

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**MATEUS RODRIGUES ARANTES**

**SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA LEVE: *WOOD FRAME***

**FORMIGA-MG**

**2018**

MATEUS RODRIGUES ARANTES

SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA LEVE: *WOOD FRAME*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Formiga do UNIFOR - MG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Esp. Laurêmia Soares da Silva.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> Alessandra Cláudia Cabanelas da Silva

FORMIGA-MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

A662 Arantes, Mateus Rodrigues.  
Sistema construtivo em madeira leve: wood frame / Mateus Rodrigues  
Arantes. – 2018.  
59 f.

Orientadora: Laurêmia Soares da Silva.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –  
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Inovação. 2. Sustentabilidade. 3. Engenharia civil. I. Título.

CDD 628.3

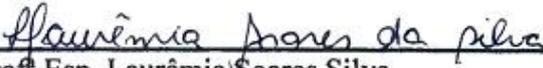
Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária  
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

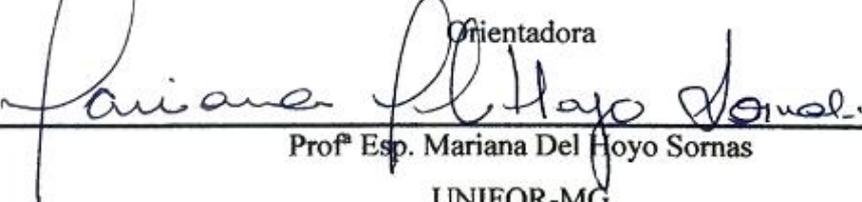
Mateus Rodrigues Arantes

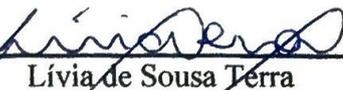
SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA LEVE: *WOOD FRAME*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Formiga do UNIFOR - MG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup> Esp. Laurêmia Soares Silva  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup> Esp. Mariana Del Hoyo Sornas  
UNIFOR-MG

  
\_\_\_\_\_  
Livia de Sousa Terra  
Engenheira Civil

Formiga, 01 de novembro de 2018.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS pela vida e por tudo que por ele foi me dado. Sem Ele não teria forças para prosseguir.

Aos meus pais pela educação e carinho prestados por toda a minha criação.

À minha amada esposa pela dedicação e apoio que foram fundamentais para que eu continuasse firme.

À minha orientadora Laurêmia pelos conselhos dados, pela ajuda fundamental e pelo cuidado ao garantir que esse trabalho fosse devidamente completado.

À minha coorientadora Alessandra por indicar um caminho que solucionou alguns problemas que haviam se manifestado.

Ao professor César pelo valioso conselho que se revelou uma boa solução no desenrolar da execução deste trabalho.

A todo corpo docente do UNIFOR-MG e a todos os meus professores que ao longo da minha vida acadêmica me proporcionaram os conhecimentos que aplicarei em minha vida profissional, me motivando a ser melhor em tudo.

Aos meus parentes e amigos que me apoiaram, incentivaram e me acolheram nos momentos de necessidade. Principalmente aos amigos de faculdade que estiveram sempre ao meu lado.

A todos aqueles que durante a minha vida sempre acreditaram em mim, depositando sua fé em minha capacidade, mesmo quando até eu duvidei. Sem todos estes, essa conquista não seria algo concreto!

## RESUMO

O presente estudo apresenta um levantamento de informações sobre a metodologia *wood frame* no Brasil através da pesquisa em documentos internacionais e também nacionais. O formato construtivo já é utilizado em larga escala em países como Canadá, Estados Unidos e outros, considerados de primeiro mundo, o que traz de fato fortes indícios de sua validade e viabilidade. As construções de madeira dispõem de uma versatilidade construtiva muito elevada, o que traz bons resultados tanto no quesito estético, quanto de maneira a atender os requisitos de conforto térmico e acústico, atendendo as exigências mínimas previstas por normas. O principal objeto do estudo é apresentar o método supracitado, que ainda é pouco utilizado em nosso país devido principalmente à falta de conhecimentos aliada ao costume construtivo cultural. Para mudar este paradigma deve se transcender tais limites e demonstrar a validade das construções em madeira leve, trazendo novas informações que possam atrair a atenção de investimentos.

**Palavras-chave:** Inovação. Sustentabilidade. Engenharia civil.

## **ABSTRACT**

The present study presents a survey of information about the wood frame methodology in Brazil through research in international and also national documents. The constructive format is already widely used in countries such as Canada, the United States, and others, considered to be first-world, which in fact brings strong indications of its validity and feasibility. The wooden constructions have a very high constructive versatility, which brings good results both in the aesthetic aspect and in order to meet the requirements of thermal and acoustic comfort, meeting the minimum requirements laid down by standards. The main object of the study is to present the aforementioned method, which is still little used in our country due mainly to the lack of knowledge coupled with cultural constructive custom. To change this paradigm, one must transcend such limits and demonstrate the validity of lightweight constructions, bringing new information that can attract investment attention.

