na Figura 5.



**Figura 7** – Restauração casa Righetto, Blumenau/Bombinhas-SC. a) Estrutura; b) Estrutura com cobrimento do telhado; c) Início da vedação com tijolos; d) Casa em enxaimel completa.



Fonte: Volles (2011).

O período de construções em enxaimel no Brasil perdurou de forma plena até o início da implantação de serrarias na região, o que facilitou a obtenção de madeira serrada por baixo custo, assim provocando a migração para construções desse material, como casas de tábua e mata junta (IPHAN, 2011).

### 3.2.3 Tábua e mata-junta

Ao fim do século XIX o sul do Brasil vivia a intensificação e mecanização da madeira na região com a instalação de serrarias para exploração das matas nativas no denominado Ciclo da Madeira. Esta ação gerou a padronização dos elementos construtivos, tornando a madeira de fácil acesso e barata, fazendo que a construção em madeira com tábuas se popularizar (ZANI, 2013).

O tipo de construção em madeira mais popular na região foi de casas tábua e mata-junta, que inicialmente eram construídas elevadas cerca de 1 metro do chão, composta de barrotes e vigas sobre os quais eram pregadas as vedações, sistema tábua e mata-junta, os assoalhos e forros. A estrutura do telhado era de madeira com as telhas também de madeira. Com o passar do tempo houve evoluções em busca da

durabilidade da casa, como o uso de telhas francesas e a colocação de janelas com vidro (ZANI, 2013).

Na década de 1970 encerra-se a construção em tábua e mata junta, devido ao aumento do preço da madeira e ao estigma criado em torno das construções em madeira, em consequência das políticas públicas das prefeituras das cidades para desestimular a adoção de edificações desse tipo, pois defendiam que o sistema não era moderno (ZANI, 2013).

O material básico usado nas construções da casa de tábua e mata-junta executadas no Paraná, eram, em sua maioria, estruturalmente de Peroba Rosa e Araucária, com pregos como elemento de união. Eram utilizadas telhas de argila tipo “francesa”, e as janelas e portas eram feitas de cedro. Inicialmente, as casas ficavam apoiadas sobre troncos de peroba e, posteriormente, esses apoios foram substituídos por pilaretes de tijolos. Apesar de existir variações entre as construções, o fator comum era sempre a vedação horizontal com a técnica tábua e mata-junta com pregos (ZANI, 2013). A Figura 8 demonstra uma casa em processo de desmonte, em que foram retiradas juntas. Nota-se, na Figura, o espaço entre as tábuas onde estava pregado as mata-juntas.

**Figura 8** - Casa em desmonte sem mata-juntas em Cascavel - PR.


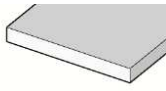

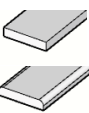
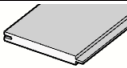


Fonte: Autor (2018).

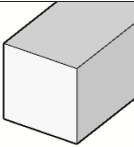

As dimensões das casas eram ditadas pelo sistema de vedação. As tábuas no norte do Paraná tinham a largura de 22 cm, com espaçamento variável e fechamento de mata-juntas com 5 cm. No sul e centro sul do estado a modulação era diferente, realizadas com tábuas vindas de araucária com 30 cm (ZANI, 2013).

No quadro 1 estão as principais peças usadas na construção das casas de tábua e mata-junta no Paraná.

**Quadro 2** – Peças usuais na construção de casas de tábua e mata-junta, dimensões e utilização

PEÇA	PERFIL	SEÇÃO (cm)	COMP. (m)	ESPÉCIE	BENEF.	UTILIZAÇÃO
VIGA		6x12 6x16	2 à 6,5	Peroba Rosa	Serrada	Quadro inferior e superior Barroteamento para assoalho Estrutura do telhado
CAIBRO		6x5 6x7	2 à 6,5	Peroba Rosa	Serrada	Enquadramento de portas e janelas, encaibramento p telhado, tarugamento para grades, varandas.
TÁBUA		22x2,5 22x2,2	2 à 4	Peroba Rosa	Serrada	Vedação vertical (paredes) Vedação horizontal (pisos)
1/2 TÁBUA		16x2,2 12x2,2 10x2,2	2 à 4	Peroba Rosa	Serrada	Testeiras e empenas
				Cedro	Aparelhada	Molduras-rentilhado
RIPA		5x1,5	2 à 4,5	Peroba Rosa	Serrada	Ripamento telhado
				Cedro	Aparelhada	Fechamento vertical e horizontal tipo xadrez
MATA-JUNTA		6x1,2	2 à 4,5	Peroba Rosa Cedro Pinho araucária	Serrada ou Aparelhada	Acabamento interno e externo do tabuado vertical e vãos de janelas e portas
1/2 TÁBUA MACHO E FÊMEA		10x2	2 à 5	Peroba Rosa	Serrada	Assoalhos
				Peroba Rosa Cedro Pinho araucária	Serrada	Portas e janelas
LAMBRI		10x1,2 10x0,8	2 à 5	Peroba Rosa	Serrada	Forros e revestimentos de paredes internas

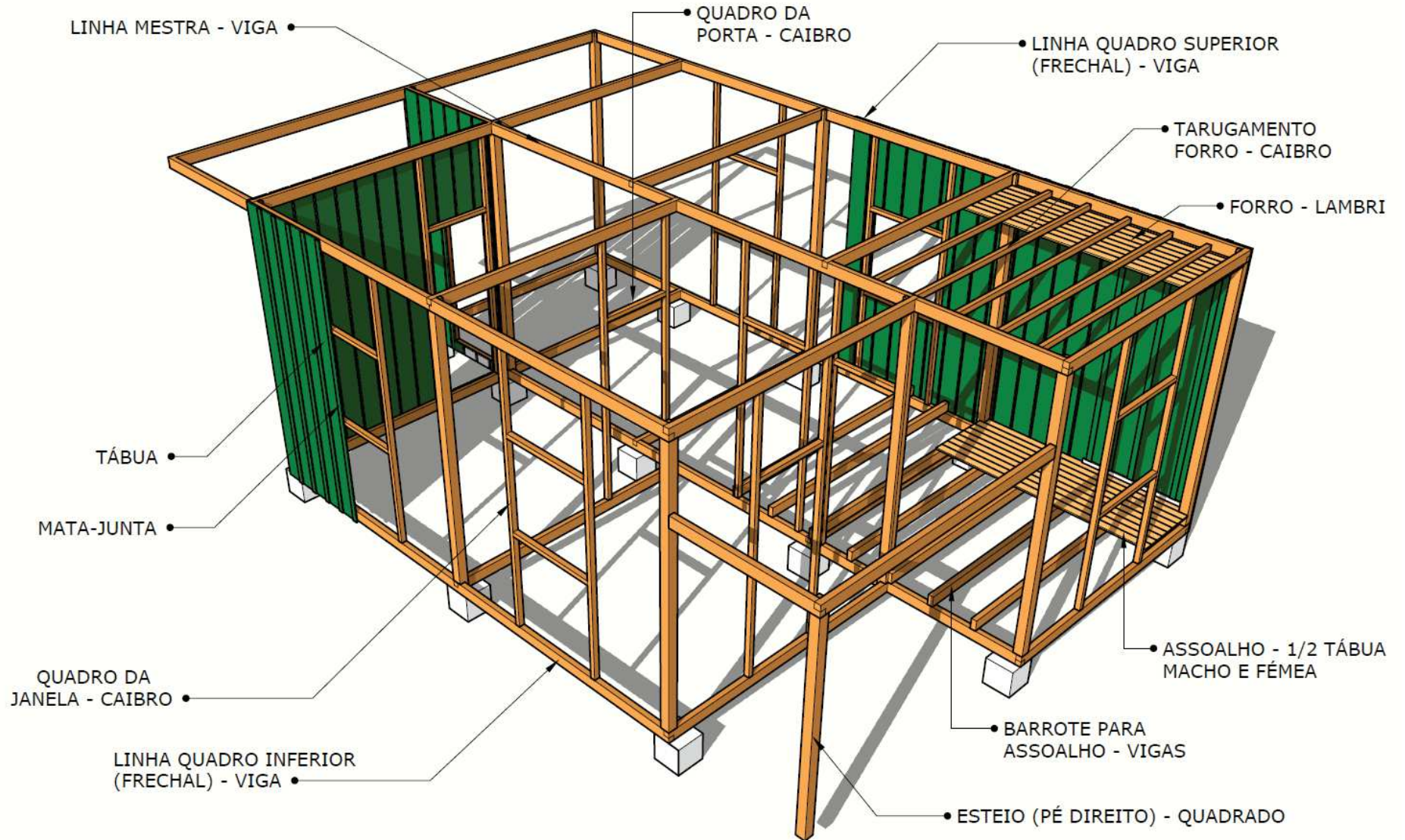


<b>QUADRADO</b>		10x10 12x12	2 à 5	Peroba Rosa Pinho araucária	Serrada	Esteios (pé direitos)
<b>BALAÚSTRE</b>		6x3	1,20 e 1,50	Peroba Rosa	Serrada	Cerca para fechamento do terreno

**Fonte:** Adaptado de Zani (2013).

A casa de tábua e mata-junta é composta de vários sistemas elaborados a partir das peças disponíveis do Quadro 2 sua localização física pode ser vista na Figura 9, o método e lógica construtiva serão discutidas a seguir.

**Figura 9** – Localização principais peças na estrutura na casa de tábua e mata-junta.

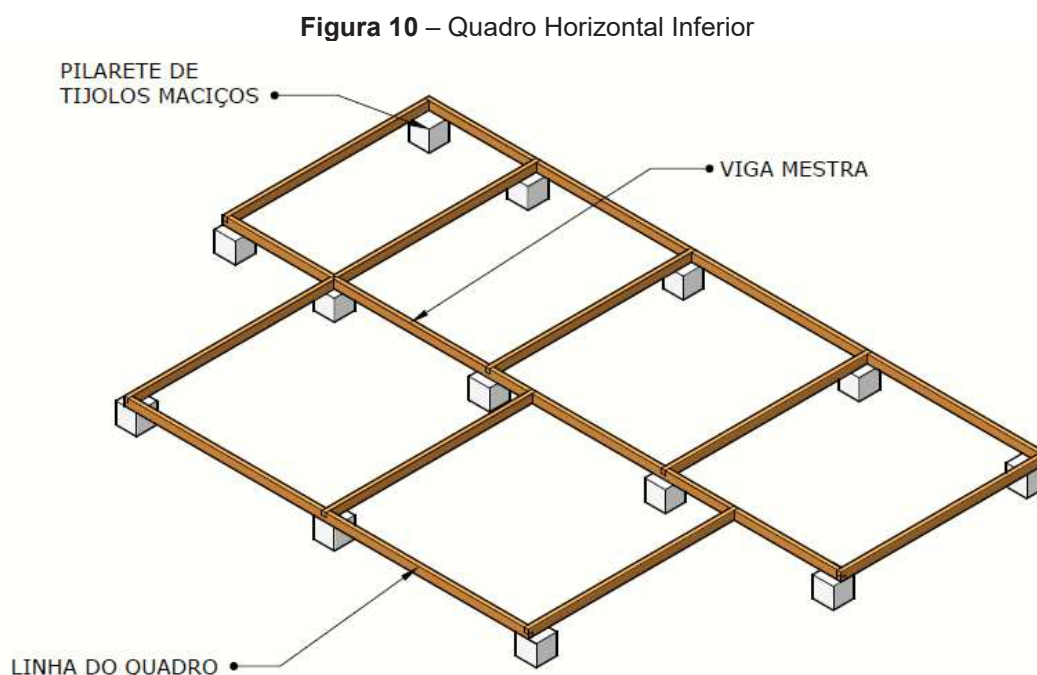


Fonte: Adaptado de Zani (2013).

### 3.1.3.1 Sistema construtivo

A parte estrutural do sistema denomina-se arcabouço, composto pela parte portante da estrutura e o telhado. Por sua vez, a parte portante é formada pelos quadros horizontais inferiores e superiores interligados por esteios, enquanto o telhado é formado por tesouras ou pórticos interligados por terças, caibros e ripas (ZANI, 2013).

O quadro inferior, chamado por carpinteiros como quadro “de baixo”, é formado por um sistema bidimensional composto por vigas prismáticas e constantes. As vigas das extremidades e do centro são as que transferem os esforços da estrutura para os pilaretes ou ainda para os baldrames de alvenaria, conforme a Figura 10. A união das vigas é feita por sambraduras de diversos tipos, dependendo da origem do carpinteiro. (ZANI, 2013).

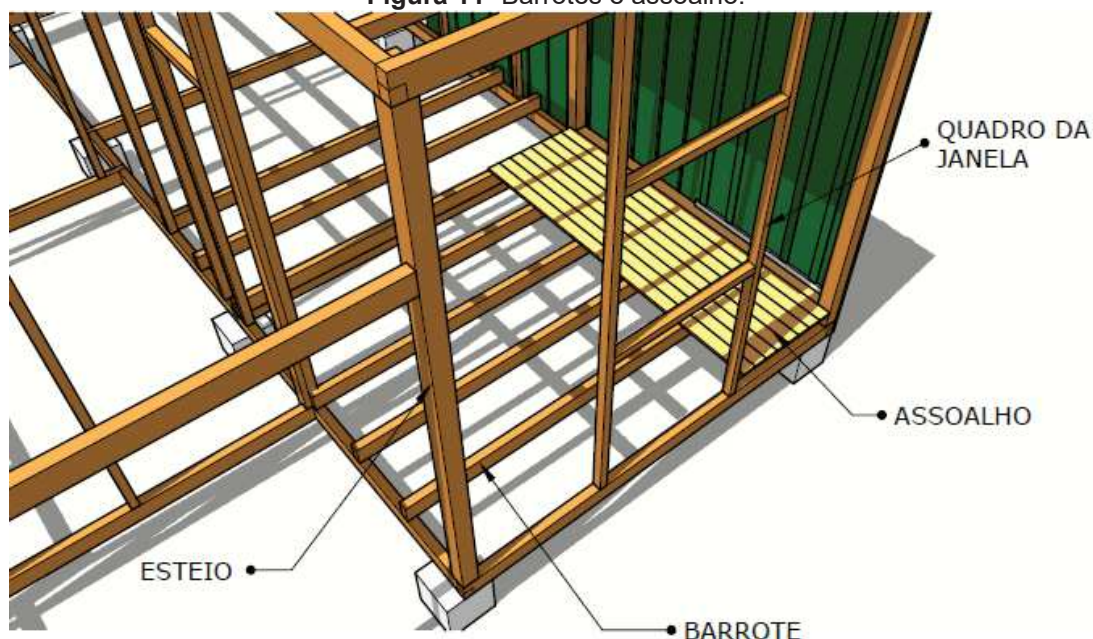


**Fonte:** Adaptado de Zani (2013).

A vedação horizontal, assoalho, é feita através da colocação dos barrotes apoiadas das vigas mestres e acima, colocadas as tábuas do assoalho, conforme o detalhe obtido da Figura 9 disposto na imagem 11. Através do quadro inferior é feito à risca e corta das madeiras para a montagem do quadro superior e para a estrutura de cobertura (ZANI, 2013).



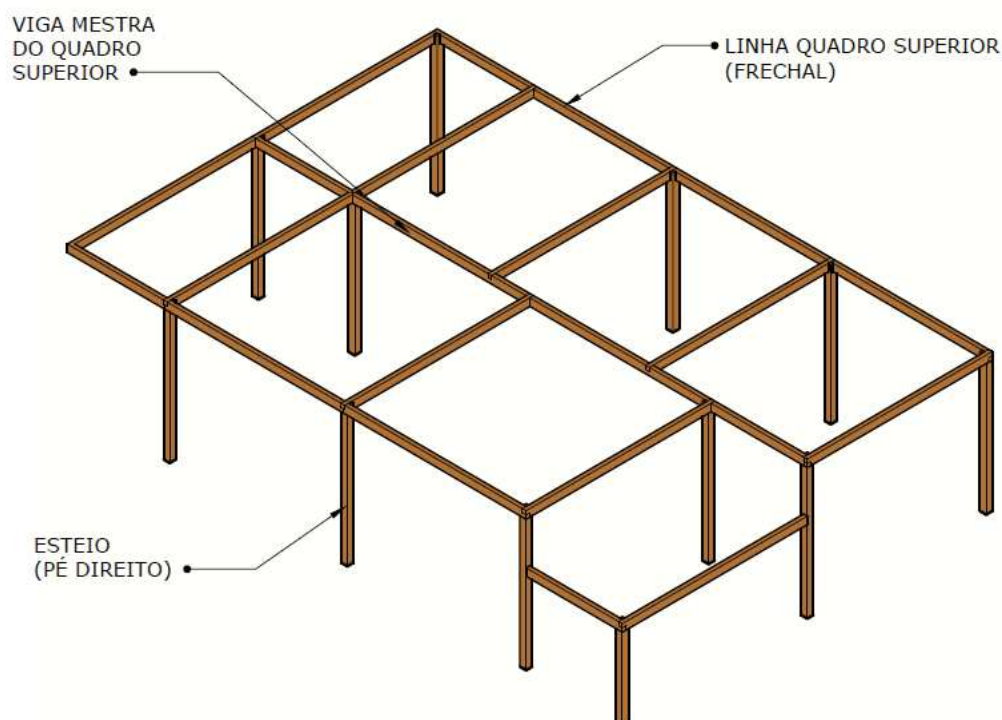
**Figura 11-** Barrotes e assoalho.



Fonte: Adaptado de Zani (2013).

O quadro superior, também chamado de quadro “de cima”, tem a mesma configuração que o quadro inferior. Na Figura 12 pode-se ver um exemplo, no qual se tem o esteio que o liga ao quadro inferior. Também pode-se observar o flechal que serve de apoio as tesouras e transfere o esforço produzido por elas aos esteios e a viga mestre, que serve de apoio (ZANI, 2013).

**Figura 12 –** Quadro Horizontal Superior



Fonte: Adaptado de Zani (2013).

Os esteios são popularmente chamados por carpinteiros de pé direito, que são peças de seção quadrada ou retangular encaixados entre os quadros superior e inferior, sobre os pilaretes de fundação, eles são responsáveis por transferir os esforços do telhado a fundação (ZANI, 2013).

Na Figura 13, pode-se analisar as diferentes partes da construção. Na base inferior, caracterizado por uma linha continua vertical, há o quadro inferior e na linha superior o outro quadro. Os dois são ligados pelas peças de madeira horizontal, os esteios, os quais apresentam travamentos para evitar o processo de flambagem da peça, o que proporciona a estrutura maior rigidez.

**Figura 13** - Casa em desmonte, vista lateral direita, Cascavel - PR.



**Fonte:** Autor (2018).

Na Figura 14, analisa-se a mesma casa, agora em lado oposto. Nota-se que o apoio da casa está feito sobre alvenaria o que pode comprometer a vida útil do assoalho. É possível observar que a elevação da casa do nível do solo é utilizada para criar um espaço de armazenamento, algo muito comum em casas desse estilo.

Outro detalhe que pode ser observado é o uso de travamentos laterais entre os quadros de janela e portas e na imagem 13 além dos travamentos a contraventamentos nos cantos.

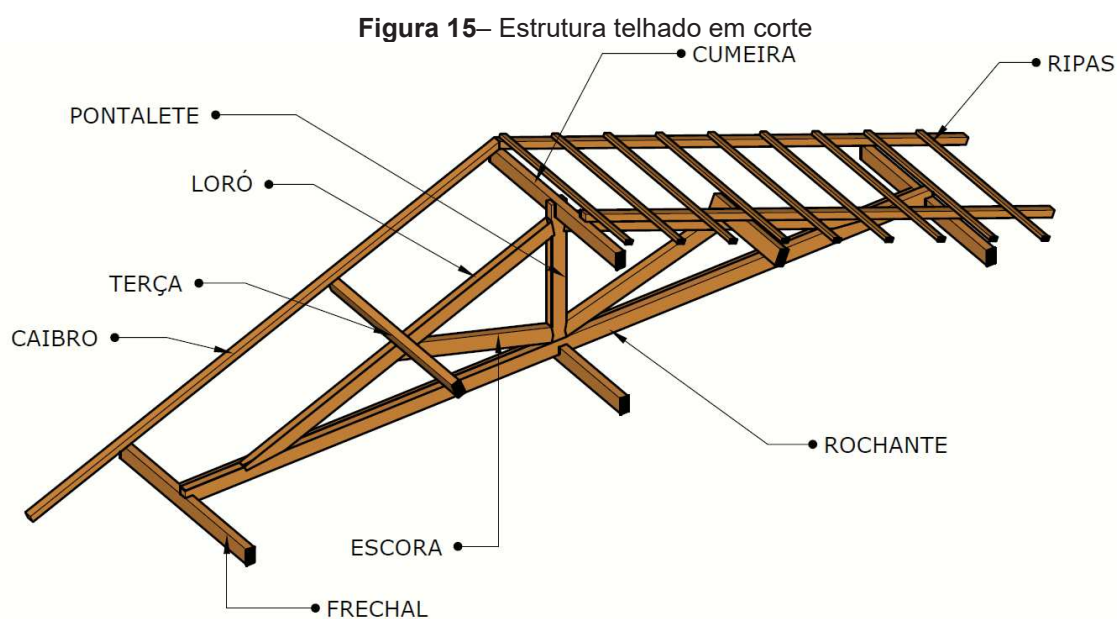
**Figura 14** - Casa em desmote, vista lateral esquerda, Cascavel - PR.



Fonte: Autor (2018).

Também é possível ver uma face das madeiras de suporte do assoalho, os barrotes, que ficam apoiados nas vigas mestras.

Devido à diversidade de carpinteiros, influenciados por sua bagagem e conhecimento, geraram-se várias soluções volumétricas para os telhados. No entanto, essas estruturas têm algo em comum: suas tesouras são do tipo romana, onde fica disposta uma trama de terças, caibros e ripas como está na Figura 15 (ZANI, 2013).



Fonte: Adaptado de Zani (2013).



Na Figura 16 o detalhe da escora que foi fixada por forma de entalhe no pontalete. Também é possível visualizar que sobre o loró estão apoiadas as terças, que por sua vez são sobrepostos por caibros, aonde são posicionadas as telhas francesas, cobertura comum nesse tipo de casa.

**Figura 16** - Casa em desmonte, tesoura romana.



**Fonte:** Autor (2018).

### 3.1.3.2 Processo e sequência construtiva

A sequência executiva segundo Zani (2013) é da seguinte forma:

- a. Esquadreamento e nivelamento, respeitando a topografia do terreno, dos apoios de tronco de tora ou pilaretes de tijolo maciço.
- b. Corte das vigas do quadro inferior.
- c. Montagem do quadro inferior.
- d. Corte das vigas para o quadro superior tendo como base de medida o inferior.
- e. Montagem do quadro superior sobre o inferior
- f. Corte das vigas da estrutura do telhado: rochante, loró, pontalete, terças e espigões.
- g. Montagem a estrutura do telhado composto por tesouras, terças e espigões sobre o quadro superior ao rés do chão.
- h. Remoção e desmonte o quadro superior e a estrutura do telhado.
- i. Alinhamento e colocação dos esteios e enquadramento dos vãos.
- j. Armação do quadro superior, frechais e vigas mestras.
- k. Colocação das tábuas de vedação.

- l. Armação estrutura do telhado.
- m. Encaibramento e ripamento do telhado.
- n. Colocação telhas.
- o. Colocação dos barrotes.
- p. Colocação do assoalho
- q. Colocação vedação interna.
- r. Colocação janelas e portas.
- s. Tarugamento para colocação do forro.

O item “k” apresenta variações conforme a quantidade de madeira disponível ou diante das posses dos proprietários. O exemplo apresentado de obra em desmonte ilustra a questão do uso de paredes duplas onde a estrutura acaba por ser escondida pelas tábuas e matas-juntas em ambos os lados interno e externo. Esta condição não é uma regra e sim praticamente uma exceção às obras erigidas no Paraná. Em sua grande maioria as paredes de vedação apenas revestiam a estrutura que no interior das obras ficavam expostas conforme a Figura 17.

**Figura 17** - Detalhe da estrutura – pilares - aparentes internamente.



**Fonte:** Feiber (2010).

A imagem além de ilustrar a estrutura aparente, apresenta também o detalhe do forro. Ao fundo ilustra o requinte dos elementos denominados de lambrequim que configuram a arte dos carpinteiros presentes neste período.



#### 4. O USO DA MADEIRA NOS ESTADOS UNIDOS E CANADÁ

A principal forma de construção para residências nos EUA e Canadá é através do sistema *wood frame*, que consiste em um método construtivo onde são criadas molduras com perfis de madeira. Estas molduras criam espaços onde serão implantados paredes, pisos ou telhados. Os espaços vazios são preenchidos com materiais que proporcionam isolamento térmico, acústico e resistência a fogo, e que são revestidos com placas OSB e então é aplicado acabamentos. Nos Estados Unidos essas construções representam cerca de 95% das construções residenciais, sendo amplamente difundido essa tecnologia, se mostrando um método de construção eficaz (MOLINA e CARLI, 2010).

O sistema atual mais usado nos EUA provem do *timber framing*, método usado no país até o fim de 1800, que transferia as cargas de forma pontual por pilares nas extremidades da construção, necessitando de peças de madeira maiores e com união das partes estruturais feitas com encaixes na madeira. Isso trazia dificuldades para a sua execução a larga escala, levando a busca de uma forma mais rápida, barata e simples de construção. Como consequência, foi desenvolvido, no início dos anos 1800 como esse propósito o *ballon framing* em que a transferência de cargas deixou de ser pontual através do uso de peças de madeira de sustentação ao longo das paredes, tornando linear a distribuição de cargas. Assim, com essa nova estrutura podia-se empregar peças de madeira com menores dimensões e os encaixes foram substituídos pelo uso de pregos, que se popularizam com a revolução industrial. Esse método foi utilizado em larga escala nos Estados Unidos de 1890 a 1930 (PIZZI, 2003).

No entanto, as construções em *ballon frame* apresentavam um grande risco de incêndio, já que os montantes de madeira eram contínuos do início do primeiro andar ao fim do segundo, o que facilitava a dispersão do fogo. Dessa maneira, a partir de 1930 a solução adotada foi a criação de andares isolados, o que gerou a necessidade de montantes menores já que a execução de cada andar é isolada. A solução adotada é chamada *plattform framing*, o método atualmente empregado na maior parte do mundo para *wood frames* (COUNCIL, 2001).

## 4.1 SISTEMA CONSTRUTIVO

O sistema construtivo pode ser dividido em execução das fundações, assoalho, paredes e telhado.

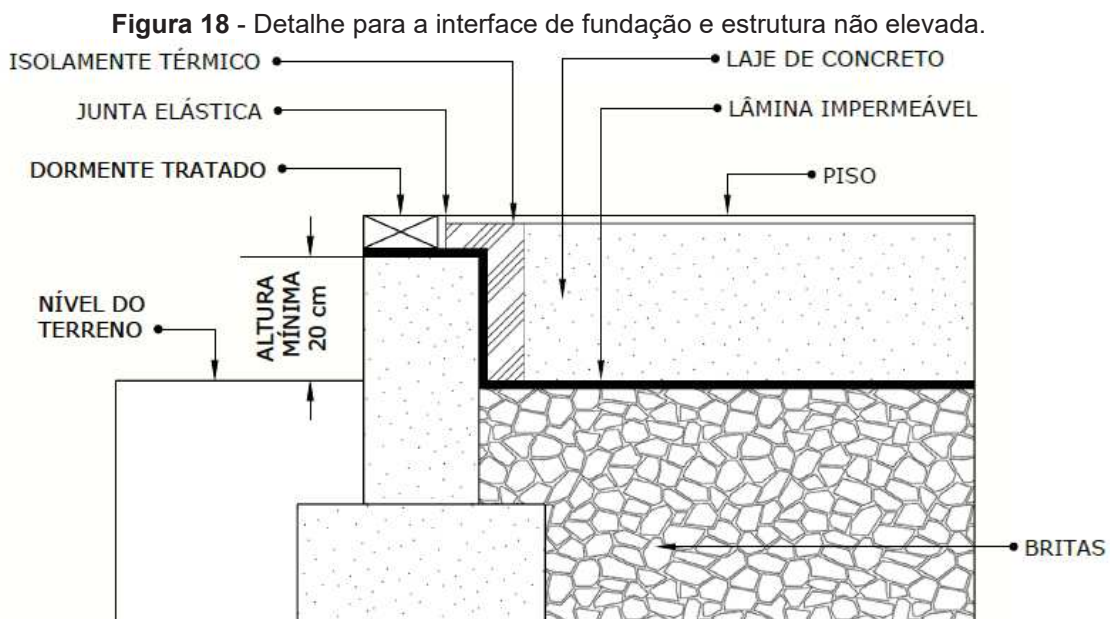
### 4.1.1 Fundação

Primeiro são feitas as fundações, que podem ser de elementos lineares, como sapatas - que é o método mais comumente utilizado, pois a forma de transmissão dos esforços da estrutura ao terreno é feita através das paredes. A norma americana permite a execução de sapatas com a base (parte mais larga) de concreto, e o resto da estrutura (parte superior), em concreto ou tijolos maciços, que muitas vezes são executadas como paredes de porões subterrâneos. Também podem ser realizadas fundações do tipo radier, embora sejam menos aplicadas para esse tipo de construção (ANDERSON, 1970).

Além de ser responsável por transmitir ao solo os esforços da construção, a fundação atua de forma a evitar que a umidade do solo chegue à estrutura. Para isso, toma-se precauções para evitar que a umidade ascenda por capilaridade. Assim, com intuito de precaver deste problema é necessário definir uma interface entre a fundação e a estrutura que a quebre (TRIGUEROS, 2011).

A forma a ser feita a interface entre a fundação e a estrutura vai depender se a estrutura está elevada em relação ao solo ou não. Em casos de não estar elevada a solução mais usada é a execução de uma laje de concreto sobre uma espessa camada de brita e entre os dois uma camada de impermeabilização, com função de quebrar a capilaridade da água. Para a fundação de fato, é indicado executar uma sapata corrida seguindo a geometria das paredes estruturais, sendo necessário uma elevação de 20 cm em relação da “parede” da sapata para proteger a base da estrutura (ANDERSON, 1970).

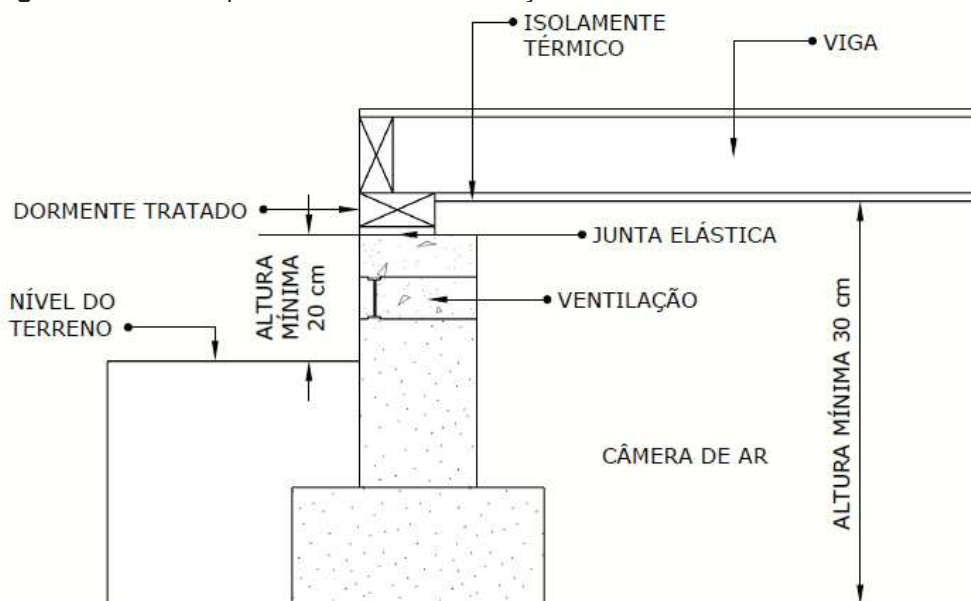
Ainda é preciso uma manta a prova d'água entre a sapata e a soleira de seção com dimensões usuais de 4,0 x 9,0 cm ou 4,0 x 14,0 cm (valores brasileiros), que também deve passar por tratamento contra umidade (ANDERSON, 1970). Todos os elementos necessários estão na Figura 18, com o detalhe para a interface de fundação e estrutura.



Fonte: Adaptado de Trigueros (2011).

Para casos os quais se escolhe deixar a estrutura elevada em relação ao solo, é criada uma câmara de ar que evita a condensação e acumulação de umidade, sendo que para funcionar corretamente essa deve ter uma altura de 30 cm entre a laje elevada e o solo, algo similar com as casa de tábuas e mata-juntas, como pode ser visto na Figura 19 (TRIGUEROS, 2011).

**Figura 19**- Detalhe para a interface de fundação e estrutura com estrutura elevada.



Fonte: Adaptado de Trigueros (2011).

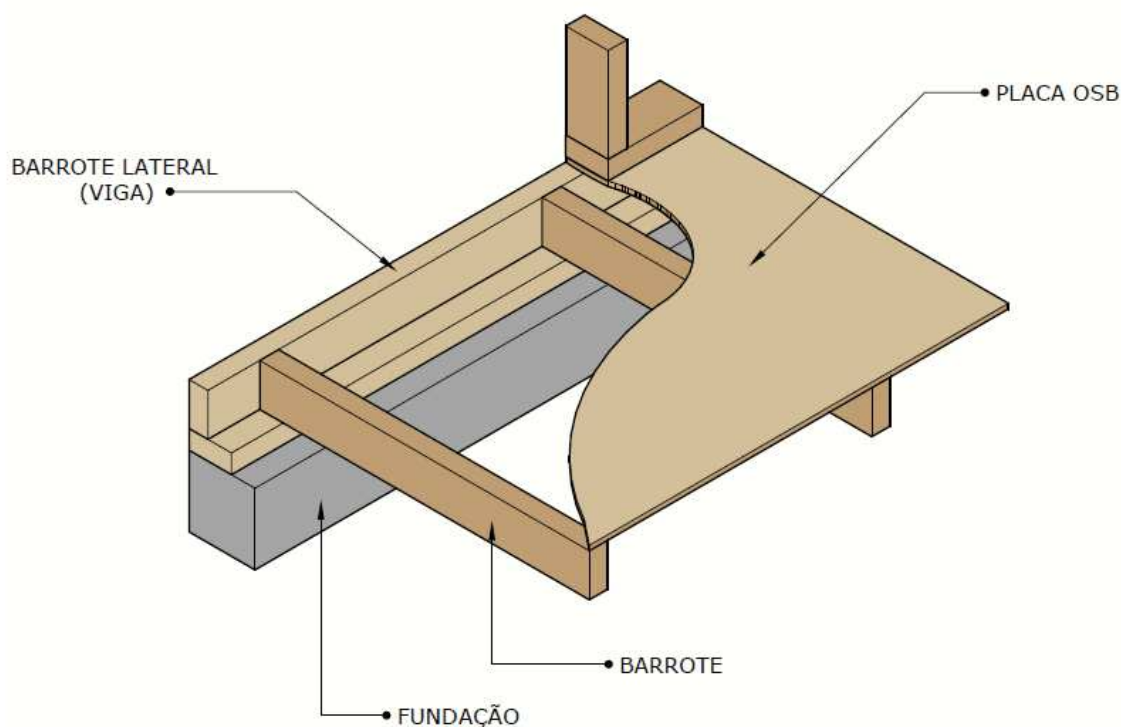
Para evitar o acúmulo de umidade é necessária a instalação de grelhas de ventilação. Estas evitam a entrada de água e não é necessária a laje de concreto, basta que a estrutura seja protegida de umidade (TRIGUEROS, 2011).

#### 4.1.2 Piso

O piso do *wood frame* pode ser elaborado em madeira, alvenaria ou concreto. O piso em madeira contribui para o desempenho térmico e acústico da edificação ainda que, para isso, seja importante a manutenção periódica da camada protetora de verniz que deve ser aplicado. No entanto, o piso em madeira não é indicado em áreas úmidas (MANUAL BÁSICO PARA A CONSTRUÇÃO DE CASAS DE MADEIRA PELO SISTEMA PLATAFORMA, 2012).

A estrutura do piso é composta por um conjunto de vigas apoiadas sobre estacas de madeira. Posteriormente, é colocado um conjunto de barrotes perpendicularmente ao conjunto de vigas e sobre os barrotes é pregado o contra piso, normalmente feito de placas de OSB, conforme a Figura 20, e então é colocado o piso final com o acabamento necessário (ANDERSON, 1970), similar ao modo executado em casas de tábua e mata-junta.