**Keywords:** Innovation. Sustainability. Civil engineering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura em <i>balloon frame</i> .....	17
Figura 2 - Estrutura em <i>platform frame</i> .....	18
Figura 3 - Exemplo de angiosperma (Carvalho Alvarinho) .....	21
Figura 4 - Exemplo de composição interna de uma angiosperma .....	22
Figura 5 - Exemplo de gimnosperma (Pinheiro Bravo) .....	22
Figura 6 - Exemplo de composição interna de uma gimnosperma .....	23
Figura 7 - Anatomia da madeira .....	24
Figura 8 - Lã de vidro.....	26
Figura 9 - Lã de pet .....	27
Figura 10 - Membrana hidrófuga sobre o OSB.....	28
Figura 11 - Painel vertical.....	31
Figura 12 - Interligação em “T” entre painéis verticais. ....	32
Figura 13 - Representação de elementos horizontais .....	33
Figura 14 - Detalhamento do posicionamento de pregos. ....	34
Figura 15 - Tipos de pregos utilizados no <i>wood frame</i> .....	35
Figura 16 - Instalações elétrica e hidráulica no <i>wood frame</i> .....	36
Figura 17 - Dimensões máximas para furos e entalhes em pilares .....	58
Figura 18 - Dimensões máximas para furos e entalhes em vigas .....	59

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Dimensões para painéis em OSB. ....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 2 - Dimensionamento dos pilares .....</b>	<b>30</b>
<b>Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do <i>wood frame</i> .....</b>	<b>40</b>
<b>Quadro 4 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,436 kN/m<sup>2</sup> em sótãos habitáveis e quartos. (continua) .....</b>	<b>50</b>
<b>Quadro 5 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,915 kN/m<sup>2</sup> em áreas de maior permanência (demais cômodos e áreas molhadas). (continua) .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC	Cromato de cobre ácido;
ACA	Arseniato de cobre amoniacal;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas;
BOPP	<i>Bi-axially oriented polypropylene</i> ;
CB	Comitê Brasileiro;
CCA	Arseniato de cobre cromatado;
CCB	Borato de cobre cromatado;
CWFHC	<i>Canadian Wood Frame House Construction</i> ;
CMHC	<i>Canada Mortgage and House Corporation</i> ;
DATEC	Documento de Avaliação Técnica;
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> ;
MCMV	Minha casa, minha vida;
OSB	<i>Oriented strand board</i> ;
PH	Potencial hidrogeniônico;
RSDG	<i>Residential Structural Design Guide</i> ;
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;
SINAT	Sistema Nacional de Aprovações Técnicas;
WFCM	<i>Wood Frame Construction Manual</i> ;

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	JUSTIFICATIVA .....	13
3	OBJETIVOS .....	14
3.1	OBJETIVO GERAL .....	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
4.1	Sistemas construtivos .....	15
4.2	<i>Wood frame</i> no Brasil .....	15
4.3	Definição do <i>wood frame</i> .....	16
4.4	Métodos construtivos em <i>wood frame</i> .....	17
4.5	Materiais do <i>wood frame</i> .....	19
4.5.1	Madeira .....	19
4.5.1.1	Classificações das madeiras .....	20
4.5.1.2	Espécies aplicáveis .....	24
4.5.2	<i>Oriented strand board</i> (OSB) .....	25
4.5.3	Preenchimentos isolantes .....	27
4.5.4	Membranas hidrófugas .....	27
4.5.5	Gesso acartonado .....	28
4.5.6	Placas cimentícias .....	29
4.6	Componentes estruturais .....	29
4.6.1	Painéis verticais .....	29
4.6.2	Painéis horizontais .....	32
4.6.3	Conectores e ligações .....	33
4.6.4	Fundação .....	35
4.7	Instalações prediais .....	36
5	METODOLOGIA .....	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
6.1	Normatização do <i>wood frame</i> .....	39
6.2	Vantagens x desvantagens .....	40
6.3	Proposição de aplicação da metodologia .....	41
7	CONCLUSÃO .....	42

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO A – Informações de dimensionamento (Vigas).....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO B – Esquema de furos e entalhes em pilares.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO C - Esquema de furos e entalhes em vigas .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As edificações na construção civil visam integrar o meio em que se inserem, aglomerando-se às paisagens e formas à sua volta. No entanto, sua aplicação primordial para a engenharia civil é atender à demanda populacional e garantir, além da proteção de climas hostis, o conforto das pessoas.

O estudo de novas técnicas de construção tem ganhado força ao longo dos anos. Visando à sustentabilidade e a melhora na qualidade de vida, novos métodos da construção civil podem contribuir com a formação de cidades com uma ambientação mais suave, trazendo uma redução significativa nos impactos ambientais por elas já causados há anos.

Desde os grandes edifícios, outrora chamados popularmente de arranha-céus, até pequenas casas destinadas a projetos sociais passaram a dispor de novas formas de concepção graças ao avanço tecnológico e a descoberta da utilização de materiais renováveis que possuam características estruturais e/ou de preenchimento similares às convencionais oferecidas atualmente pelo uso de concreto armado e alvenaria simples.

Por vezes lançamos mão dos meios renováveis pela “segurança estrutural”, definida por concepções sociais e culturais, ou até pela desmotivação financeira ao se investir em técnicas que, em sua grande parte, possuem um custo variavelmente acima do padrão que é empregado em larga escala na sociedade.

Novas técnicas construtivas, como o *wood frame*, buscam aprimorar os quesitos exigidos pela construção civil, levando-se em consideração uma visão ambiental em maior foco. O uso do concreto e aço nas construções gera uma segurança estrutural muito efetiva, mas o gasto com sua produção em larga escala, bem como custo energético, podem causar danos irreparáveis em um longo prazo, pois também não possuem uma reutilização bem definida.

É foco deste estudo a determinação de um método relativamente novo no país, levantando informações gerais, além da proposta de algumas incógnitas para a sua utilização em um âmbito geral. A completa análise de todo o sistema é fundamental para qualquer proposição sobre o mesmo, posicionando assim o andamento da revisão bibliográfica.

## 2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a necessidade de readequar a forma como construímos, tornando os impactos gerais cada vez menores e trazendo viabilidade de uma vivência mais sustentável no âmbito global, esta pesquisa se faz indispensável para mostrar a possibilidade e até viabilidade de investimento em áreas de desenvolvimento sustentável, reforçando a constante ideia de que o avanço deve existir, mas sem que haja algum regresso no quesito de sustentabilidade.

A exploração de novos métodos traz consigo formas diversas de se construir, bem como o avanço nas técnicas utilizadas, visando basicamente atender a necessidade mínima: conceder uma moradia adequada à sobrevivência humana, concedendo também conforto. No *wood frame* a premissa não é diferente, evidenciando a eficácia do uso de materiais renováveis.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Levantar dados sobre o método construtivo em *wood frame* através do estudo de documentos internacionais e nacionais, obtendo-se as informações necessárias para o desenvolvimento da revisão bibliográfica.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Determinar o que é *wood frame* e como se dá a sua aplicação atualmente;
- b) Apontar as vantagens e desvantagens do sistema construtivo em *wood frame*, pontuando as que possuam melhor aplicabilidade a países subdesenvolvidos;
- c) Propor métodos para a implantação do *wood frame* no Brasil em regiões como o Sudeste onde o mesmo ainda não é utilizado e nem possui reconhecimento;

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente estudo tem por objetivo fundamentar a pesquisa através de informações científicas adquiridas de fontes diversas, para a melhor compreensão do tema abordado. O mesmo busca apresentar as informações através da discriminação do método e seus materiais.

### 4.1 Sistemas construtivos

Para Castelar (2017, p. 18), a definição de sistemas construtivos se dá por “um conjunto de métodos analíticos e executivos que reunidos visam à criação de um empreendimento. Podendo ser definido por diferentes tipos de conjuntos de acordo com a finalidade do empreendimento.”

Toda edificação deve possuir uma estrutura que a suporte e possibilite a sua estabilidade perante o uso para a qual fora dimensionada. A partir desta noção e da evolução tecnológica, novos métodos para a realização de edifícios surgem no mercado atual, dando um contraste às técnicas a muito empregadas.

Essa evolução busca viabilizar as construções, quer seja do ponto de vista ambiental ou econômico, tornando possível conciliá-las à sustentabilidade. Dentre os modelos construtivos mais utilizados no Brasil atualmente, por exemplo, consistem a metodologia tradicional, o *wood frame* e também *steel frame*.

O escopo deste trabalho é, no entanto, analisar apenas o *wood frame*, excluindo-se então desta pesquisa o estudo dos modelos tradicional e em *steel frame*.

### 4.2 *Wood frame* no Brasil

Por volta de 1990 o Brasil contemplava estudos para verificar a viabilidade da implantação do processo no país. Mesmo obtendo-se resultados favoráveis à utilização do método, somente alguns anos depois o método viria a ser propriamente implantado (ESPINDOLA; INO, 2014).

No entanto, somente no mês de junho do ano de 2009, alguns empresários e engenheiros do sul do país e também de São Paulo puderam observar melhor a utilização da metodologia em excursão cedida pelo Ministério da Economia de *Baden Wurttemberg* (na Alemanha), em parceria com o SENAI-PR (PRONTA..., 2009).

Já no ano de 2011 o processo se tornou reconhecido perante a norma NBR15575 e a diretriz SINAT 005, sendo também mais tarde reconhecida também através da diretriz DATEC 020 no ano de 2012.

Em junho de 2016 foi iniciado o projeto para a criação de uma norma brasileira que defina os parâmetros para a execução do *wood frame* no Brasil. Inscrito inicialmente como texto base sob o código 002:126.011-001, sendo apresentado pela Comissão de Estudo de Sistemas Construtivos *Wood Frame* (CE-002:126.011) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-002).

### **4.3 Definição do *wood frame***

Segundo Molina e Calil Junior (2010), o *wood frame* refere-se a uma metodologia de construção industrializada, com boa durabilidade e formação estrutural em madeira de reflorestamento tratada, utilizando placas de pisos, vedação e cobertura que são agrupados e/ou sobrepostos por outros materiais, visando melhorar suas capacidades térmicas e acústicas e garantir a resistência ao intemperismo natural ou a sua queima.