**Figura 20** - Esquema das partes do contra piso.



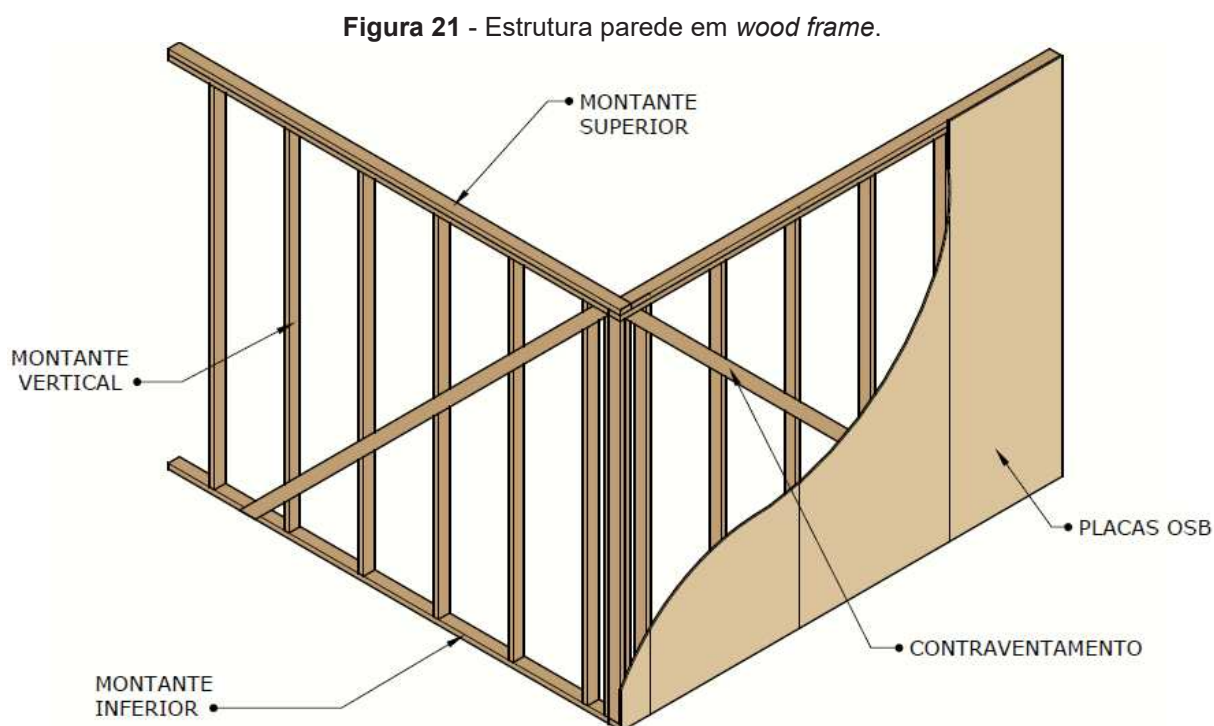
**Fonte:** Adaptado de Anderson (1970).

Os barrotes contêm seções de 4 cm de largura e altura variando entre 9 cm e 30 cm com espaçamento que varia de acordo com a espessura da placa OSB ou outro material usado para o fechamento e pode estar entre 60 cm e 120 cm (MBPC, 2012).

#### 4.1.3 Paredes

Nas estruturas de *wood frame* paredes são elementos de construção com função estrutural e com a finalidade de fechar as partes externas do edifício e estabelecer suas divisões internas. São estruturas leves, mas que possuem grande resistência mecânica e rigidez, tendo uma montagem simples e rápida no canteiro de obras (ABDI, 2015).

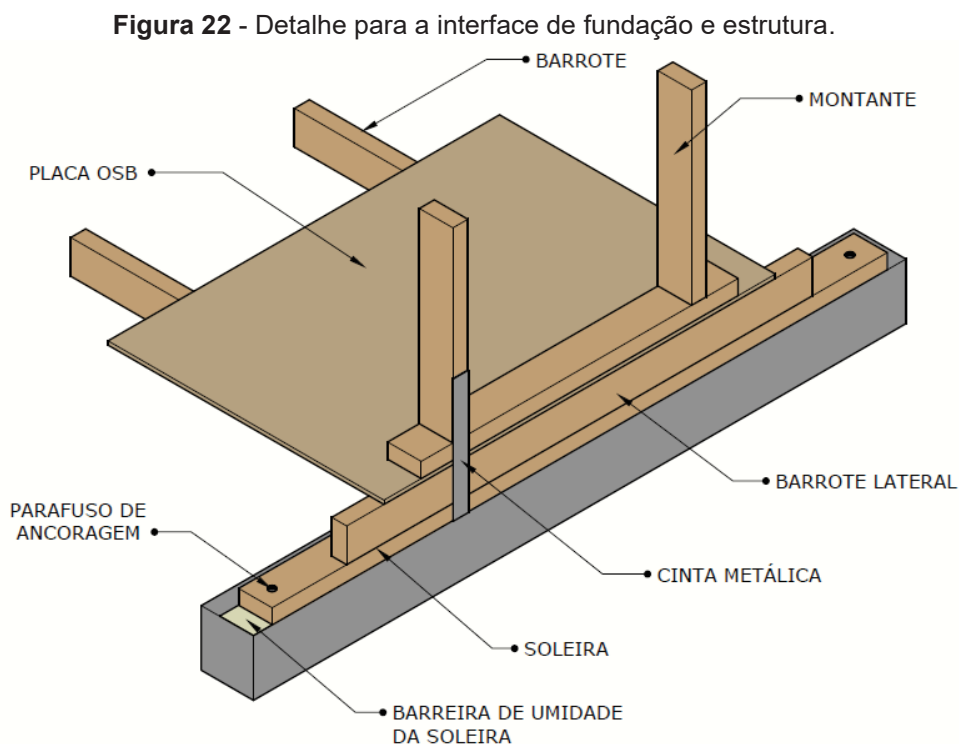
As paredes formam o esqueleto da estrutura para esse tipo de concepção. Elas são construídas de perfis de madeira dispostos nas posições verticais (montantes) e horizontais (barras, vergas e contravergas) e estruturadas com painéis de OSB. A estrutura da parede é composta de um conjunto de montantes de madeira com seção de 4,0cm x 9,0 cm, e espaçados de 60 cm entre si para casas de um pavimento normalmente, como na Figura 21. (MBPC, 2012).



Fonte: Adaptado de Anderson (1970).

Para a estrutura das paredes é usado uma barra horizontal na parte inferior de seção 4,0cm x 9,0cm e duas barras na parte superior dos montantes com a mesma seção da barra inferior. Nos cantos da edificação são utilizadas peças de 4,0cm x 9,0cm para auxiliar no contraventamento da estrutura e garantir maior rigidez a estrutura (ANDERSON, 1970), o que pode ser visto na Figura 21

Os montantes verticais, são responsáveis por transmitir as cargas do telhado para a base da fundação. As barras horizontais são peças de ligação, as barras superiores ligam a estrutura de cobertura às paredes e as barras inferiores ligam as paredes as estruturas de fundação, como pode ser visto no detalhe na Figura 22, onde se aplica sobre a fundação uma barreira para impedir a capilaridade e é unido a estrutura e fundação com parafusos e cintas metálicas (ANDERSON, 1970).



Fonte: Adaptado de MBPC (2012).

O revestimento da estrutura é realizado com a colocação de painéis OSB. Esses painéis possuem a função de suportar e transferir cargas para as fundações e de fechar a estrutura e fornecer uma base plana para aplicação de acabamentos (ANDERSON, 1970).

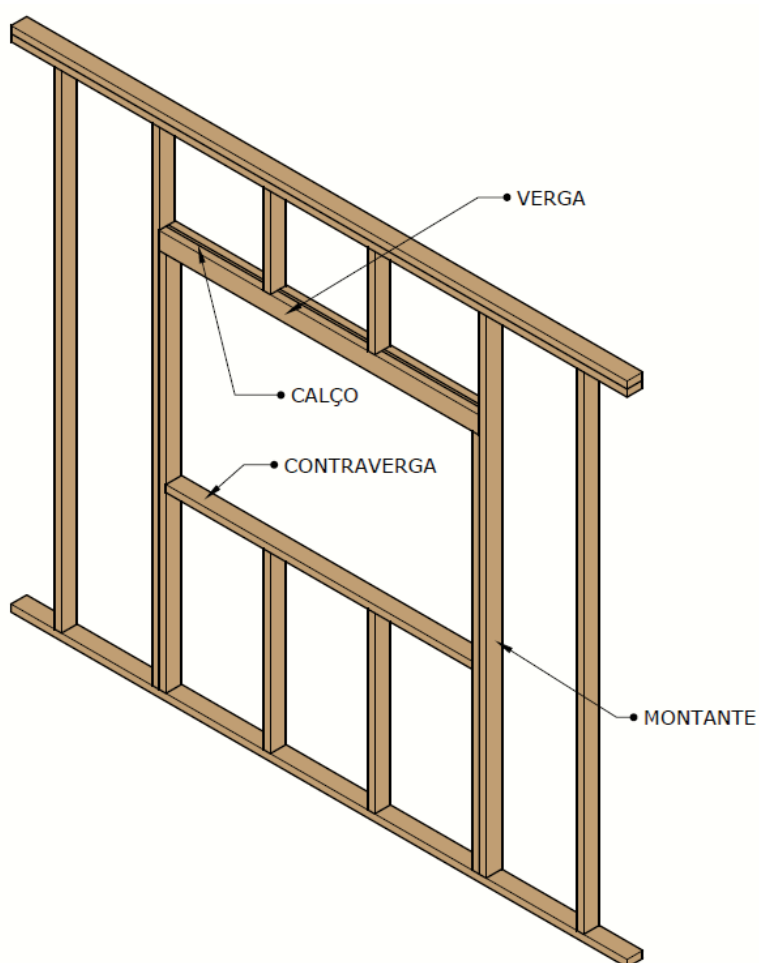
Na estrutura, as paredes externas são responsáveis por suportar a maior parte da carga do telhado, enquanto as paredes internas, na maioria dos casos (principalmente quando se utilizam tesouras para o telhado), são simplesmente

divisórias. Para as janelas, a transmissão da carga para a base é feita por montantes ou por vergas adequadamente construídas sobre as aberturas (MBPC, 2012).

Os elementos estruturais especiais que definem as portas e janelas completam a estrutura. Para sustentar o vão superior das aberturas são usadas vergas, compostas de duas peças de 4,0 cm de espessura e 10 cm de altura justapostas e com uma chapa de 1,0 cm de espessura colocada entre elas como um calço, as três peças são então ligadas com pregos (MBPC, 2012).

As vergas são suportadas nos extremos por pares de montantes, sendo um par em cada extremidade. Tendo o comprimento da altura da verga até a peça horizontal inferior, e são pregados justapostos a montantes inteiros paralelos a eles. As vergas são fixadas por meio de pregos nas extremidades dos montantes, conforme o exemplo da Figura 23 (MBPC, 2012).

**Figura 23-** Estrutura de uma janela em *wood frame*.



**Fonte:** Autor (2018).

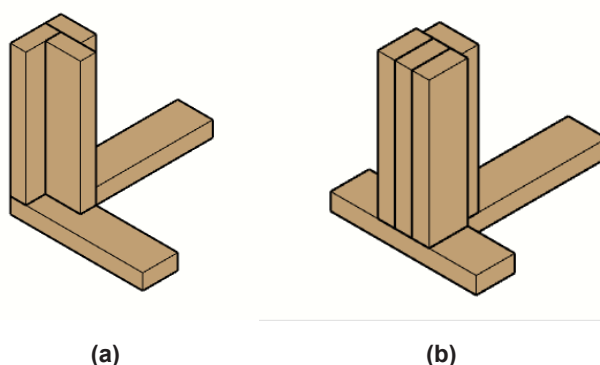


Para as aberturas a distância entre a parte superior da verga e a peça horizontal superior da estrutura deve ser preenchida com montantes curtos, com comprimentos correspondentes. Na parte inferior da abertura das janelas são usados montantes curtos que suportam a soleira da janela o que também pode ser visto na Figura 23.

Os cantos da edificação e as interseções das paredes exigem arranjos especiais dos montantes de modo a propiciar amarração eficiente das paredes e assegurar superfícies para pregação dos painéis externos e internos. Os arranjos dos montantes em junções de paredes têm duas funções básicas: de criar uma sólida união entre as paredes através dos montantes e uma superfície que servirá de base para a fixação do revestimento interno (PONCE, 2015).

A Figura 24-a mostra uma solução de arranjos de montante para encontro de paredes externas e 24-b encontro de 3 paredes

**Figura 24-** Arranjos de montantes cantos.



**Fonte:** Adaptado de Anderson (1970).

A execução das paredes inicia-se pela marcação a partir de uma das extremidades da posição dos montantes nas barras horizontais inferior e superior. As emendas das barras horizontais são feitas no centro dos montantes através de pregação e entre os montantes é preenchido com isolante térmico e acústico, sendo os mais usuais a utilização de lã de rochas. O fechamento das paredes é feito com placas OSB de 60cm, 120 cm de largura, e altura variável. A pregação dos painéis é feita após a colocação da estrutura na posição definitiva. Os painéis de OSB são executados com a maior dimensão na direção vertical, pois ela é indicada quando o pé direito da edificação coincide com o comprimento do painel (ANDERSON, 1970).

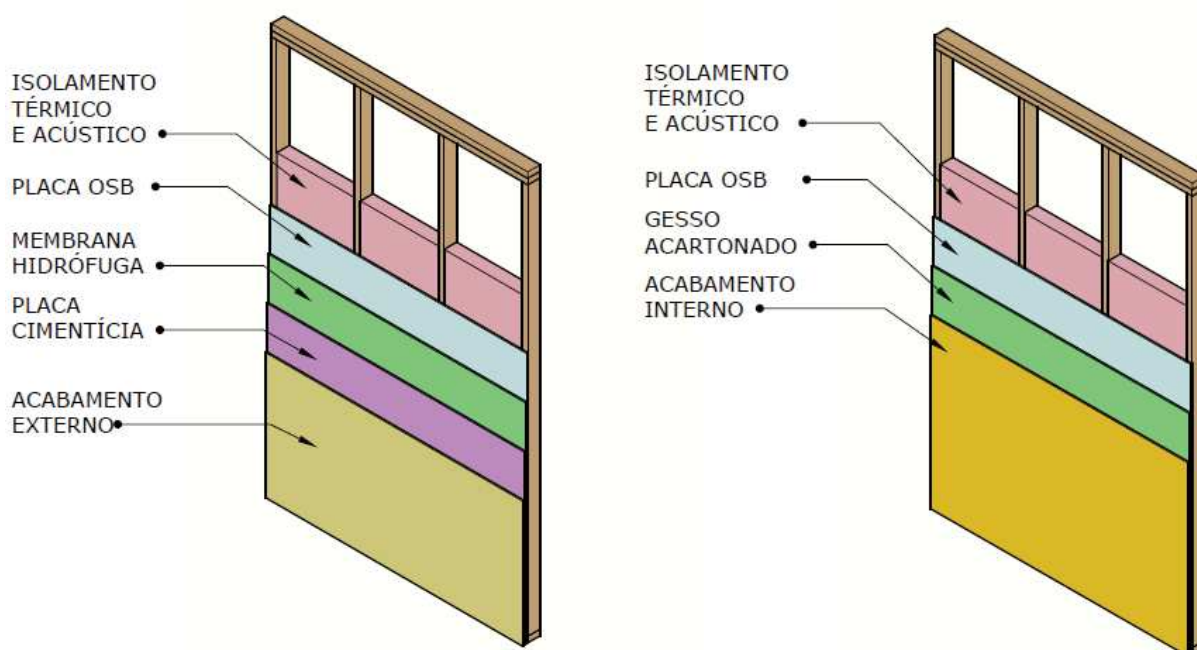
As paredes internas são feitas da mesma maneira e tem a mesma altura que as externas. Uma vez montados os painéis de OSB nas paredes, a ligação entre as



eles são feitos através de pregos com os arranjos de montantes nos cantos, que facilitam a união (MBPC, 2012).

Após a execução da estrutura das paredes é realizado a colocação dos revestimentos. No lado externo coloca-se uma proteção contra umidade. Para isso, aplica-se uma membrana hidrófoba com a função de impermeabilizar a parede de madeira, além de uma placa cimentícia para proteção e recebimento do acabamento externo. Para o lado interno, aplica-se uma placa de gesso para aplainar a superfície e receber o acabamento. A sequência executiva pode ser vista na Figura 25 (MBPC, 2012).

**Figura 25** – Esquema revestimento paredes externas e internas respectivamente.



Fonte: Autor (2018).

Ao fim é gerado uma parede com uma espessura final em torno de 14 cm.

#### 4.1.4 Cobertura

A cobertura é um elemento de proteção e, por ser flexível, o *wood frame* adapta-se a qualquer projeto arquitetônico, sendo possível executar telhados com diversas inclinações em telhados planos e curvos. As coberturas mais utilizadas em casas de madeira são telhas de barro, fibrocimento, fibro-asfálticas, alumínio ou folha de flandres ou ainda a própria placa de OSB (ANDERSON, 1970).

## 4.2 AS RELAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM *WOOD FRAME* E TÁBUA E MATA-JUNTA

Pode-se colocar a casa tábua e mata-junta estruturalmente na mesma categoria que as estruturas em *timber frame*, que é uma estrutura em madeira tradicional europeia e norte americana com distribuição de cargas feita de forma pontual e ligada a sua estrutura por encaixes, já que ela realiza o transporte de cargas da mesma forma. As casas *timber frame* se relacionam com as casas em *wood frame* atualmente executadas, já que foram as predecessoras desse sistema, o que gera um ponto de encontro entre os dois sistemas *wood frame* e tábua e mata-junta (PIZZI, 2003).

Essa ligação pode ser notada na presença de quadros para a colocação de janelas e portas, a forma de barroteamento do assoalho e execução do forro e principalmente na criação de um “esqueleto” em madeira onde são desenvolvidas as partes das casas e vedados com diferentes materiais nas duas casas.

Outro ponto em comum entre as casas em tábua e mata-junta e as casas históricas americanas é que estas também possuem a vedação das estruturas feitas inicialmente com o uso de tábuas, tanto no sentido horizontal como vertical. No entanto com a evolução tecnológica das construções se adotou outras formas de vedação.

A forma de fechamento externo era feito, principalmente com “ripas” horizontais, algo que se tornou um marco cultural e arquitetônico das casas americanas, sendo que atualmente, mesmo com possibilidades do uso de outros materiais para as paredes externas ainda se usa peças horizontais - não mais somente de madeira, mas de outros materiais como vinil e alumínio - sobre os painéis OSB para as paredes externas, buscando replicar a textura das casas antigas em madeira, como na Figura 26. Demonstra-se que, além da função arquitetônica, as linhas horizontais são também uma forma de manter afastada a chuva e outros materiais nocivos a estrutura de madeira (NATIONAL PARK SERVICE PRESERVATION BRIEFS, 2014).

**Figura 26** - Casa em wood frame.



Fonte: Moore (2013).

O tipo de vedação horizontal se assemelha mais ao usado em casas de tábua e mata-junta, sendo presente nos EUA durante um pequeno período de tempo. Na Figura 27 pode-se observar uma dessas casas. Esta habitação trata-se de um exemplar presente na obra clássica “*American Gothic*” de Grant Wood construída em 1882. Verifica-se dois tipos de fechamento com madeiras empregados, horizontal ao fundo e vertical a frente. Nos Estados Unidos denominados como “*board and batten*”, ou em uma tradução livre “tábua e sarrafo”, um método trazido da Europa (TAMPA, 2013).

**Figura 27** - Casa presente no quadro "American Gothic"



Fonte: Obscura (2016).

Essas evidências demonstram que as estruturas em madeira no EUA compartilham de vários pontos comuns com estruturas empregadas no Brasil, com a

diferença da valorização e a busca por melhoramentos no exterior, enquanto aqui se nota um caminho tendendo ao abandono das estruturas em madeira em favorecimento das obras em alvenaria.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa propôs realizar o estudo comparativo entre os sistemas tábua e mata-junta e *wood frame* e partiu de um resgate teórico sobre o uso da madeira na construção civil no sul do Brasil e nos Estados Unidos. Após o resgate histórico, desenvolveu-se o detalhamento dos sistemas visando a compreensão de ambos. Após este momento de compreensão dos sistemas e suas particularidades, partiu-se para os procedimentos metodológicos que embasaram o alcance dos objetivos traçados pela pesquisa.