Apesar de sua composição global ser de matéria combustível natural, Pinto (2001) afirma que as madeiras de seção maciça possuem a capacidade de permanecer sustentadas mesmo em chamas ou após sua extinção, devido à carbonização superficial da madeira, o que causa o retardo do consumo da sua estrutura interna.

“Peças esbeltas de madeira, entretanto, requerem proteção contra o fogo, que [...] pode ser obtida através de retardos de fogo e de detalhes construtivos que evitem ou atrasem o contato da madeira com o fogo” (CARDOSO, 2015, p.19).

A estruturação global do sistema é feita através de painéis verticais e horizontais, os quais atuam distribuindo as cargas entre si até a fundação. Balen, Pansera e Zanardo (2016) inferem que a fabricação dos painéis é realizada em galpões fora da obra e os produtos são entregues já adequados ao seu uso final, o que diminui significativamente o tempo de montagem, além de garantir que a construção gere menos descartes ou perdas de material e consiga um ambiente de trabalho livre de grande parte da sujeira. Observa-se também uma facilidade maior em intervenções pós-execução, pois as placas que constituem a vedação podem ser removidas para tal.

A concepção do sistema wood frame(sic) em ambiente industrial reduz significativamente os desperdícios, que são altamente impactantes nos sistemas de construção tradicionais. Em boa parte das casas industrializadas em wood frame(sic), o único elemento moldado in-loco (sic) é de fundação. O ganho de produtividade, neste caso, está vinculado também à dinâmica da obra limpa e seca e a facilidade de manuseio dos elementos estruturais (frames de madeira) e de fechamento (chapas de OSB e placas cimentíceas (sic)) que demandam menos esforços dos operários (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010, p. 147).

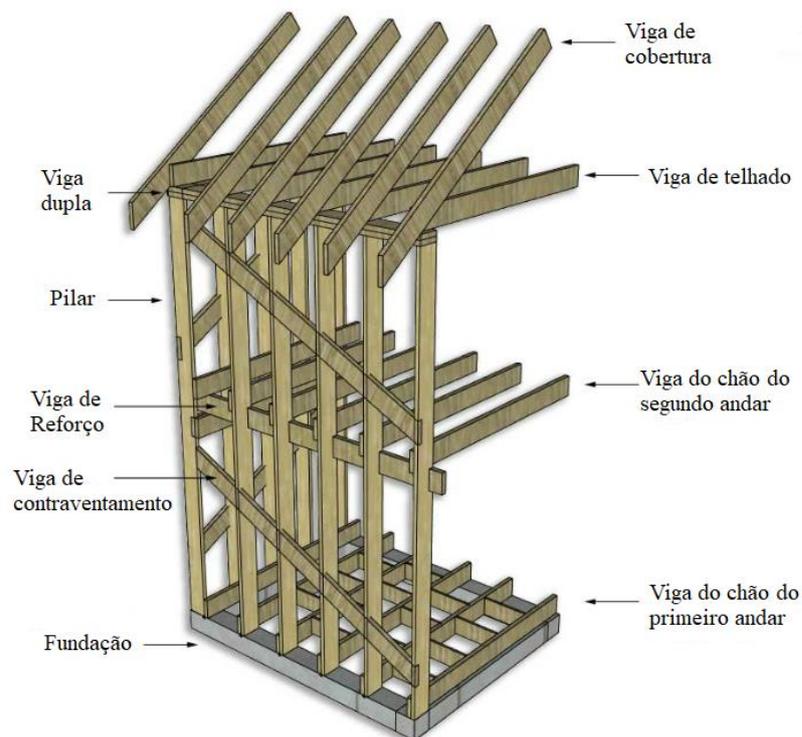
#### 4.4 Métodos construtivos em *wood frame*

As construções em madeira já são há muitos anos conhecidas e foram muito utilizadas durante toda a história da humanidade. Já desde o período Neolítico o seu uso era comum, possivelmente pela sua abundância natural. Inicialmente usada para suportar pequenas cargas, como uma cobertura de folhas, e agora até as grandes construções dos últimos milénios (SOUTO; BUENO; SILVA, 2016).

Com a evolução do uso da madeira, chegamos às metodologias de construção em *wood frame*, que consistem em duas formas principais: o *balloon frame* e o *platform frame*.

A FIG. 1 mostra um exemplo do *balloon frame*:

Figura 1 - Estrutura em *balloon frame*.

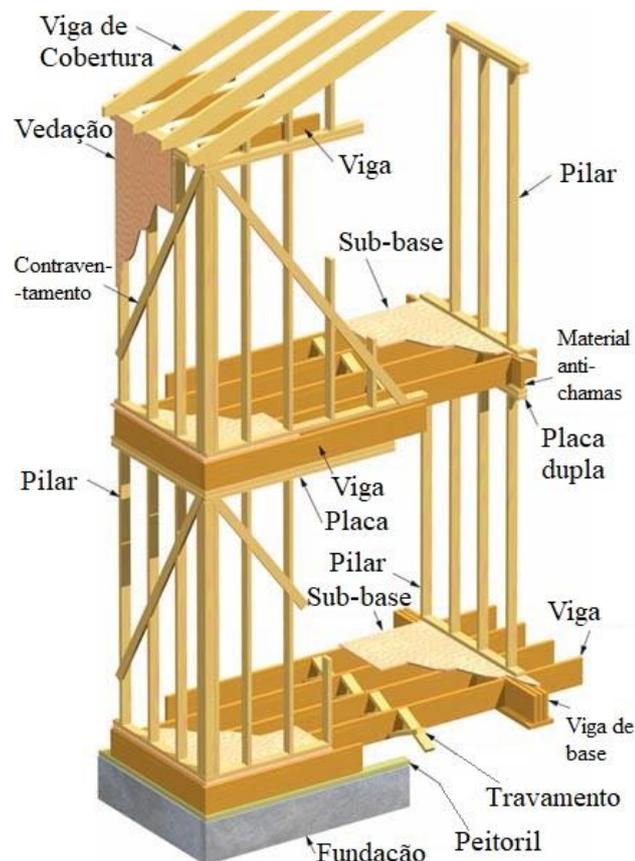


Fonte: Adaptado de Constantini Legno, [2015].

De acordo com Vaz (2008), o *balloon frame* foi o primeiro a ser utilizado, onde as peças de madeira que atuam como pilares possuem comprimento equivalente a mais de um pavimento, em edificações com tal especificação, geralmente atingindo dois pavimentos em tamanho. Com tal método, no entanto, havia uma dificuldade em obter peças que atendessem totalmente o quesito de altura, bem como a resistência necessária, sendo então um agravante em certas ocasiões. As paredes, pavimentos e coberturas são formados por vigas e montantes de seção esbelta, distando aproximadamente 60 cm entre cada par de tais estruturas e afixados com o uso de pregos. Com relação a possíveis incêndios, é notável um déficit do sistema, pois, devido à conexão entre pavimentos é mais provável que haja um alastramento das chamas em curto prazo.

É ilustrado o *platform frame* na FIG. 2:

Figura 2 - Estrutura em *platform frame*



Fonte: Adaptado de Purlive, [2014].

O *platform frame* veio para substituir o anterior, visando sanar carências e dificuldades por ele apresentadas. Suas essências e o que o difere do sistema *balloon* é o uso de placas de madeira, antes maciças e atualmente reconstituídas e montantes de tamanho correspondente

à apenas um pavimento conferindo maior estabilidade em ambos os casos e facilidade de execução. O uso das placas de madeira garante estabilidade aumentada desde a fundação até a cobertura. Aqui ocorre menor propagação de chamas, o que torna o sistema ainda mais efetivo levando-se em consideração o material “combustível” (VAZ, 2008).

No sistema de madeira, como as paredes são confeccionadas com pilares de madeira e placas de OSB, os revestimentos devem ser adequados visando proporcionar melhor adaptação à estrutura. O uso de *sidings*<sup>1</sup> tem sido uma opção para revestimentos externos, podendo inclusive ser aplicado no método convencional. Placas cimentícias também podem recobrir as paredes, proporcionando acabamentos similares aos de alvenaria comum, além de conferir à estrutura impermeabilização em áreas de exposição à alta taxa de umidade (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010).

No Brasil ainda não existe nenhuma norma específica para construção em madeira leve. Atualmente construções deste gênero utilizam normas estrangeiras em conjunto com a NBR 7190:1997. O manual e as normas mais recomendadas são o *Wood Frame Construction Manual* (WFCM) 2018, *Deutsches Institut für Normung* (DIN) 1052 (1998) e a EUROCODE 5 Parte 2 (1997).

## **4.5 Materiais do *wood frame***

Devido ao direcionamento da pesquisa realizada, faz-se necessário o aprofundamento das propriedades de alguns materiais, como é o caso da madeira, onde fatores como espécie, extração e manuseio podem causar sérios danos ao resultado final, portanto estes devem ser tratados com maior relevância. Nos subtópicos a seguir são apresentados alguns materiais que compõem a metodologia.

### **4.5.1 Madeira**

Segundo Marques (2008), a madeira é um material com potencial de sustentabilidade, reciclagem e renovação altas, apresentando juntamente a sua capacidade em degradar-se, quando em condições adequadas, sem atingir consideravelmente o meio ambiente; necessita uma quantidade reduzida de energia para o seu processamento em relação a demais produtos

---

<sup>1</sup>Chapas fabricadas industrialmente de PVC, aço ou madeira, utilizadas como cobrimento contra desgastes naturais devidos à exposição das peças. (PORTAL METÁLICA)

da construção civil. Além de possuir uma resistência elevada levando-se em conta sua massa total e dimensões, confere ainda ao projeto boa resistência em relação a abalos sísmicos.

Em relação geral a sua aplicação em meio à construção civil temos uma ampla gama de empregos para peças que podem variar de tamanho, seção, forma e até mesmo material segundo a matriz da qual ela é obtida. Zenid (2009, p.1) reforça que “a madeira é empregada na construção civil, de forma temporária, na instalação do canteiro de obras, nos andaimes, nos escoramentos e nas fôrmas. De forma definitiva, é utilizada nas esquadrias, nas estruturas de cobertura, nos forros e nos pisos.”.