### 5.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo comparativo iniciou por meio de uma proposta de projeto de casa modelo desenvolvido em ambos sistemas: tábua e mata-junta e *wood-frame*. Para este fim, utilizou-se a NBR 7190 (ABNT, 1997) que discorre sobre construções em madeira. Com os dois modelos elaborados analisou comparativamente as soluções possíveis oferecidas em cada sistema para questões similares.

### 5.2 PARÂMETROS PARA O DESENHO DAS ESTRUTURAS – TÁBUA E MATA-JUNTA E *WOOD FRAME*

Para criar paralelos entre as estruturas alguns parâmetros foram estabelecidos em comum. Foram consideradas construções na mesma localidade, Toledo, Paraná, assim como as dimensões da residência, além de conceber o mesmo tipo de estrutura para a cobertura, com tesouras romanas e telhado coberto com telhas francesas. Também foram conceituados modelos de janelas e portas idênticos em dimensões.

Foram diferenciados os tipos de fundação de acordo com as características particulares de cada sistema. No modelo de tábua e mata-junta foi utilizado o sistema de fundação com pilaretes de tijolos maciços que eram normalmente empregados, com elevação de 1 m do terreno. Para o desenvolvimento da estrutura de *wood frame* foi utilizada como fundação sapata corrida com a estrutura elevada 30 cm do solo.

Essa diferenciação das fundações se deu pelo fato das casas em tábua e mata-junta transferir a carga para o solo de forma localizada por meio dos esteios, sendo estes responsáveis pela transferência vertical de cargas. Enquanto na casa de *wood*

*frame* os montantes verticais têm a função de resistir as solicitações e estão dispostos a cada 60 cm, assim tendo uma distribuição de cargas não localizada em um único ponto sendo mais adequado o uso de uma fundação como a sapata corrida.

Levando em conta esses fatos e a forma como são tradicionalmente dimensionadas essas estruturas, se usou os seguintes métodos construtivos nos diferentes segmentos da casa modelo dispostos no Quadro 3.

**Quadro 3** - Método construtivo por segmento para Tábua e Mata-Junta e Platform Frame.

<b>Método Construtivo</b>		<b>Tábua e Mata-Junta</b>	<b>Wood Frame</b>
<b>Fundação</b>		Pilaretes	Sapata Corrida
		Tijolos maciços unidos por concreto em formato de pilar	Execução perímetro externo
		Elevação da estrutura em 1 m do solo	Elevação da estrutura em 30 cm do solo
<b>Piso</b>		Barroateamento	Barroateamento
		Vedação com tábuas de madeira	Vedação com painéis OSB
<b>Sistema estrutural</b>	<b>Portante</b>	Quadro horizontal inferior	Um montante horizontal inferior
		Quadro horizontal superior	Dois montantes horizontais superiores
		Esteios	Montantes com espaçamento de 60 cm.
	<b>Telhado</b>	Tesoura romana	Tesoura romana
		Revestido com telhas francesas	Revestido com telhas francesas
<b>Vedação paredes externamente</b>	Tábua e Mata-Junta	Painel OSB Membrana Hidrofóbica Placa cimentícia Acabamento	
<b>Vedação paredes internamente</b>	Lambri	Painel OSB Placas de gesso Acabamento	
<b>Isolante térmico e acústico</b>	-	Lã de Rochas	

Fonte: Autor (2018).

Na busca por uma análise mais simplificada, optou-se por manter a estrutura do telhado de forma similar em ambos os casos, com tesouras romanas, já que era a forma mais comum de se executar o telhado em casas de mata-juntas.

### 5.3 DEFINIÇÃO DO PROJETO

Para a escolha do projeto baseou-se na arquitetura de uma casa de tábua e mata-junta documentada na obra da Zani (2013) sendo a partir dela definidas as dimensões e divisões da casa. O modelo escolhido pode ser verificado na Figura 28.

**Figura 28** – Projeto em casa tábua mata-junta.



**Fonte:** Adaptado de Zani (2013).

Nesse processo de comparação entre os dois sistemas, no momento de avaliar suas dimensões percebeu-se, no caso do sistema tábua e mata junta a disposição e presença de cômodos específicos resultantes do período em que foram erigidas na paisagem paranaense no início do século XIX. Notou-se que o programa de necessidades, bem como a disposição dos ambientes ao longo do desenvolvimento da sociedade, necessita de alterações em relação à configuração das casas da época.



Dessa maneira, foram realizadas ampliações nas casas, com a introdução de novos cômodos internamente, ou ainda a inserção de garagem na lateral. Neste processo, muitas vezes houve a mistura do sistema de construção em alvenaria e madeira, como o apresentado na Figura 29. Neste exemplo, comum nas cidades paranaenses, foi introduzido uma garagem em alvenaria na lateral da casa e banheiros em alvenaria em seu interior.

**Figura 29**– Casa em tábua mata e mata-junta mista.



**Fonte:** Autor (2019).

Também se observou que as tubulações elétricas e hidráulicas, geralmente eram expostas. Na proposta de projeto modelo buscou-se esconder, para o melhor acabamento interno, introduzindo paredes duplas, como no exemplo de uma casa em Capanema, Paraná. Nesta obra de referência foi erigida uma segunda parede interna com lambri com encaixe macho e fêmea no sentido vertical, Figura 30. Essa segunda parede esconde os quadros de portas e janelas, além de melhor o isolamento acústico e térmico da casa.



**Figura 30**– Vista interna de uma parede em madeira em uma casa de tábua e mata-junta em Capanema – PR.



**Fonte:** Autor (2019).

Assim o espaço entre as paredes é do tamanho necessário para cobrir os quadros, que tem 6 cm de espessura, sendo os lambris adotados conforme a referência de Zani (2013), disposto no Quadro 2, com espessura de 1,2 cm e tábua na parte de fora com espessura de 2,5 cm e mata junta com 1,2 cm, gerando paredes externas com 9,7 cm sem tábua mata junta e 10,9 cm com e paredes internas com os dois lados em lambri de 8,4 cm.

Em relação à fundação se notou que muitas casas fecharam a estrutura em torno dos pilaretes o que pode ser prejudicial pois facilita o acúmulo de umidade gerando patologias para a madeira na parte inferior da casa. No projeto será executado pilaretes de tijolos com elevação da casa de 1 metro em relação ao solo.

É importante salientar que existem construções desse sistema empregando tanto tijolos maciços como furados unidos por uma pasta de concreto, (Figura 31). Como o foco do trabalho não é a fundação, não foi analisado qual tijolo tem a maior resistência, ou se são de fato o melhor material resistente para ser empregado na fundação.

Foi estudado duas possíveis soluções visando um melhor acabamento da edificação: deixar os tijolos maciços a mostra e envernizados, ou o uso de tijolos furados com acabamento com argamassa, como é feito em paredes de alvenaria comum. Já que se deseja deixar à mostra esse elemento da edificação, ao fim foi adotado os tijolos maciços, por se acreditar que valoriza mais a edificação em seu aspecto histórico. Empregou-se, portanto materiais que evitem a capilaridade e

umidade nos pilaretes, protegendo a madeira de patologias causadas pelo contato constante com a água.

**Figura 31**– Pilarete em tijolos furados de uma casa de tábua e mata-junta em Capanema – PR.



Fonte: Autor (2019).

Para a localização dos pilaretes foi adotado o desenho de ZANI (2013), em que são colocados geralmente nos encontros de paredes e com um espaço médio de 2 a 4 metros.

Para portas e janelas, como se deseja manter o tradicional, as esquadrias empregadas são em madeira, apesar de que é possível encontrar casas com o uso de esquadrias em metal, como na Figura 32-a, que tem janelas com estrutura em madeira e em metal.

Para as janelas foram adotados os presentes em uma casa em madeira em Capanema, Paraná. Nesta referência as janelas tem o modelo da Figura 32-b, com peitoril elevado em 1,10 em relação ao assoalho interno e para as portas se utilizou portas de 0,80 x 2,10 m tanto internamente como externamente. As portas ficam presas em quadros de madeira constituídos de caibros.

**Figura 32** -- a) Casa de tábua e mata-junta em Cascavel – PR, com janelas em madeira e metal. b) Modelo de janela adotada de uma casa de tábua e mata-junta em Capanema – PR.



Fonte: Autor (2019).

Com essas considerações foi possível desenvolver o projeto arquitetônico da casa em tábua mata-junta baseado no modelo da Figura 28. Para tanto foi definido as dimensões externas da casa em 9 m x 9 m, então feito um esboço da divisão dos cômodos atualizados para a demanda contemporânea, como indicado na Figura 33, pois foi avaliado que a sua disposição inicial não atenderia a demanda moderna do possível morador, como por exemplo a sala no centro da casa, local de acesso a quase todos os cômodos. Atualmente utiliza-se ambientes específicos como a sala de TV. Neste ambiente restringe-se a circulação visando ampliar a qualidade de uso do cômodo, então foi movida a sala de estar para onde estava o quarto a direita.

Outra observação foi o banheiro e a sala de estudos que, para serem acessados, era necessário sair da casa. Para evitar essa situação foi movido o banheiro e além de ser colocado mais um para ser usado em uma suíte. A sala de estudo se tornou o quarto da suíte e sua entrada sendo dentro da casa. Foi também adicionado um novo cômodo, a lavanderia, aonde todo o espaço anteriormente era a cozinha e onde localizava-se a sala, propôs-se o hall de entrada e sala de jantar, gerando o *layout* disposto na Figura 33 a direita.

**Figura 33**– Layout de ZANI (2013) a esquerda e novo layout desenvolvido a direita.

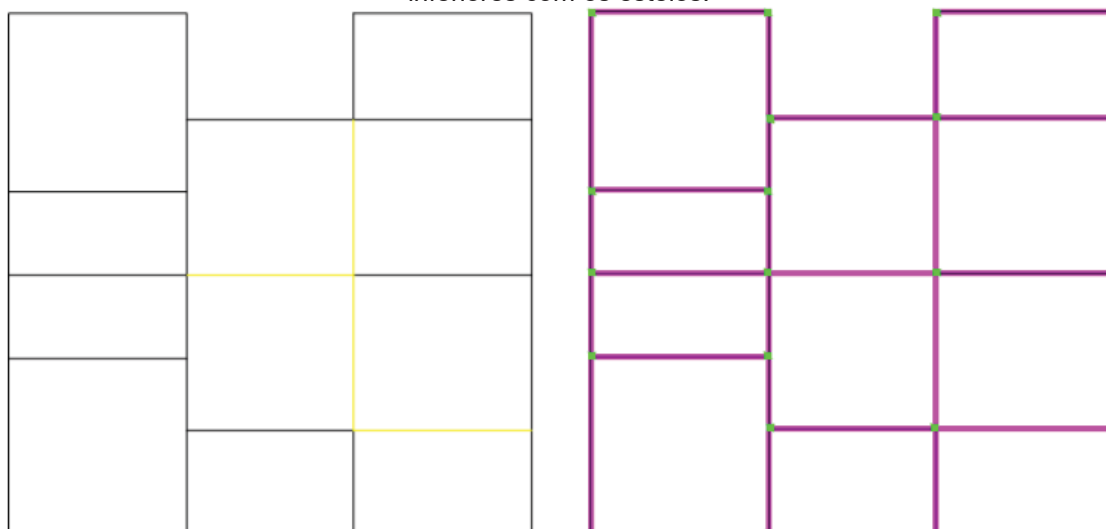


Fonte: Autor (2019).

Também se decidiu tirar as paredes entre a cozinha, sala de estar e a de jantar, para gerar um ambiente com maior integração.

Em seguida foi desenvolvida a parte estrutural da edificação definindo-se a localização do montante inferior. Para isso foi usado o esboço da Figura 33 a direita como guia. Foi traçado sobre esses as paredes e respeitando uma distância entre 2 e 4 metros de distância entre si foi adicionado os esteios, para tanto foi adicionado alguns montantes a mais, como pode ser visto na Figura 34 a direita e esquerda o desenho com montantes com a dimensão retirados do Quatro 2 de Zani (2013) e os esteios, com dimensão de 10 x 10 cm nos encontros do montantes.

**Figura 34** – Layout desenvolvido a esquerda com montantes adicionais e a direita montantes inferiores com os esteios.

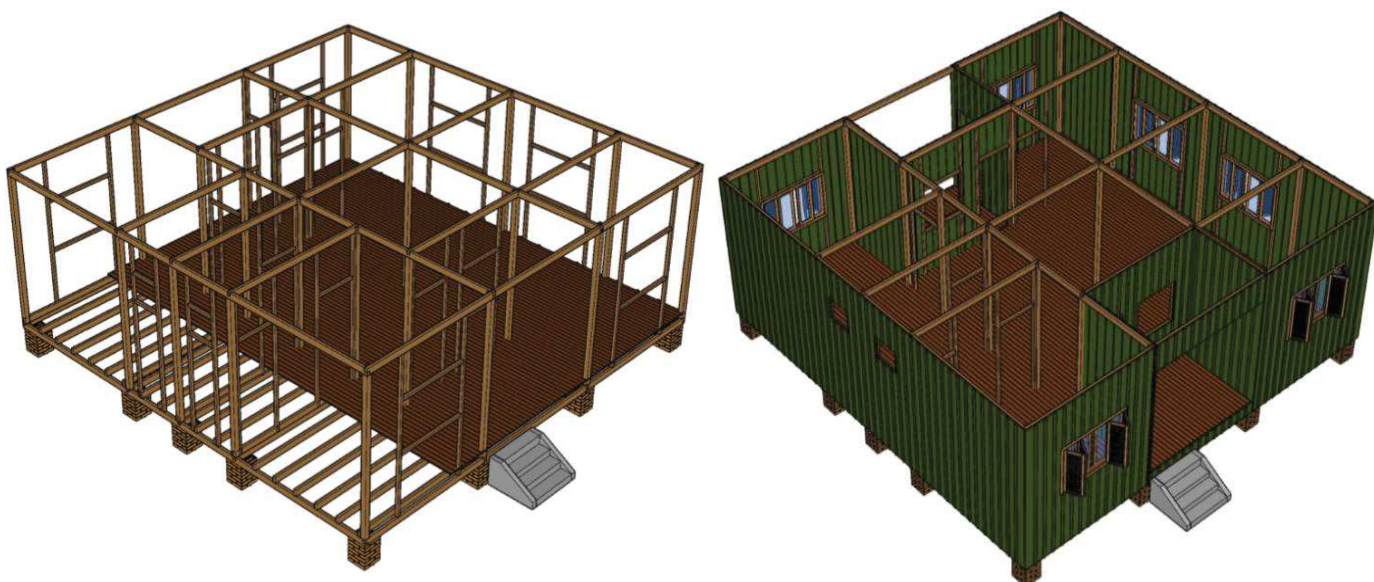


Fonte: Autor (2019).

Com o quadro inferior desenhado, foi elaborado de forma simétrica o quadro superior, unidos pelos esteios e sobre o quadro inferior são posicionados os barrotes perpendicularmente os quais recebem o assoalho e, ainda na parte portante da estrutura são colocados quadros das portas e janelas com caibros, essas estruturas podem ser vistas na Figura 35-a.

Sobre a estrutura de base é colocado internamente os lambris verticalmente e externamente as tábuas e mata-junta posicionando as janelas e portas, conforme a Figura 35-b.

**Figura 35**– a) Estrutura portante casa em tábua e mata-junta; b) Estrutura portante casa em tábua e mata-junta com vedação externa e interna.

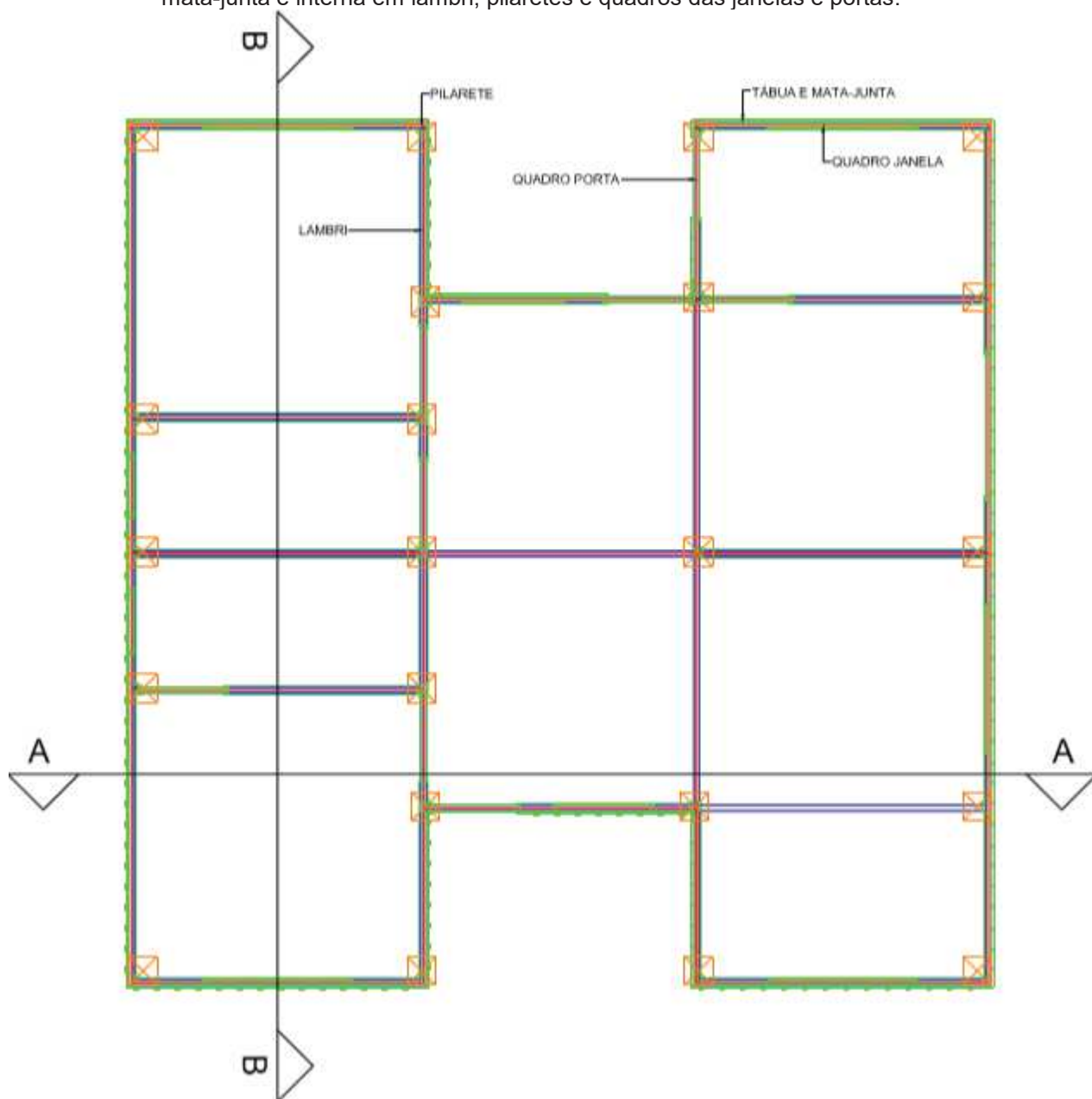


**Fonte:** Autor (2019).

A partir da estrutura gerada elaborou-se a vista em planta conforme a Figura 36, onde está indicado também todos os pilaretes.