A qualidade da madeira a ser utilizada depende da execução minuciosa da sua secagem, bem como o seu acondicionamento *in loco*. Defasagens que venham a ocorrer em ambos os processos, em relação a peças serradas, por exemplo, podem causar falhas que limitem ou impossibilitem o seu aproveitamento no quesito estrutural (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2010).

Para Zenid (2009), as madeiras podem diferir quanto a propriedades dentre as diversas espécies. Com isso, para a eleição de uma espécie adequada a um projeto, necessita-se a observação dos fatores exigidos, buscando atingir o desempenho que satisfaça tais. Em climas tropicais, tal ação deve ter maior prioridade, visando cobrir a grande diversidade de espécies.

As peças depois de extraídas devem receber um tratamento preservativo necessário para sua preservação e prolongamento da vida útil do projeto. Com relação a propriedades críticas, mesmo que a madeira seja um material combustível em certas condições, as suas peças possuem um comportamento consideravelmente bom em temperaturas elevadas se comparada a outros materiais em condição de grande exposição direta. A carbonização causada pela queima superficial cria uma forma de proteção antitérmica. Como o material possui um coeficiente de condução térmica baixo, a variação de calor no interior da peça se eleva de forma controlada, garantindo ao componente central da estrutura uma maior durabilidade numa situação onde mesmo o aço não seria capaz de suportar, vindo a sofrer escoamento ainda que não seja combustível (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2010).

#### **4.5.1.1 Classificações das madeiras**

Podemos classificar as madeiras, segundo Pfeil, W. e Pfeil, M. (2012), em duas grandes classes:

- a) Madeiras rígidas: proveniente de dicotiledôneas de classe angiosperma, que possui um desenvolvimento retardado com relação ao segundo tipo, possuindo então fases com melhor definição e rigidez;
- b) Madeiras flexíveis: derivadas de coníferas da classe gimnosperma, onde o crescimento é consideravelmente veloz e sua folhagem é perene;

Na FIG. 3 tem se um exemplar de uma angiosperma:

Figura 3 - Exemplo de angiosperma (Carvalho Alvarinho)



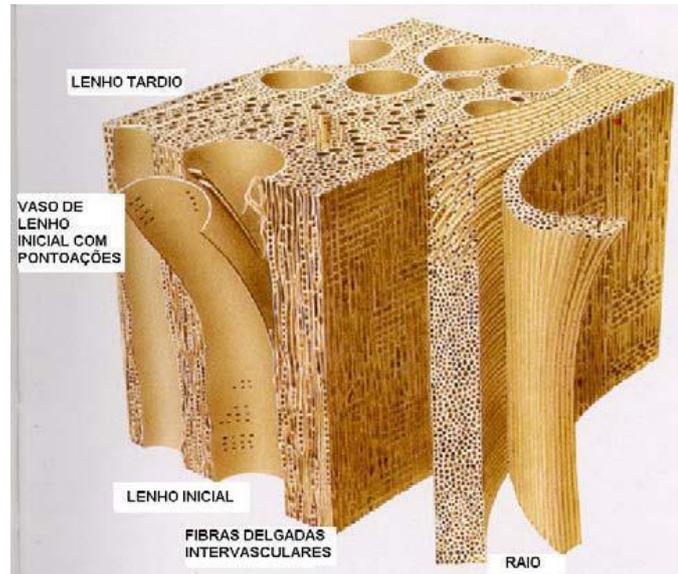
Fonte: Know Net, 2013.

Nota se que a mesma possui grande quantidade de folhagem e tronco de grande espessura, características mais comuns às dicotiledôneas.

As dicotiledôneas são constituídas de, ao menos, vasos, fibras e raios medulares. Os vasos possuem comprimento de até 1 mm e 300  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Constituem cerca de até 50% do material das dicotiledôneas e possuem a função de carregar seiva bruta e depositar substâncias no cerne; já as fibras podem possuir comprimento de até 1,5 mm, seção vazia transversalmente, e como os vasos serem material de até 50% de constituição na madeira; raios medulares, por sua vez, possuem forma achatada e dispõem se perpendicularmente às fibras, tendo a função de conduzir da casca à medula a seiva elaborada produzida pela árvore (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2010).

A FIG. 4 ilustra o corte de uma angiosperma, detalhando melhor as estruturas citadas:

Figura 4 - Exemplo de composição interna de uma angiosperma



Fonte: Adaptado de Bramwell ,1976.

É notável que a formação principal da angiosperma possui uma menor quantidade de vazios devido à grande quantidade de fibras intravasculares que preenchem o seu interior.