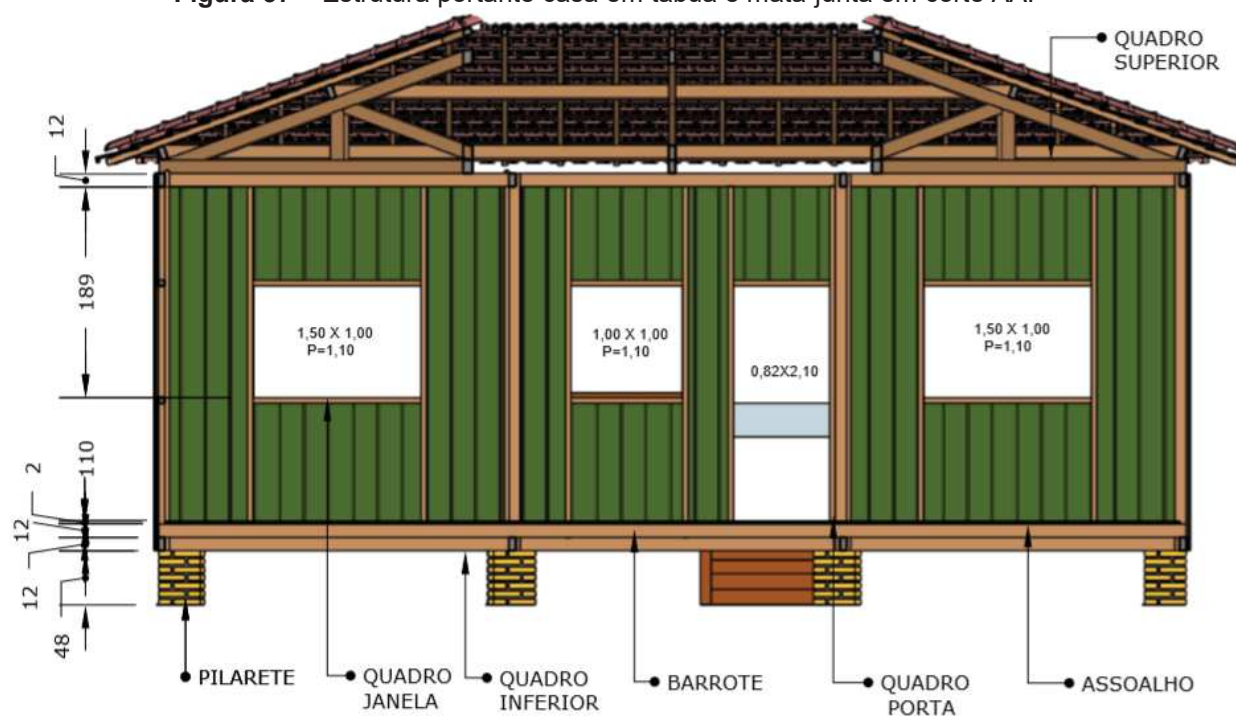
**Figura 36** – Estrutura portante casa em tábua e mata-junta em planta com vedação externa em tábua mata-junta e interna em lambri, pilaretes e quadros das janelas e portas.



Fonte: Autor (2019).

No corte AA da Figura 37 é possível ver o sistema de cobertura e as dimensões verticais da edificação.

**Figura 37** – Estrutura portante casa em tábua e mata-junta em corte AA.



Fonte: Autor (2019).

E na Figura 38 temos o corte BB, onde se pode ver a distância entre os barrotes aonde são colocados assoalho.

**Figura 38**– Estrutura portante casa em tábua e mata-junta em corte BB.

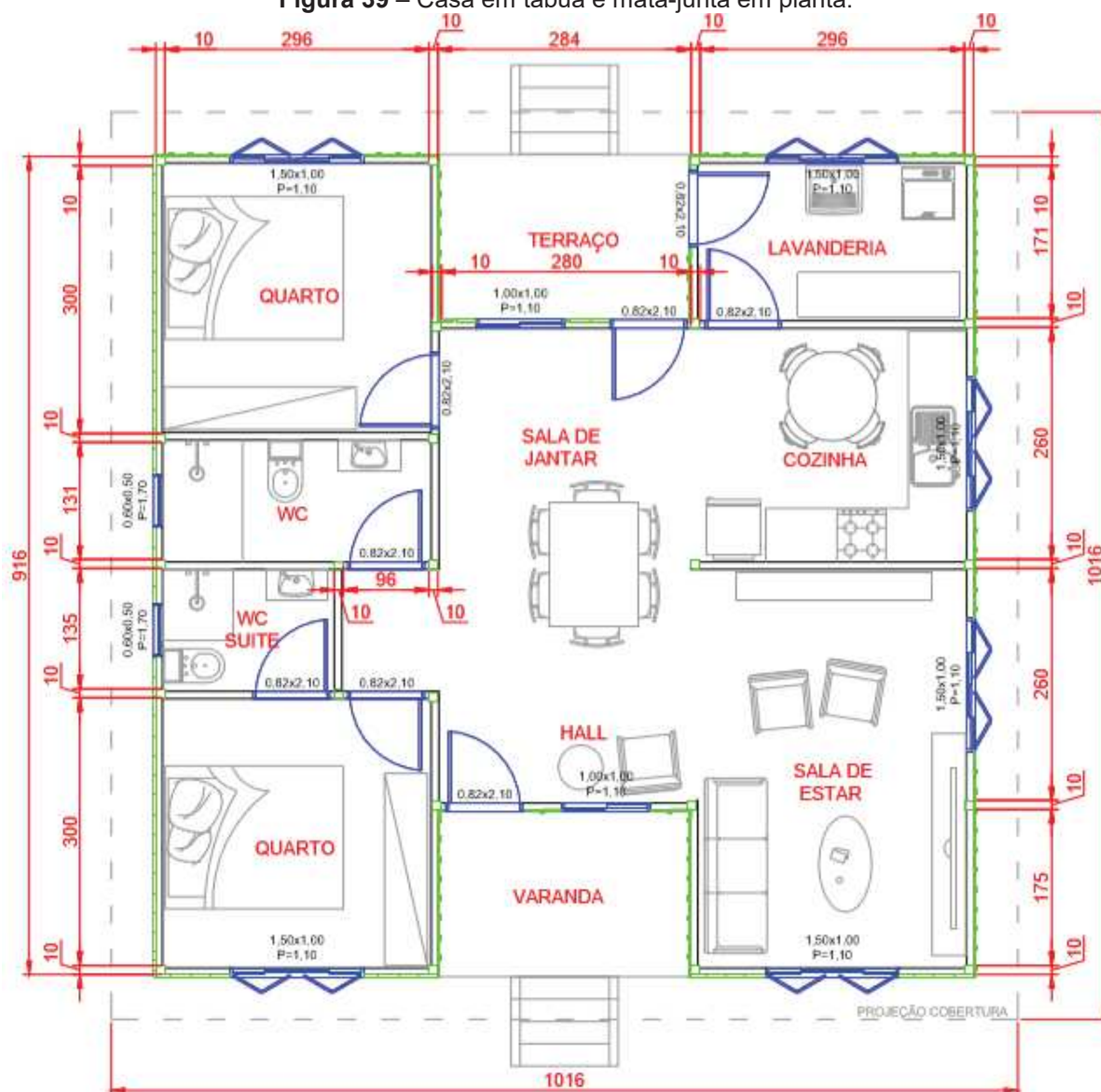


Fonte: Autor (2019).

Assim foi gerado a planta final, disponível na imagem 39, com medidas e os detalhes finais da edificação em planta.



Figura 39 – Casa em tábua e mata-junta em planta.



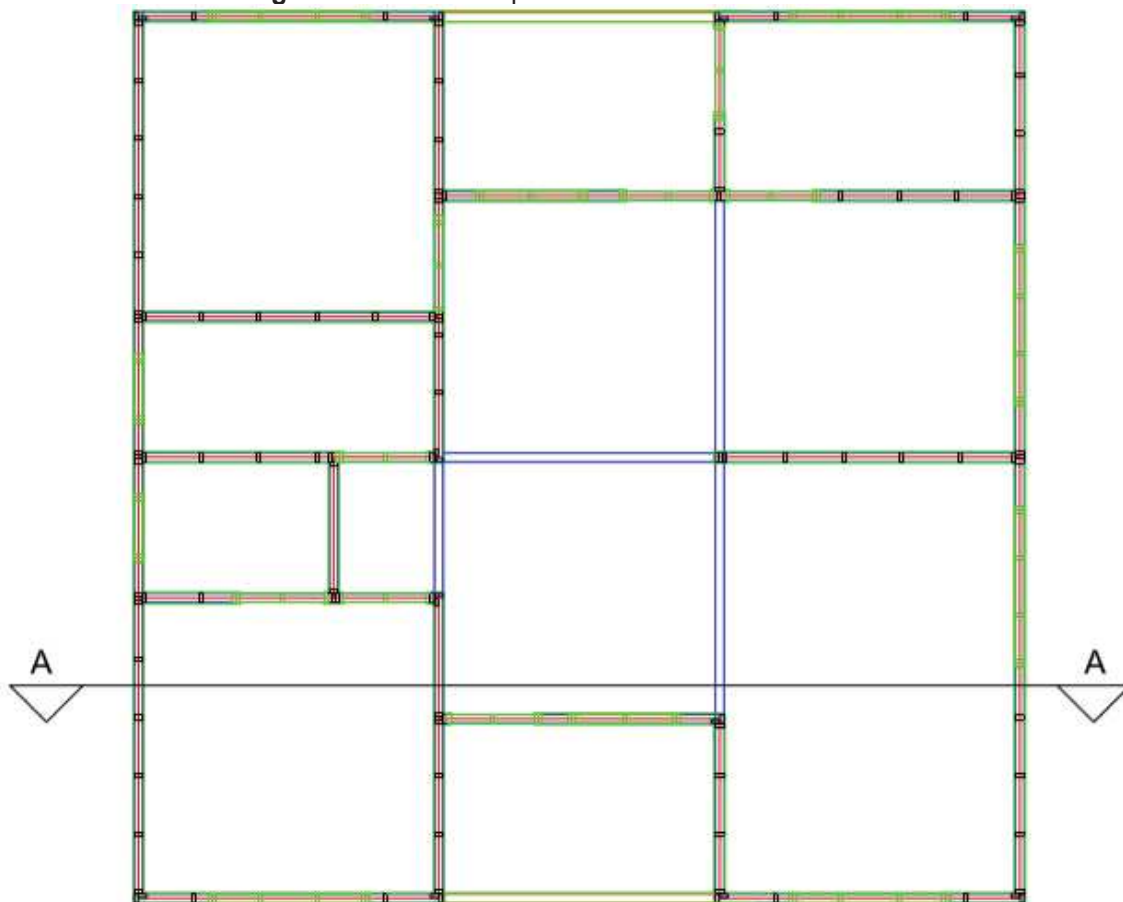
Fonte: Autor (2019).

Para a estrutura em *Wood Frame* foi baseada na proposta arquitetônica desenvolvida para a casa em Tábua e Mata-Junta. A partir do modelo gerado foi adaptada a estrutura em *wood frame* seguindo conforme as definições do Quadro 3.

Como no projeto da casa em tábua e mata-junta, foi desenvolvido o projeto a partir de linhas guias iniciais, conforme a Figura 26 à direita, nela foi posicionado os montantes inferiores horizontais com dimensões de 9x4 cm e em seguida adicionado sobre os mesmos os montantes de cantos e encontros de paredes com a configuração apresentado na Figura 24, em seguida foi posicionado os quadros de portas e janelas realizados conforme discutido anteriormente na Figura 23 e por fim adicionado os

montantes verticais com distância entre si de 60 cm, já que é uma casa com um pavimento somente, por fim gerando a Figura 40.

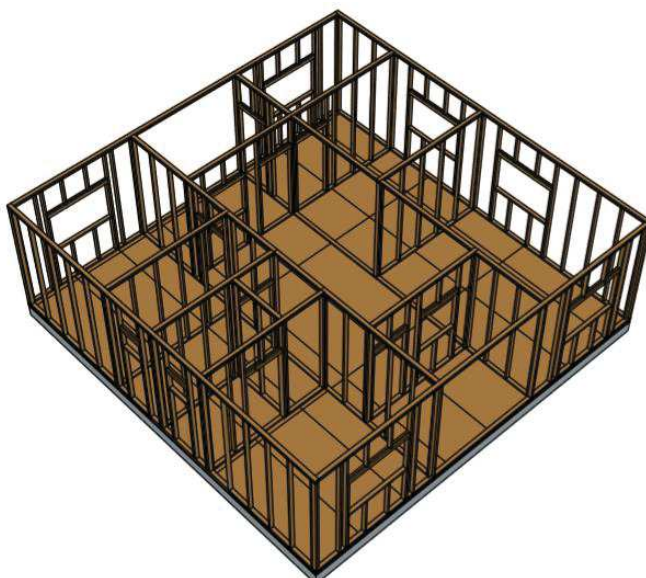
**Figura 40** – Estrutura portante casa em wood frame.



Fonte: Autor (2019).

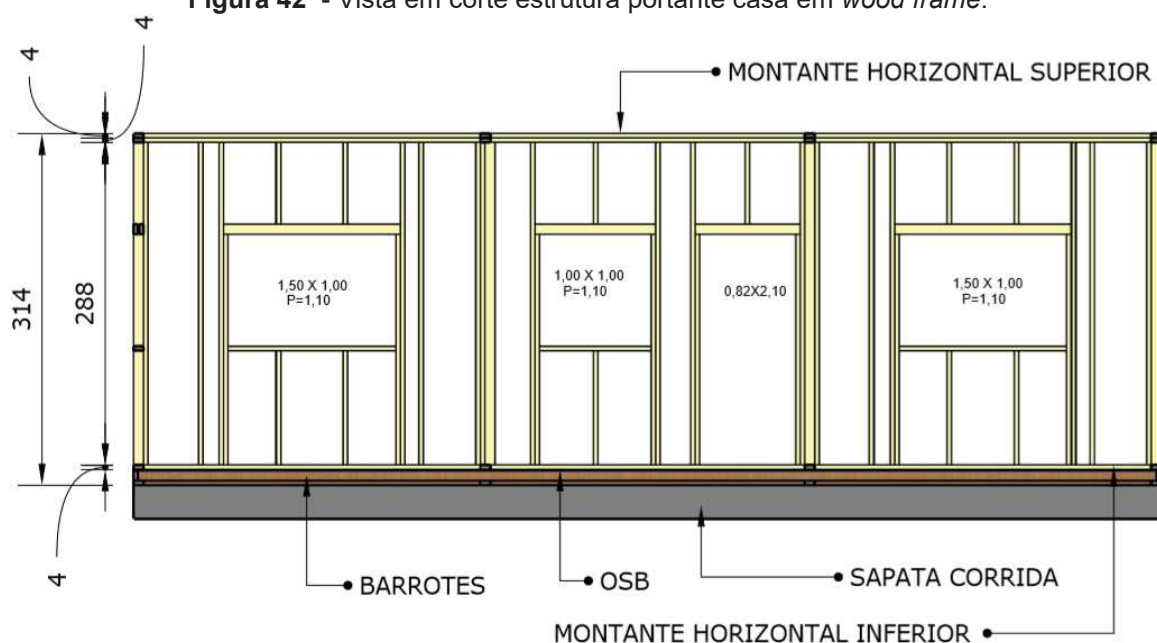
**Figura 41**– Estrutura portante casa em wood frame.

Na Figura 41 temos a vista em perspectiva do “esqueleto” da casa com montantes verticais horizontais, a qual pode ser vista em corte, com as dimensões da estrutura verticais na Figura 42.



Fonte: Autor (2019).

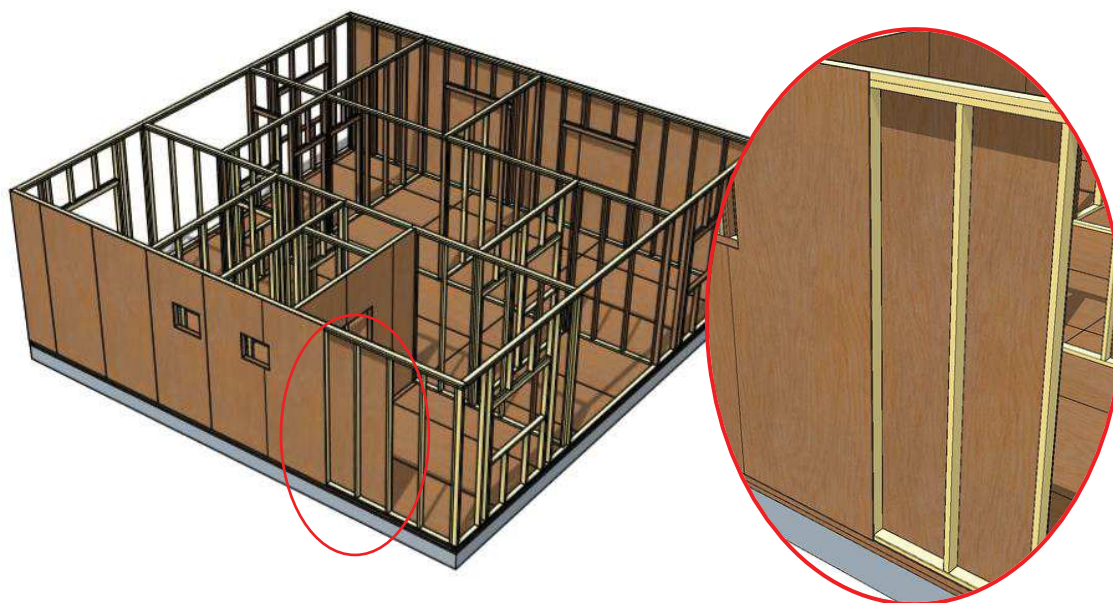
**Figura 42** - Vista em corte estrutura portante casa em *wood frame*.



Fonte: Autor (2019).

Foi adicionado os painéis em OSB, com espessura de 11 mm, com dimensões de 1,20 x 3 m, tanto internamente e externamente, sobre internamente é colocado o acabamento em gesso e externamente camadas para a proteção contra intempéries. Assim gera paredes internas com 12 cm de espessura externas com 14 cm. Pode ser visto na Figura 43 o posicionamento dos painéis sobre os montantes.

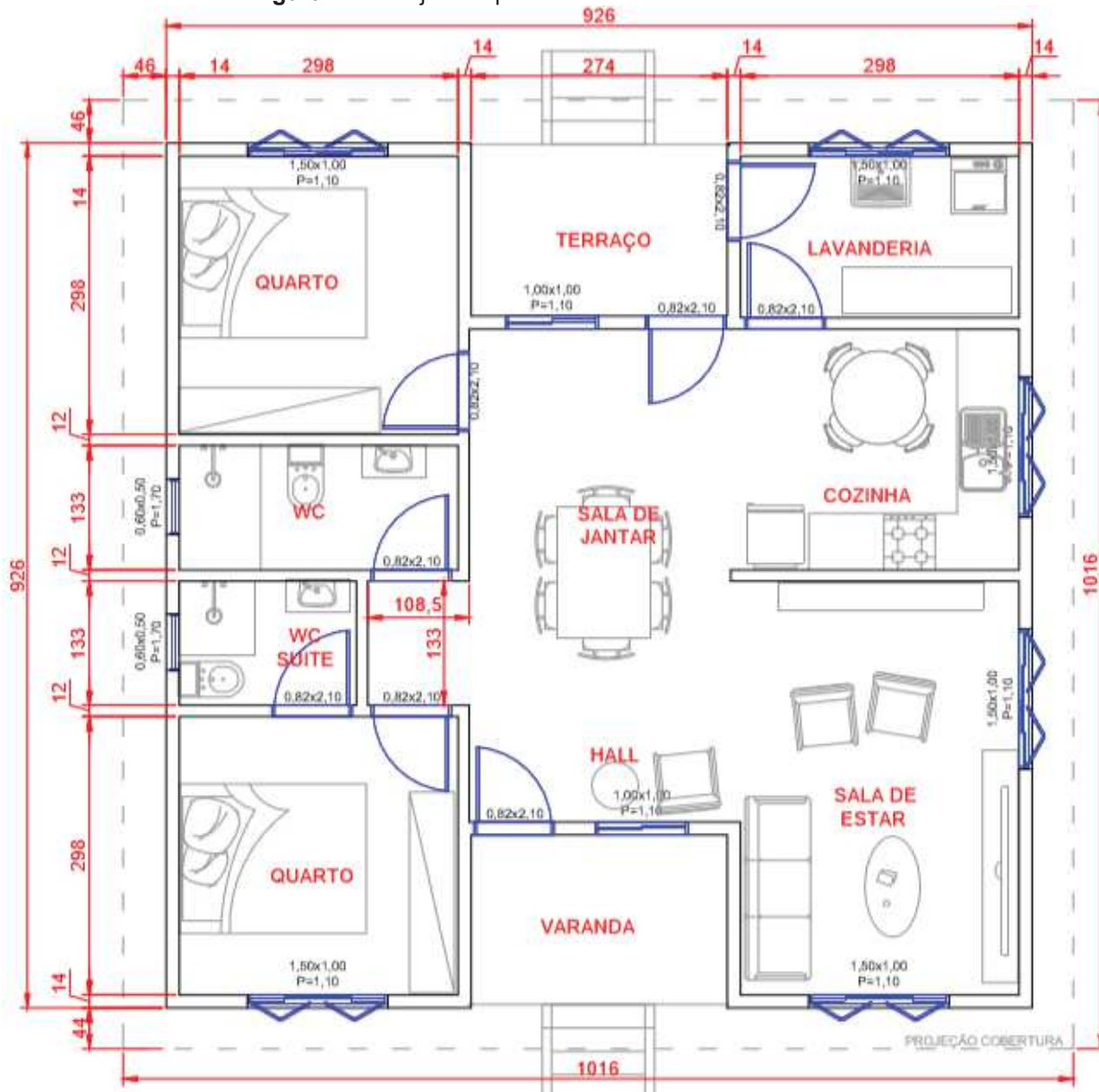
**Figura 43** – Estrutura portante com painéis OSB casa em *wood frame*.



Fonte: Autor (2019).

Por fim foi desenvolvido o projeto arquitetônico com as seguintes dimensões na Figura 44.

Figura 44 – Projeto arquitetônico casa em wood frame.



Fonte: Autor (2019).

### 5.3.1 Desenho Telhado

Com os projetos realizados das plantas da casa em tábua e mata-junta e em *wood frame* foi desenvolvido a cobertura que será empregado nas duas edificações: o telhado de 4 águas com estrutura em madeira e revestimento em telhas francesas.



Foi considerado o beiral em 50 cm gerando uma cobertura de tamanho total de 10 metros em ambos os sentidos.

Para o dimensionamento da estrutura do telhado e sua cobertura foi utilizado o trabalho de LOGSDON (2002), que desenvolveu a Tabela 2, que apresenta o cálculo simplificado para desenvolver o telhado, conforme o tipo de telha com os espaçamentos necessários das peças em madeira e carga gerada por m<sup>2</sup> no telhado para madeira com resistência C30.

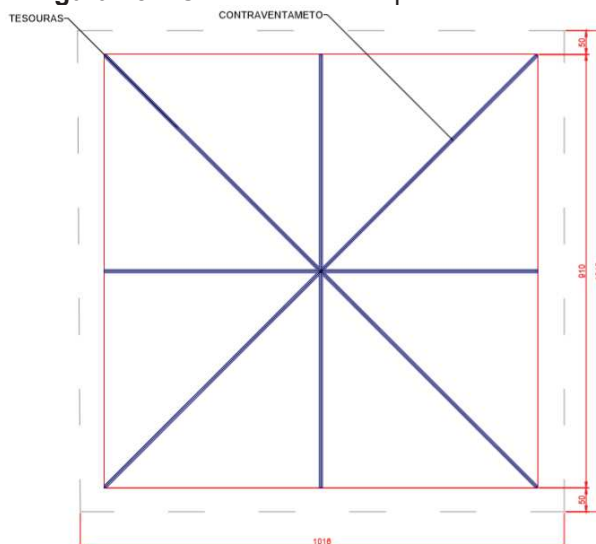
**Tabela 2**– Dados para o cálculo simplificado de telhados convencionais de madeira.

TIPO DE TELHA	INCLINAÇÃO		Número de telhas por m <sup>2</sup> de cobertura	ESPAÇAMENTOS MÁXIMOS			CARREGAMENTO POR m <sup>2</sup> DE COBERTURA DEVIDA À		
	Mínima (°)	Máxima (°)		Entre caibros (m)	Entre terças (m)	Entre tesouras (m)	Peso de telhas (N/m <sup>2</sup> )	Peso da madeira (N/m <sup>2</sup> )	Peso da água (N/m <sup>2</sup> )
Francesa	16	25	15 - 16	0,5	1,6	2,75	450	430	113
Romana	16	25	16 - 18	0,55	1,65	2,8	430	400	108
Portuguesa	16	25	15 - 18	0,55	1,7	2,85	410	400	103
Colonial	17	25	26 -28	0,45	1,55	2,6	500	480	125
Plan	11	17	26 - 28	1,5	2,55	2,55	540	500	135
Paulista	11	17	26 - 28	1,5	2,5	2,5	550	500	138

Fonte: LOGSDON (2002).

Foi considerado para esses cálculos terças e estrutura das tesouras de 6x12 cm, caibros de 6x6 cm e ripas de 1,5x5 cm. Para as tesouras foram posicionadas as mesmas em sentido paralelo as paredes externas no centro da casa e na diagonal foi posicionado outras tesouras, conforme a Figura 45.

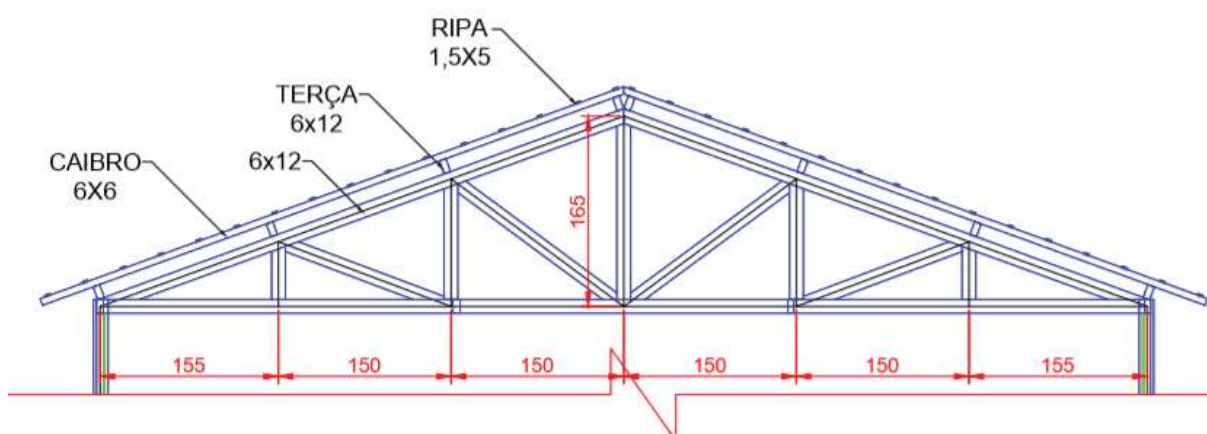
**Figura 45** – Cobertura vista superior tesouras.



Fonte: Autor (2019).

Baseado na Tabela 2, foi detalhada a tesoura principal, que fica no centro, respeitando o intervalo de inclinação das telhas para a definição da altura central da tesoura e os intervalos entre as terças de no máximo de 1,60 m. Para as ripas, definiu-se o intervalo de 30 cm e os caibros foram prolongados de forma a criar o beiral de 50 cm, que foi adotado por fim como 44 cm, para gerar um número inteiro de telhas, o resultado pode ser visto na Figura 46.

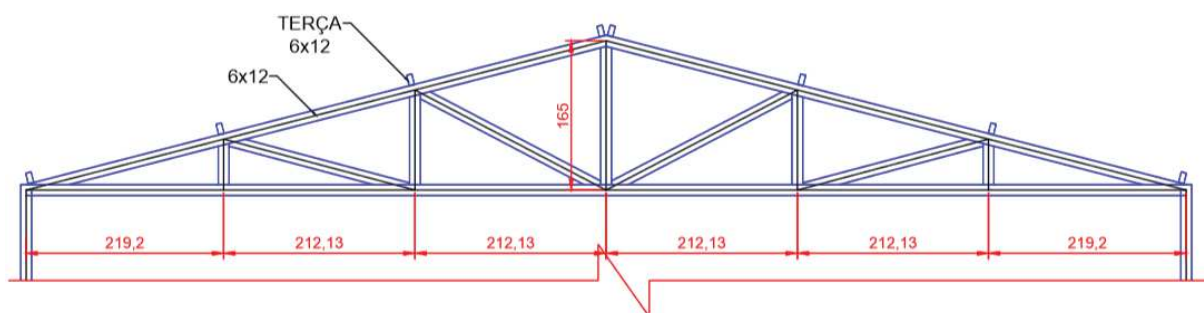
**Figura 46** – Vista em corte tesoura principal.



Fonte: Autor (2019).

Para a outra tesoura na diagonal foi detalhado conforme a Figura 47.

**Figura 47** – Tesoura na diagonal.

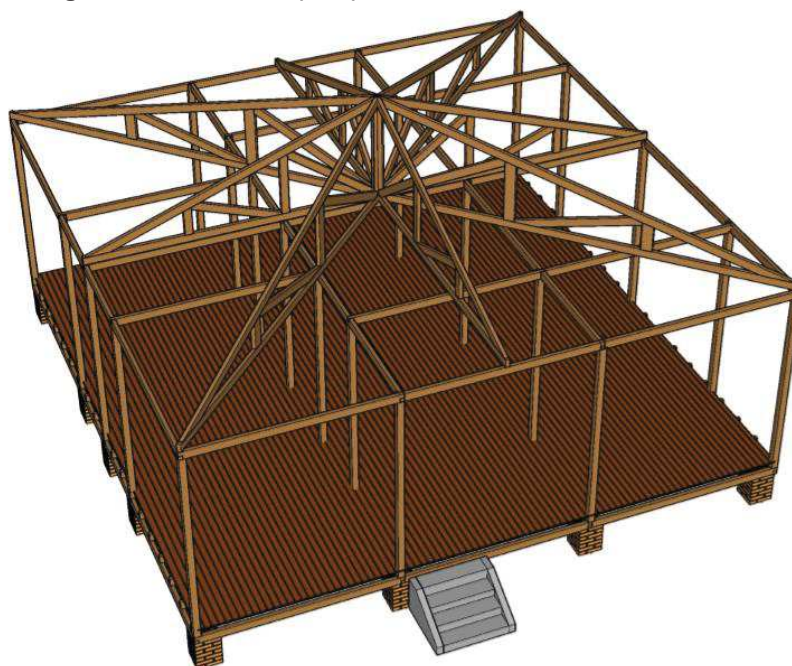


Fonte: Autor (2019).

O resultado em perspectiva pode ser analisado na Figura 48, onde se nota a posição sobre o quadro superior da estrutura, flechal.



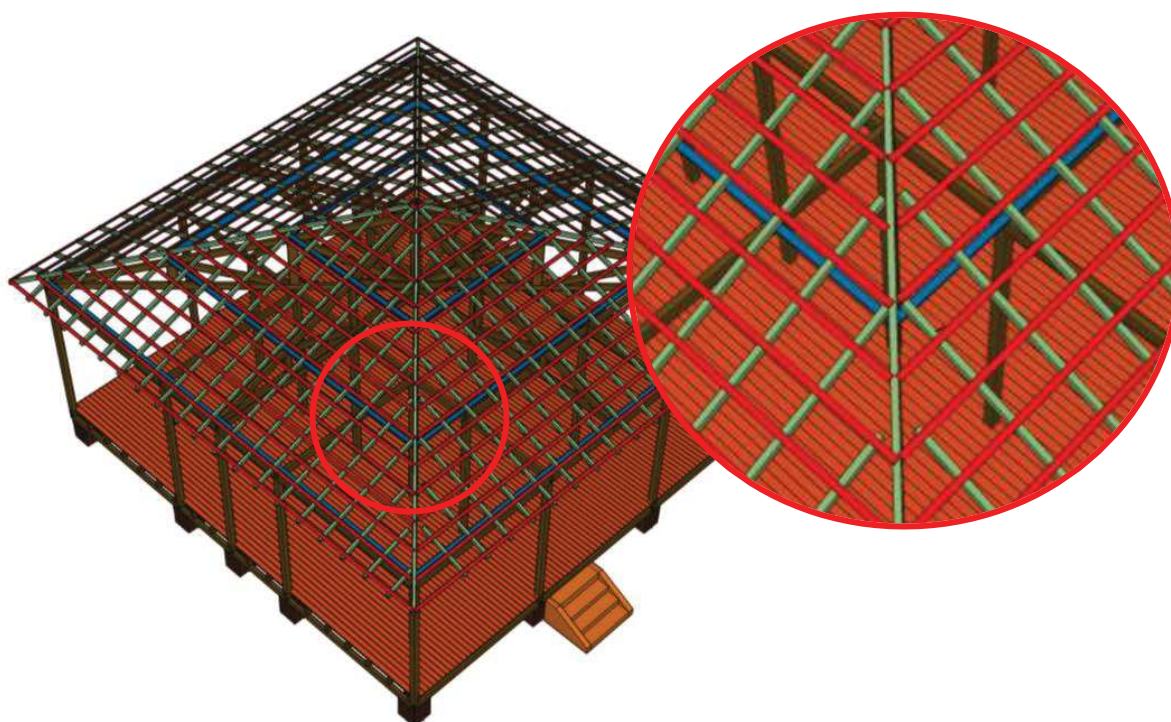
**Figura 48** – Vista em perspectiva das tesouras da cobertura.



Fonte: Autor (2019).

E sobre os nós foi posto as terças (azul) e sobre essas no sentido oposto os caibros (verde), com um distância entre si de 50 cm e por fim em sentido ortogonal a caibros são postos as ripas que servem de apoio as telhas francesas, com 35 cm de espaço, conforme a Figura 49.

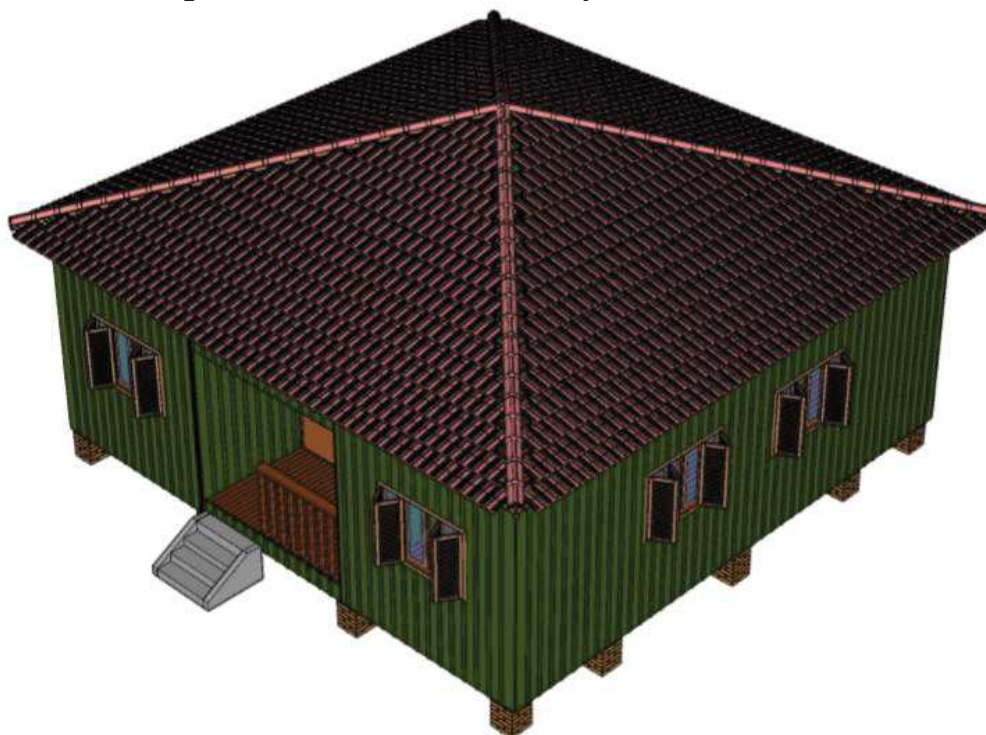
**Figura 49** – Vista em perspectiva madeiramento telhado.



Fonte: Autor (2019).

Por fim foram colocadas as telhas sobre as ripas, como o desenho da Figura 50, que representa o projeto da casa em tábua e mata-junta.

**Figura 50** – Casa em tábua e mata-junta com telhas francesas.



**Fonte:** Autor (2019).

A estrutura do telhado desenvolvida será utilizada para o cálculo de comparação entre as casas em tábua e mata-junta e *wood frame*.

#### 5.4 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS – TÁBUA E MATA-JUNTA E *WOOD FRAME*

Com os projetos é possível apontar as diferenças e similaridades entre as casas. Como diferenças tem-se a espessura das paredes, enquanto a casa em *wood frame* tem paredes externas com cerca de 14 cm, as da tábua e mata-junta apresentam cerca de 10 cm, e internamente 12 cm e 10 cm respectivamente.