Observamos na FIG. 5 um exemplar de gimnosperma, caracterizada por seu tamanho expressivo e folhagem mais escassa:

Figura 5 - Exemplo de gimnosperma (Pinheiro Bravo)

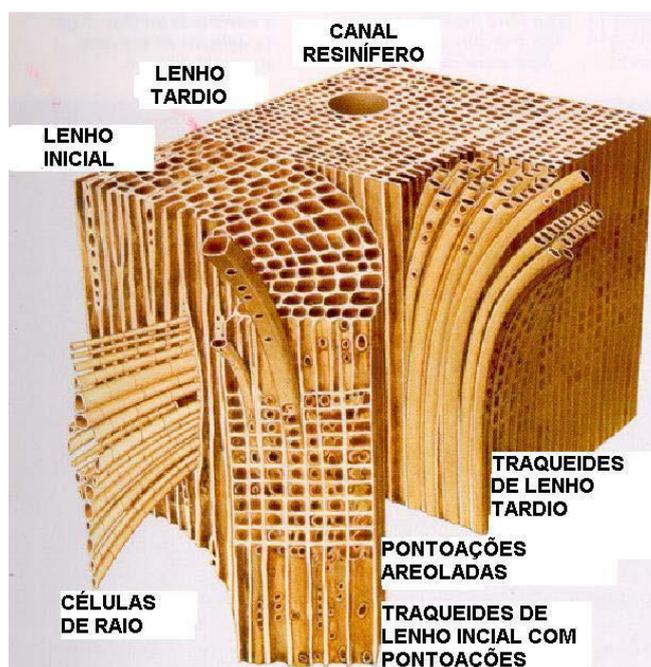


Fonte: Flora da serra arrábida, 2016.

Nas coníferas é possível se distinguir a formação de traqueídes e raios medulares. Traqueídes são formações celulares longas, com comprimento de até 5 mm e possuem 60 mm em diâmetro, tendo em seus extremos a capacidade de conduzir a seiva bruta. Além de sua grande importância, constitui-se de grande presença na madeira (cerca de 95%); os raios medulares possuem a mesma configuração e propriedades dispostas anteriormente nas dicotiledôneas (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2010).

A FIG. 6 mostra as características internas da madeira em gimnospermas:

Figura 6 - Exemplo de composição interna de uma gimnosperma



Fonte: Adaptado de Bramwell, 1976.

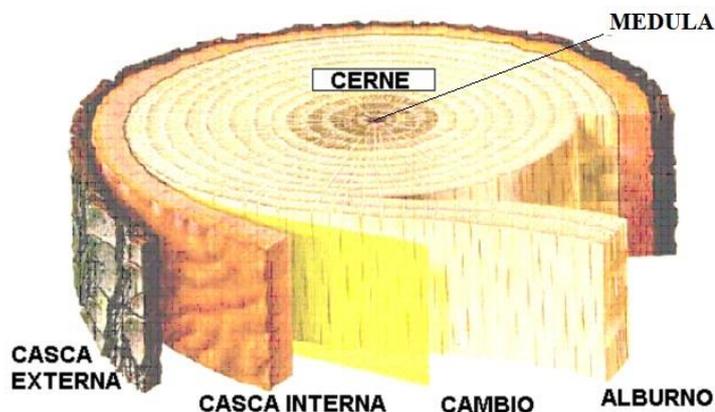
Pfeil, W. e Pfeil, M. (2012) inferem que a seção transversal de um tronco pode ser subdividida da seguinte forma:

- a) Casca: camada exógena que confere proteção às demais, formada por tecidos mortos e uma fina porção de tecido vivo responsável pela condução de nutrientes produzidos nas folhas e essenciais ao crescimento;
- b) Alburno ou branco: camada constituída de células vivas responsáveis pela condução da seiva bruta, composta de água e minerais brutos, até as folhas;
- c) Cerne ou durâmen: parte constituída por células não ativas provenientes da sobreposição do alburno, que é recoberto por novas camadas conforme ocorre o crescimento da árvore. Sua coloração é mais escura e é onde se encontra a maior resistência para retirada de peças;

d) Medula: parte inicial do crescimento das árvores, dotada de material mole e baixa resistência.

Acerca do supracitado, pode se observar tais partes na FIG. 7:

Figura 7 - Anatomia da madeira



Fonte: Adaptado de TCLMOUROES, 2017.

É possível indicar que as árvores provedoras de madeiras rígidas possuem uma desvantagem direta, expressa por seu crescimento demorado em relação às que proporcionam a madeira flexível, tornando o seu reflorestamento em curto prazo normalmente inviável e dispendioso. No entanto, sua aplicação em quesito estrutural demonstra resultados mais satisfatórios com relação a algumas espécies e, devido ao seu crescimento se dar prioritariamente na direção radial é possível se obter peças com diâmetros maiores.

#### 4.5.1.2 Espécies aplicáveis

A madeira de Pinus é muito utilizada para a construção em *wood frame*, pois possui características que favorecem seu beneficiamento, inclusive a capacidade de absorver tratamentos preservantes, além de ser uma conífera de baixa massa total, que difere de outras espécies nativas (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010).

Outras espécies são aplicáveis em menor escala, como é o caso do eucalipto, que, de acordo com Coinaski e Siqueira (2016), apesar de possuir uma boa resistência e durabilidade natural, não possui uma boa eficiência em questão de autoclave, além de possuir um desenvolvimento lento.

Apesar de possuírem propriedades satisfatórias, as espécies mais utilizadas não são nativamente brasileiras, o que faz com que suas propriedades possam sofrer com as variações

climáticas locais. Dentre os testes realizados, os mais difíceis de atender, segundo alguns autores identificaram, são normalmente os relacionados à retração e inchamento de peças e painéis, devido às variações de umidade (MENDES et al., 2002).