Devido à espessura das paredes, a casa em tábua e mata-junta tem cômodos com maior área, mas possui a desvantagem de ter os esteios a mostra em cantos e não ter paredes internas lisas como nas casas em *wood-frame* que usa gesso para o revestimento interno.

Em se tratando de revestimento, a casas em *wood frame* tem mais liberdade para o uso de madeiras processadas (placas OSB), não necessitando de peças em madeira para a vedação interna e externa como para a casa em tábua e mata junta.

No que se referem às estruturas, tem-se similaridade na forma de barroteamento para a disposição do assoalho e a necessidade de se elevar a construção para isolar a estrutura da umidade. Em ambos os sistemas também são necessários o uso de quadros em madeira para fixar portas e janelas.

Na concepção do projeto, os dois concebem a estrutura a partir de quadros em madeira, com a diferença na forma que resistem a esforços, na casa em tábua e mata-junta são responsáveis os esteios e os quadros superiores e inferiores e na estrutura em *wood frame* as paredes tem a função estrutural com os montantes horizontais distribuídos ao longo das paredes, podendo até os painéis OSB ter essa função com o uso de peças menores e com madeira de reflorestamento. Para a comparação dos esforços distribuídas nos montantes verticais e esteios, é feito a seguir o levantamento de cargas e analisados os valores para os dois casos.

## 5.5 ANÁLISE DE ESFORÇOS DAS ESTRUTURAS

Com o projeto arquitetônico definido, se tem as peças e o tipo de madeira a serem usados na construção para a casa de tábua e mata junta conforme apresentado no Quadro 2. No entanto, a madeira adotada não poderia ser a mesma das casas tradicionais, geralmente de Araucária ou Peroba Rosa. Hoje são materiais caros devido a sua exploração a exaustão no Ciclo da Madeira na região Sul do país. Assim, o ideal seria uso de madeira de reflorestamento, que tem um custo menor e disponibilidade maior, as opções são pinus e eucaliptos.

A mudança do material, no entanto, traz a incerteza que as peças empregadas da mesma forma que o método tradicional vão suportar os esforços da estrutura e se vão estar nos limites impostos pelas normas de resistência a esforços e de ligações das peças em madeira.

Sendo assim, foi necessária a realização da análise de esforços nas estruturas segundo a norma regulatória para estruturas em madeira a NBR 7190 (ABNT, 1997) Esta norma define padrões mínimos de resistência a tração, compressão e flexão da peça em madeira, assim como dimensões mínimas da madeira para as suas

aplicações na engenharia civil e a forma que se deve fazer as ligações corretamente entre as peças.

No trabalho foram analisados os pilares da parte portante da estrutura, na casa de tábua e mata-junta os esteios, com dimensão de 10x10 cm e para a casa em *wood frame* os montantes horizontais na estrutura. Os montantes geralmente são feitos com o pinus e o eucalipto em menores quantidades, sendo mais utilizado o pinus por ter elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar o ataque de organismos xilófagos (MOLINA e CARLI, 2010).

Levando em conta que o pinus tem maior emprego que o eucalipto, se decidiu analisar para a casa em tábua e mata-junta considerando a estrutura em araucária - *Araucaria angustifolia* comparada com *pinus eliotti*, que também foi adotado para a casa em *wood frame*.

### 5.5.1 Propriedades mecânicas da madeira

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997) a madeira apresenta a resistência a tensão de tração paralela as fibras ( $f_{t0,k}$ ) e ortogonal ( $f_{t90,k}$ ), compressão paralela as fibras ( $f_{c0,k}$ ) e ortogonal ( $f_{c90,k}$ ) cisalhamento ortogonal as fibras ( $f_{v90,k}$ ). Há diferença de resistência entre a orientação ortogonal e paralela as fibras, pois a madeira é um material que possui anisotropia dimensional, o que faz com dependendo da posição das fibras haverá maior ou menor resistência, sendo necessário analisar o sentido da carga em relação das fibras.

Para a análise, no entanto, deve-se adotar o valor de cálculo diferente do característico, pois é necessário aplicar coeficientes de correção em relação ao ambiente que ela estará, o tempo de uso e possíveis defeitos que possam existir no material. O valor de resistência de cálculo é dado pela Equação 1.

$$f_{wd} = k_{mod} \times \frac{f_{wk}}{\gamma_w} \quad (1)$$

Em que:

$\gamma_w$ : 1,4 para tensão de compressão paralelo às fibras;

$\gamma_w$ : 1,8 para tensão de tração paralelo às fibras;

$\gamma_w$ : 1,8 para de cisalhamento paralelo às fibras.



O coeficiente  $k_{mod}$  é a multiplicação de fatores, os quais relacionam um valor ao tipo de classe de carregamento ( $k_{mod1}$ ), classe de umidade ( $k_{mod2}$ ) e tipo de beneficiamento da madeira ( $k_{mod3}$ ). Os valores para os  $k_{mod}$  estão disponíveis no anexo B, quadro 6. Sendo considerado como carregamento de longa duração, com  $k_{mod1}$  igual a 0,70, e para  $k_{mod2}$  como classe umidade 3 e 4, com valor de 0,80 e foi usado para  $k_{mod3}$  0,80, resultando em  $k_{mod}$  0,448.

Para determinar os valores das resistências característicos, como não se tem os valores experimentais das propriedades mecânicas da madeira, foi utilizado as resistências medias fornecidas pela NBR 7190 (ABNT, 1997), onde ser está organizado por espécie de árvores com as resistências médias. As quais podem ser transformadas para resistência características pela relação dada na Equação 2.

$$f_{w,k} = 0,7f_{w,m} \quad (2)$$

Na Tabela 3 estão as resistências fornecidas para as duas árvores avaliadas, o *pinus eliotti* e *araucária angustifólia* retiradas do NBR 7190 (ABNT, 1997).

**Tabela 3** – Valores médios usuais de resistência e rigidez *pinus eliotti* e *araucária angustifólia*.

Nome Comum	Nome científico	$\rho$ ap (12%) (kg/m <sup>3</sup> )	$f_{c,m0}$ (Mpa)	$f_{t0}$ (Mpa)	$f_{t90}$ (Mpa)	$f_v$ (Mpa)
Pinheiro do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	580	40,9	93,1	1,6	8,8
Pinus eliottii	<i>Pinus eliottii var. eliottii</i>	560	40,4	66	2,5	7,4

Fonte: NBR 7190 (ABNT,1997).

Em que se aplicou as Equações 1 e 2 definindo as resistências de cálculo das madeiras resultando na Tabela 4.

**Tabela 4** – Resistências de cálculo *pinus eliotti* e *araucária angustifólia*.

Nome Comum	Nome científico	$\rho$ ap (12%) (kg/m <sup>3</sup> )	$f_{c,d0}$ (Mpa)	$f_{t,d0}$ (Mpa)	$f_{t,d90}$ (Mpa)	$f_{v,d}$ (Mpa)
Pinheiro do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	580	9,16	16,22	0,28	1,53
Pinus eliottii	<i>Pinus eliottii var. eliottii</i>	560	9,05	11,50	0,44	1,29

Fonte: Autor (2019).

Nota-se que ao comparar as duas madeiras em se tratando de resistência a compressão ( $f_{c,d0}$ ) não há muita diferença e em relação a tração ( $f_{t,d0}$ ) a resistência é menor em cerca de 30%.

Para verificação da possibilidade de utilização de outro tipo de madeira, foi calculado a carga máxima que madeiras com as dimensões adotadas suportariam para tração e compressão.

### 5.5.2 Análise de barras tracionadas

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997) para a peça tracionada ser corretamente dimensionada a tensão de tração deve ser menor que a tensão de cálculo da madeira, como descrito na Equação 3.

$$\sigma_{t,d} = \frac{N_d}{A_n} \leq f_{t,d} \quad (3)$$

De que:

$N_d$ : Carga de tração de aplicada;

$A_n$ : Área líquida da seção da madeira.

Com as resistências obtidas através da norma e as áreas transversais da madeira de acordo com o projeto, determinou-se as máximas cargas de tração suportadas, que estão dispostas na Tabela 5.

**Tabela 5** – Máxima carga de tração suportada nas peças.

Nome Comum	Nome científico	Carga Resistente (kN)	
		Esteio 10x10 (cm)	Montante 4x9 (cm)
Pinheiro do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	162,20	-
Pinus elliotii	<i>Pinus elliotii var. elliotii</i>	114,99	41,40

Fonte: Autor (2019).

### 5.5.3 Análise de barras comprimidas

Para as barras comprimidas o cálculo é feito de forma diferente, conforme o índice de esbeltez ( $\lambda$ ) dado na Equação 4.

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \quad (4)$$

Em que:

$l_{ef}$ : Comprimento efetivo da peça;

$i$ : Raio de Giração.



O raio de giração ( $i$ ) é dado na Equação 5.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (5)$$

Em que:

$I$ : Momento de inercia;

$A$ : Área seção transversal da peça.

São três situações de cálculos: para casos onde  $\lambda \leq 40$ , se classifica como peças curtas, em que só existe ruptura por flambagem, mas rompe por esmagamento; para o intervalo de  $40 \leq \lambda \leq 80$ , são consideradas peças moderadamente esbeltas, em que ocorre a ruptura por flambagem inelástica; e para  $80 \leq \lambda \leq 140$  são peças esbeltas, onde ocorre a ruptura no limite de tensões estabelecido por Euler.

Por definição de projeto, determinou-se que serão adotadas peças curtas. Então para valores de  $\lambda$  maiores de 40, diminuiu-se o comprimento efetivo para se atender o valor, adicionando travamentos nas peças. Os resultados estão na Tabela 6, na qual foi definido o índice de esbeltez com as Equações 4 e 5, e com novos comprimentos efetivos e novos  $\lambda$ .

**Tabela 6** – Índice de esbeltez para as peças em madeira

Peças (cm)	Comp. Efetivo	Raio de Giração (i)		Índice de Esbeltez		Novo Comp. Efetivo	Novo Comp. Efetivo Adot.	Novo Índice de Esbeltez
		Menor	Maior	Menor	Maior			
<b>Esteio 10x10</b>	314	2,89	2,89	108,77	108,77	115,47	115	39,84
<b>Montante 4x9</b>	288	1,15	2,60	249,42	110,85	46,19	45	38,97

Fonte: Autor (2019).

Para peças curtas, madeiras com  $\lambda \leq 40$ , o critério que deve atender é de que a tensão de compressão ( $\sigma_{N,d}$ ) deve ser menor que a tensão resistente de cálculo da madeira a compressão ( $f_{c,d}$ ), conforme a Equação 6.

$$\sigma_{N,d} = \frac{N_d}{A_n} \leq f_{c,d} \quad (6)$$

Com as resistências e as áreas transversais foi determinado as máximas cargas de compressão suportadas, que estão dispostas na Tabela 7.

**Tabela 7** – Máxima carga de compressão suportada pelas peças em madeira.

Nome Comum	Nome científico	Carga Resistente (kN)	
		Esteio 10x10 (cm)	Montante 4x9 (cm)
Pinheiro do Paraná	<i>Araucaria angustifolia</i>	91,62	-
Pinus elliottii	<i>Pinus elliottii var. elliottii</i>	90,50	32,58

Fonte: Autor (2019).

Nota-se que a diferença de carga de compressão para o esteio empregado na casa em tábua e mata-junta entre as madeiras utilizados é quase nulo. Com esses dados é possível comparar com as cargas aplicadas e definir se suportar os esforços aplicados.

#### 5.5.4 Carregamentos

Para levantar primeiramente as forças atuantes, que seriam as cargas características ( $F_k$ ) dos esforços aplicados na estrutura durante seu tempo de uso, onde a NBR 7190 (ABNT, 1997) define que é necessário realizar combinações dessas cargas para gerar as cargas que serão usadas em cálculos ( $F_d$ ), dado na equação 7.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \times F_{Gi,k} + \gamma_Q \times \left[ F_{Qi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \times F_{Qj,k} \right] \quad (7)$$

Em que:

$\gamma_{Gi}$ : Coeficiente de ponderação para ações permanentes, dado no anexo A, quadro 4;

$F_{Gi,k}$ : Carga característica permanente;

$\gamma_Q$ : Coeficiente de ponderação para ações acidental, dado no anexo A, Quadro 4;

$F_{Qi,k}$ : Carga característica acidental principal;

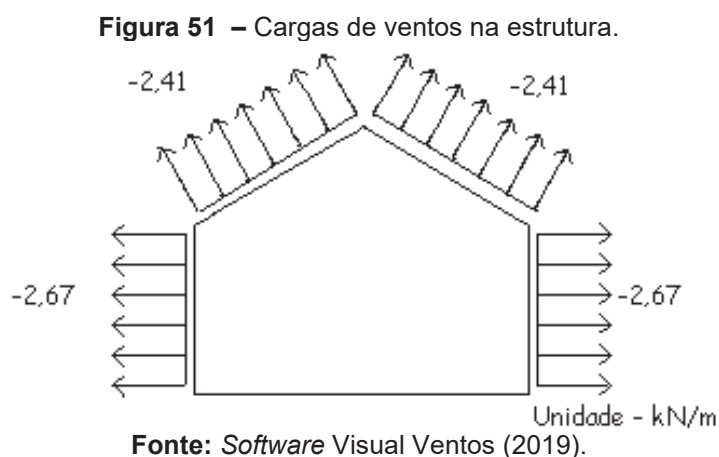
$\psi_{0j}$ : Fatores de combinação para ação acidental secundaria, dado no anexo A, Quadro 4;

$F_{Qj,k}$ : Carga característica acidental principal.

As cargas atuantes são, como cargas permanentes, o peso da cobertura, onde os valores adotados foram baseados na Tabela 2, que consistem nos pesos das telhas (450 N/m<sup>2</sup>) e das madeiras do telhado (430 N/m<sup>2</sup>) e as cargas acidentais, o peso de

água ( $113 \text{ N/m}^2$ ) e para determinação da carga accidental de vento foi necessário realizar um cálculo específico.

Para o cálculo das cargas de vento no telhado foi utilizado o *software* Visual Ventos desenvolvida pela Fundação Universidade de Passo Fundo (PIBIC-UPF), que emprega as normativas da NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações para realizar os cálculos da carga de vento na estrutura, os resultados estão na Figura 51.



Por fim foram realizadas as combinações. Para tanto a carga de vento de  $2,41 \text{ KN/m}^2$  foi decomposta no eixo vertical, aonde se tem as cargas aplicadas na estrutura e foi adotado o maior valor da combinação utilizando a Equação 7 e os valores da Tabela 8.

**Tabela 8** -Cargas permanentes e accidentais da cobertura.

<b>Cargas Permanentes</b>	
Telhas ( $\text{N/m}^2$ )	450
Estrutura Madeira ( $\text{N/m}^2$ )	430
<b>Cargas Accidentais</b>	
Água ( $\text{N/m}^2$ )	113
Vento ( $\text{N/m}^2$ )	-2410

**Fonte:** Autor (2019).

Os resultados das combinações estão na Tabela 9.

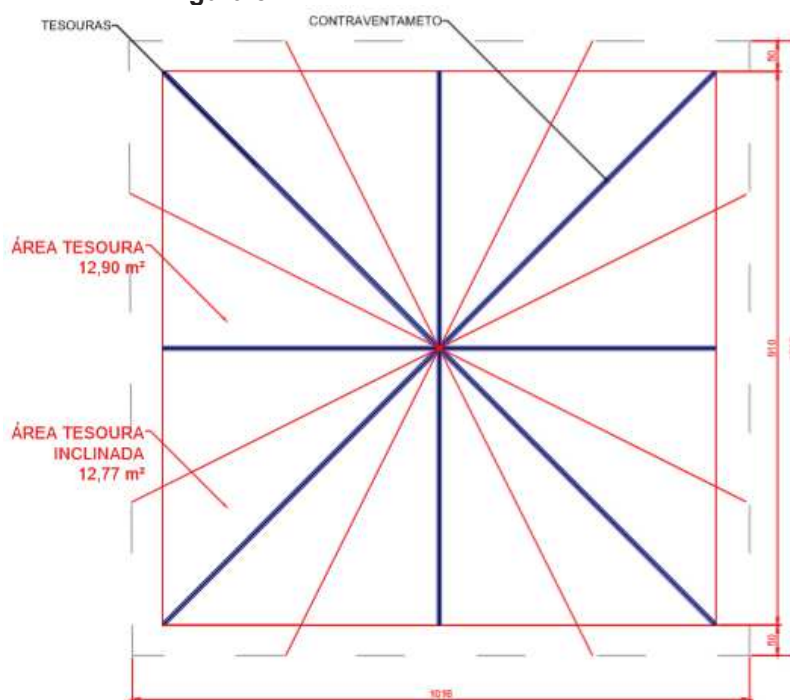
**Tabela 9** – Cargas permanentes e acidentais da cobertura.

Combinações	Tipo de combinação	Carga (N/m <sup>2</sup> )
C1	Carga acidental principal água e secundária vento	-296,8
C2	Carga acidental principal vento e secundária água	-2062,9
C3	Carga acidental somente água	1390,2
C4	Carga acidental somente vento	-2142

Fonte: Autor (2019).

Assim vão ser analisados as maiores cargas de tração, 2142 N/m<sup>2</sup> e de compressão, 1390,2 N/m<sup>2</sup>.

Para determinar a carga pontual que será transmitida aos montantes horizontais e então para os esteios na casa de tábua e mata-junta e os montantes verticais na casa em *wood frame* foi analisado a área de influência de cada tesoura e multiplicado pela carga por m<sup>2</sup> encontrada dadas na Figura 52

**Figura 52**– Área influência das tesouras.

Fonte: Autor (2019).

Então foi calculado a carga pontual, sendo simétrico os outros lados da construção se aplicam a todos os lados, resultados nos dados na Tabela 10.

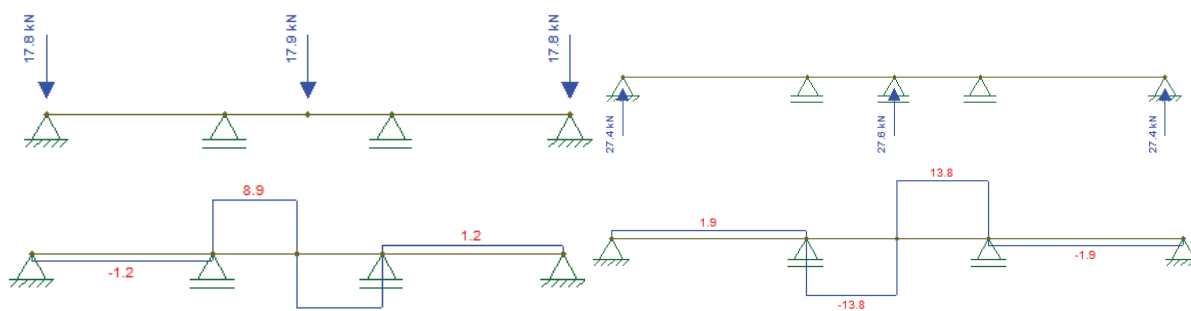
Tabela 10 – Cargas pontuais e acidentais da cobertura.

Cargas	Tesoura diagonal		Tesoura ortogonal as paredes	
	Área de influência (m <sup>2</sup> )	Carga Pontual (kN)	Área de influência (m <sup>2</sup> )	Carga Pontual (kN)
<b>Carga de Cálculo (kN/m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Tração</b>	2,142	12,77	12,9	27,63
<b>Compressão</b>	1,3902	12,77	12,9	17,93

Fonte: Autor (2019).

Nota-se que nenhuma das cargas pontuais supera as cargas resistentes de tração e de compressão nas Tabelas 5 e 7 respectivamente, considerando que na casa de tábua e mata-junta as tesouras depositam cargas na maioria das vezes diretamente de esteios, não superando, assim, a carga máxima. No caso onde fica entre dois esteios, foi usado o *software FTool* para determinar a carga depositada nos esteios de tração e compressão, conforme a Figura 53.

Figura 53 – Cargas de tração e compressão na estrutura em tábua e mata-junta.

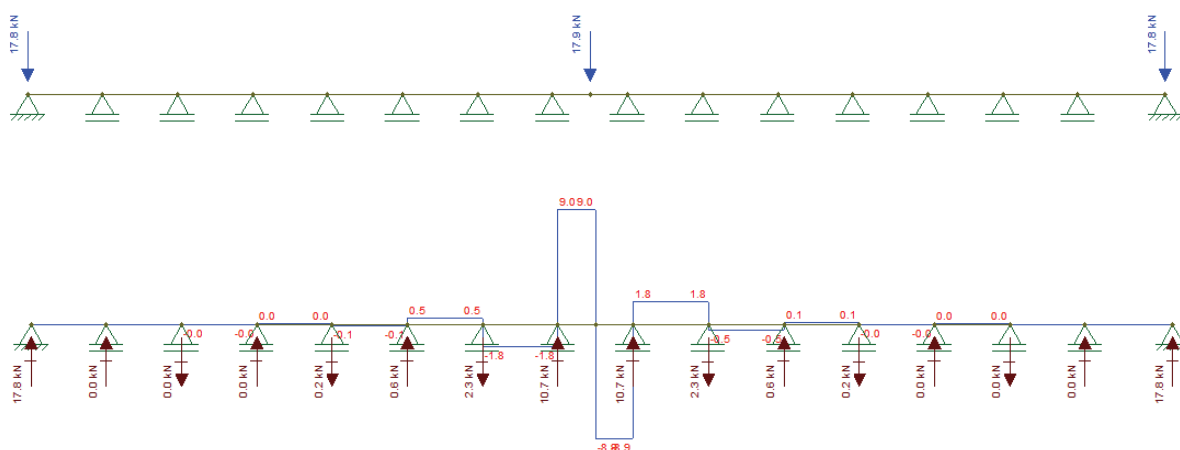


Fonte: Autor (2019).

Assim como no caso anterior, nenhuma carga supera as máximas possíveis para a casa em tábua e mata-junta. Logo, a mudança de material não interferiu nas resistências dos esteios, somente sendo necessário adicionar travamentos para melhorar a estabilidade da estrutura como pode ser visto nas Figuras 13 e 14.

No caso da casa em *wood-frame* para o caso das cargas de compressão o resultado pode ser visto na Figura 54, o resultado para tração foi similar, mas no sentido oposto.

**Figura 54** – Cargas de compressão na estrutura em *wood frame*.



Fonte: Autor (2019).

No entanto se vê que as cargas ficam concentradas nos montantes das extremidades e do centro que suportam as cargas. Para o melhor aproveitamento da estrutura seria ideal adicionar mais tesouras com peças com menores dimensões e assim ter mais pontos de encontro e melhor distribuição de cargas já que vários montantes não receberam cargas, seria ideal que o telhado fosse conforme a Figura 55, com o madeiramento coincidindo com os montantes e com espaços menores.

**Figura 55** – Exemplo de cobertura na estrutura em *wood frame*.



Fonte: Iben Engenharia (2018).

A aplicação do cálculo estrutural demonstra a principal diferença entre os sistemas construtivos: a forma de distribuição das cargas. Enquanto a casa em tábua e mata-junta tem distribuição concentrada de cargas nos esteios, na em casa em *wood frame* é dispersa ao longo das paredes, possibilitando peças de seção menores, além de evitar em cantos pilares a mostra como discutido anteriormente. No entanto isso faz com que seja necessário maior número de travamentos para garantir a estabilidade da estrutura contra flambagem.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre os sistemas tem como função buscar as singularidades de cada um e verificar como cada um adota solução específica para os mesmos problemas, como vedação e distribuição de cargas ambos focados neste estudo. Para os sistemas em madeira muitos partilham das mesmas soluções já que possuem a mesma origem europeia. A imigração e trocas culturais foram as responsáveis por adaptações e alterações específicas diante do local de implantação das obras bem como da mão de obra empregada. Como exemplo os métodos que utilizam uma estrutura portante treliçada em madeira sobre a qual são aplicadas a vedação, como o enxaimel, *timber frame* e tábua mata-junta.

Essas estruturas tem o mesmo princípio, mas foram desenvolvidas conforme o material disponível para a vedação, no caso das casas em enxaimel, como era difícil o corte da madeira, usou-se como vedação adobe ou tijolos maciços. Enquanto isto, no caso das casas de tábua e mata-junta com a padronização e fácil acesso de peças em madeira com o ciclo da madeira empregou-se peças em madeira para vedar e estruturar a parte treliçada das casas. Isso demonstra como a construção em madeira se transformou para atender as demandas, representando o momento histórico, além de representar a identidade dos imigrantes já que foram trazidos com eles o conhecimento necessário.

No caso das casas em *wood frame*, que surgem de uma necessidade moderna por métodos construtivos mais baratos e eficientes nos Estados Unidos se empregou peças menores de madeira para dar suporte a estrutura ao longo das paredes. Em vez de somente um “pilar” receber toda a carga da edificação, essas peças são mais fáceis de se trabalhar e transportar. Soma-se a esta característica a possibilidade da união das pelas com pregos, aumentando a eficiência em relação ao *timber frame* que necessitava de peças de grande tamanho e suas ligações eram feitas com entalhes, sendo uma mudança necessária para atender à crescente demanda de casas a serem construídas rapidamente.

Olhando as técnicas empregadas no sul do Brasil e no caso dos Estados Unidos elas serviram e servem a um propósito e incorporam a herança cultural dos seus povos. Sendo esse ponto a ser discutido, o que fazer com essa herança, como isso representa a identidade do povo e como incorporar essa narrativa na atualidade, onde se visa uma moradia de prática execução e que atenda às necessidades de seus

usuários? Uma interessante solução está no *wood frame*, que modernizou as casas, mas manteve elementos estéticos de cunho histórico, como o *siding*, que são peças horizontais atualmente em plástico que imitam soluções usadas historicamente e atende as necessidades modernas. No Sul do Brasil o modelo de casa de madeira mais comum foi o de tábua e mata-junta, mas sua influência não se propagou ou atualizou de forma efetiva ao longo do tempo.

Nesse contexto, ao realizar a análise comparativa de um modelo de casa de madeira de tábua e mata-junta e *wood frame* percebe-se que ambas ofertam os atributos necessários para abrigar a vida humana na atualidade. Assim, viabilizam no caso brasileiro o resgate de sua técnica tradicional por meio da releitura de seu sistema e configuração de projeto. Sugere-se ainda que este estudo possa ser complementado com avaliações a respeito do conforto térmico das edificações, pois seria uma contribuição no sentido de reafirmar a validade do sistema na atualidade.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. O. **Wood-Frame House Construction**. Washington: U.S. Government Printing Office, 1970. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87209853/PDF>>. Acesso em: 14 Out 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7203**: Madeira serrada e beneficiada. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. 190 p. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. 66 p. Rio de Janeiro, 1988.

ATLAS OBSCURA. Atlas Obscura. **American Gothic House**, 2016. Disponível em: <<https://www.atlasobscura.com/places/american-gothic-house>>. Acesso em: 19 Out 2018.

BARBOSA, Juliana.; INO, Akemi.; SHIMBO, Ioshiaqui. Indicadores de Sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, Salvador, p. 181-188, 2000. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000\\_366.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_366.pdf)>. Acesso em: 23 Set 2018.

FOLIENSTE, Greg C. History of Timber Construction. **Wood Structures: A Global Forum on the Treatment, Conservation and Repair of Cultural Heritage**, West Conshohocken, n. 1, p. 20, 2000. Disponível em: <[https://compass.astm.org/DIGITAL\\_LIBRARY/STP/PAGES/STP13370S.htm](https://compass.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/STP/PAGES/STP13370S.htm)>. Acesso em: 17 Set 2018.

GABRIEL, Marco A. M.; WEIGERT, Ivily. **Inventário da arquitetura ítalo-gaúcha em madeira como processo de educação patrimonial em Pato Branco – PR**. Pato Branco: Faculdade Mater Dei, 2013. 2 p.

GREGORY, Valdir. Imigração Alemã: formação de uma comunidade teuto-alemã. In: **IBGE 500 anos de povoamento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. p. 232. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv6687.pdf>>. Acesso em: 22 Set 2018.

GUEDES, Sandra Paschoal Leite De Camargo; ISSBERNER, GINA ESTHER. O Memorial de Imigração Polonesa em. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, p. 427-455, Janeiro 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/anaismp/v25n1/1982-0267-anaismp-25-01-00427.pdf>>. Acesso em: 22 Set 2018.

IPHAN. **Roteiros Nacionais de Imigração**: Santa Catarina - Vol. 2 - O Patrimônio do Imigrante. [S.l.]: IPHAN, 2011. 342 p. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/publicacoes/lista?categoria=&busca=Roteiros+nac>>. Acesso em: 23 Set 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA TÉCNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **MADEIRA: USO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo: IPT, 2003. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/manualUsodaMadeira.pdf>>. Acesso em: 10 Out 2018.

JUNIOR, Key Imaguire. KEY IMAGUIRE JUNIOR. **Keynews**, 30 Abril 2013. Disponível em: <<https://keyimaguirejunior.wordpress.com/2013/04/30/buracos-negros-na-historia-da-arquitetura-no-parana-5/>>. Acesso em: 10 Out 2018.

JUNIOR, Omar. Núcleo de Casas Enxaimel. **Flickr**, 9 Jul 2009. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/omarjunior/3784927171>>. Acesso em: 10 Out 2018.

MANUAL BÁSICO PARA A CONSTRUÇÃO DE CASAS DE MADEIRA PELO SISTEMA PLATAFORMA. **Manual Básico para a Construção de Casas de Madeira pelo Sistema Plataforma**, 2012.

LOGSDON, Norman Barros. **Estruturas De Madeira Para Coberturas, Sob A Ótica Da NBR 7190/1997**. Cuiabá: Universidade Federal De Mato Grosso, 2002. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~zacarias/Telhados.pdf>>. Acesso em 15 de Mai. 2019.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. O estado do Paraná. **Domínio Público**, 22 Set 2018. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&o\\_obra=84381](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&o_obra=84381)>.

MOLINA, Julio; CARLI, Junior Carlito. Sistema Construtivo em wood frame para casa de madeira. **Semina Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, 31, 2010. 143-156. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em: 12 Set 2018.

MOORE, Anne. A bit of East Coast. **Craig Chicago Business**, 2013. Disponível em: <<https://www.chicagobusiness.com/article/20130810/ISSUE03/130809757/chicago-philanthropist-lauren-robishaw-s-michigan-retreat>>. Acesso em: 22 Out 2018.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da madeira**. 4. ed. Curitiba: Ministério da Educação e do Desporto, 2012. 208 p. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>>. Acesso em: 19 Set 2018.

NATIONAL PARK SERVICE PRESERVATION BRIEFS. Exterior Materials. **HISTORIC DISTRICT DEVELOPMENT STANDARDS**, Ashland, p. 2, 2014. Disponível em: <<https://www.ashland.or.us/files/HistoricBrief3.pdf>>. Acesso em: 19 Out 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michéle. **Estruturas em madeira**: Dimensionamento segundo a norma brasileira NBR 7190/97 e critérios das normas norte-americanas NDS e europeia. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC, 2012. 221 p.

PIZZI, Marcela. The invention of the Balloon Frame, how it affected architecture in the New World. The case of Chile. **Proceedings of the First International Congress on Construction History**, Madrid, 20-24 Jan 2003. 1639-1648. Disponível em: <[http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgb/balloonconstructie\\_7\\_cihc1\\_153\\_http\\_h ttp\\_gilbert\\_aq\\_upm\\_es.pdf](http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgb/balloonconstructie_7_cihc1_153_http_h ttp_gilbert_aq_upm_es.pdf)>. Acesso em: 20 Out 2018.

PONCE, Reinaldo Herreiro. Estrutura. **Construção em madeira**: Sistema Plataforma. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/madeira/paginas/fundacao/fundacao.htm>>. Acesso em: 10 Out 2018.

RICHTER, Klaus. Life Cycle Analyses of Wood Products. **Life-Cycle Analyses - A Challenge for Forestry and Forest Industry**, Hamburg, p. 69-77, 3 Maio 1995. Disponível em: <[https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/proc08\\_net.pdf#page=69](https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/proc08_net.pdf#page=69)>. Acesso em: 24 Set 2018.

ROBERTO. Bosque do Papa e Memorial Polonês – Curitiba (PR). **Alma de Turista**, 23 set 2018. Disponível em: <<https://almadeturista.wixsite.com/site/blog/bosque-do-papa-e-memorial-polon%C3%AAs-curitiba-pr>>. Acesso em: 5 Out 2018.

SIKORA, Mafalda Ales. MUSEU ETNOGRÁFICO - Centro Histórico e Cultural Polska. **Cultura e Arte Polonesa**, 2015. Disponível em: <<https://www.culturartepolonesa.com/museu>>. Acesso em: 23 Set 2018.

SUL MÓDULOS. Painel Estrutural OSB Home Plus. **Sul Módulos**, 2015. Disponível em: <<http://www.sulmodulos.com.br/produtos/painel-estrutural-osb-home-plus/>>. Acesso em: 14 Out 2018.

SZÜCS, Carlos Alberto; BATISTA, Fábio Domingos. **Arquitetura de madeira na região de Curitiba: estudo comparativo entre a casa tradicional e contemporânea**, 2013.

TAMPA, Joe Wright. A LITTLE BOARD AND BATTEN HISTORY. **All About Siding**, 2013. Disponível em: <<http://www.all-about-siding.com/board-and-batten-history.html>>. Acesso em: 19 Out 2018.

TRIGUEROS, Santiago Inat. **SISTEMA DE PLATAFORMA CON ENTRAMADO**. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya, 2011. Disponível em: <<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13621/MEMORIA.pdf>>. Acesso em: 8 Out 2018.

UFSC. Madeiras. **Madeiras**, Mai 2015. Disponível em: <[http://pet.ecv.ufsc.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/04/ECV\\_T\\_madeiras\\_2015\\_1.pdf](http://pet.ecv.ufsc.br/wordpress/wp-content/uploads/2015/04/ECV_T_madeiras_2015_1.pdf)>. Acesso em: 15 Out 2018.

VOLLES, Paulo. Técnica Enxaimel - Restauro Completo. **1º Simpósio Científico ICOMOS Brasi**, Belo Horizonte, 13 Maio 2017. 9. Disponível em: <<https://even3storage.blob.core.windows.net/anais/65134.pdf>>. Acesso em: 23 Set 2018.

VEIGA, Mauício Biscaia. **Arquitetura em Santa Catarina: a invenção de uma tradição estética**; orientador Edson Leite. São Paulo, 2013.

WITTMANN, Angelina. Fachwerk, a técnica construtiva enxaimel. **Vitruvius**, 16 jul 2016. Disponível em: <<http://vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/16.187/6131>>. Acesso em: 23 Set 2018.

WOOD COUNCIL AMERICAN. **Details For Conventional Wood Frame Construction**. Washington: American Forest & Paper Association, 2001. Disponível em: <<https://www.awc.org/codes-standards/publications/wcd1>>. Acesso em: 9 Out 2018.

YOUNGS, Robert. History, Nature, and Production of Wood. **Forests and Forest Plants**, Virginia, v. 2, p. 27, 3 Maio 2001. Disponível em: <[www.eolss.net/sample-chapters/c10/E5-03-03-01.pdf](http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/E5-03-03-01.pdf)>. Acesso em: 18 Set 2018.



ZANETTI, Eder. Tecnologia amplia aproveitamento de matéria-prima. **Madeira**, 2004. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=513&subject=Processamento&title=Tecnologia](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=513&subject=Processamento&title=Tecnologia)>. Acesso em: 10 Out 2018.

ZANI, Antônio Carlos. **Arquitetura em Madeira**. Londrina: Eduel, 2013. Disponível em: <[www.uel.br/editora/portal/pages/livros-digitais-gratuitos.php](http://www.uel.br/editora/portal/pages/livros-digitais-gratuitos.php)>. Acesso em: 17 Set. 2018.

## ANEXO A

Quadro 4 - Coeficiente de ponderação de ações.

Combinação	Ações permanentes		Ações variáveis		
	Cargas de grande variabilidade	Cargas de pequena variabilidade	Recalques diferenciais	Ações variáveis em geral	Variação de temperatura
	$\gamma_g$	$\gamma_g$	$\gamma_q$	$\gamma_q$	$\gamma_q$
Normal	1,4 (0,9)	1,3 (0,9)	1,2 (0,9)	1,4	1,2
Especial ou de construção	1,3 (0,9)	1,2 (0,9)	1,2 (0,9)	1,2	1,0
Excepcional	1,2 (0,9)	1,1 (0,9)	0,0 (0,9)	1,0	0,0

Fonte: NBR 7190 (ABNT,1997).

## ANEXO B

Quadro 5 – Valores de  $k_{mod}$ 

Valores de $k_{mod1}$		
Classes de carregamento	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
Permanente	0,60	0,30
Longa duração	0,70	0,45
Média duração	0,80	0,65
Curta duração	0,90	0,90
Instantânea	1,00	1,10
Valores de $k_{mod2}$		
Classes de umidade	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
1 e 2	1,0	1,0
3 e 4	0,8	0,9
Valores de $k_{mod3}$		
Classes	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
Coníferas	0,8	
Dicotiledôneas	1ª Categoria - 1,0 2ª Categoria - 0,8	

Fonte: NBR 7190 (ABNT, 1997).

Quadro 6 - Classes de umidade.

Classes de Umidade	Umidade relativa do ambiente - $U_{amb}$	Umidade de equilíbrio da madeira - $U_{eq}$
1	$U_{amb} < 65\%$	12%
2	$65\% < U_{amb} < 75\%$	15%
3	$75\% < U_{amb} < 85\%$	18%
4	$85\% < U_{amb}$	25%

Fonte: NBR 7190 (ABNT, 1997).