No entanto, Macedo et al. (2015) obteve valores regularmente satisfatórios ao produzir painéis com as espécies pinus e eucalipto, através da adição de “embalagens de película de polipropileno bi orientado (BOPP) e resina poliuretana à base de óleo de mamona”.

Estudos mais recentes buscam encontrar outras espécies que atendam os requisitos mínimos de resistência, além de ofertar melhor desempenho na presença de variações climáticas. Dentre as espécies nativas mais viáveis temos o Paricá (*Schizolobium amazonicum*), que além de ser uma conífera de rápido crescimento, ainda pode ser considerada uma espécie de grande porte, conferida em estado adulto de até 20 a 30 metros de altura. Já com relação ao seu uso atual, o Paricá possui uma fundamental aplicação, dentre as madeiras brasileiras, no setor de produção de painéis compensados (TEREZO, 2010).

#### **4.5.2 *Oriented strand board (OSB)***

O OSB trata-se de um material derivado da madeira, formado através de processos totalmente industriais. De acordo com Kruse, Dai e Pielasch (2000, p. 270), “*Oriented strand board* (OSB) é um painel de madeira bem estabilizado. [...] É mais bem conhecido que a maioria dos painéis baseados em madeira e mais forte com relação ao seu peso específico” (tradução nossa).

Em suma, o OSB é uma chapa com partículas de madeira direcionadas e aglomeradas com resinas resistentes a água sob alta pressão e calor (MALONEY, 1996, apud MENDES, 2001).

Os painéis são compostos de camadas exteriores e uma interior. Segundo Janssens (1998, apud MENDES, 2001), nas camadas externas a orientação das partículas deve ser alinhada de maneira paralela ao sentido de formação da placa, enquanto na camada interna as partículas podem estar em sentido perpendicular ao adotado nas externas ou dispostas aleatoriamente.

Segundo Hrázský e Král (2003), pode ser referida como quesito na opção pela matéria-prima, determinada para a criação de placas de madeira industrializada, as propriedades de peso específico da peça, conformação dimensional, PH ácido, etc. Ainda de acordo aos autores, a relação entre massa e volume, determinada como o peso específico, possui maior importância uma vez que influi na capacidade de resistência, onde madeiras de

baixo teor de densidade possibilitam razões de compactação mais elevadas, o que melhora o contato das partículas do material e sua aderência.

Mendes et al. (2002, p.135) infere sobre o OSB que:

Dependendo do grau de compactação, suas propriedades mecânicas assemelham-se às da madeira maciça. Esse produto vem ganhando mercado dos compensados estruturais, em consequência (sic) do seu menor custo de produção. Consiste num produto de destacado crescimento no rol de produtos reconstituídos (sic).

Uma boa variedade de espessuras com relação a placas de OSB pode ser encontrada no mercado. Cada modelo possui uma aplicação mais específica, visando garantir segurança e estabilidade ao projeto. O QUADRO 1 a seguir destaca os modelos mais comuns e suas aplicações conforme a capacidade estrutural de cada um:

Quadro 1- Dimensões para painéis em OSB.

Espessura (mm)	Dimensão (m)	Peso por placa (kg)	Aplicação
9,5	1,20 x 2,40	17,5	Paredes e telhados com perfis espaçados, a no máximo, 40 cm
9,5	1,20 x 3,00	21,9	Paredes e telhados com perfis espaçados, a no máximo, 40 cm
11,1	1,20 x 2,40	20,4	Paredes e telhados com perfis espaçados, a no máximo, 60 cm
11,1	1,20 x 3,00	25,6	Paredes e telhados com perfis espaçados, a no máximo, 60 cm
15,1	1,20 x 2,40	27,8	Paredes com perfis espaçados, a no máximo, 60 cm. Telhados espaçados a, no máximo, 80 cm. Pisos e lajes secas com perfis espaçados a, no máximo, 40 cm.
18,3*	1,20 x 2,40	33,7	Pisos e lajes secas com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm. *Possui a opção de bordas com encaixe macho-fêmea para aplicação em lajes secas e mezaninos.

Fonte: Adaptado de LP Building Products, [2014?].

Ainda sobre a produção de painéis OSB, Mendes et al. (2002) esclarece que a espécie florestal que será usada para a formação do painel é de extrema importância, uma vez que todas variáveis dependem dela, fazendo com que o resultado final varie totalmente, principalmente sobre o quão compacta ela será. Outro fato importante é a quantidade de resina utilizada para a produção, que varia conforme a necessidade de cada espécie.

### 4.5.3 Preenchimentos isolantes

Um dos principais diferenciais do *wood frame* é o uso de isolantes termo acústicos. Estes possibilitam tanto o preenchimento de vazios dentre pilares e chapas de OSB, quanto à climatização mais agradável ao ambiente em que são utilizados, trazendo um conforto ainda maior.

O Documento de Avaliação Técnica (DATEC) 003 indica os seguintes parâmetros para definição e aplicação de isolantes térmicos: “placas de lã de rocha ou lã de vidro, ou outro material, cuja condutividade térmica seja menor que  $0,06\text{W/m}^\circ\text{C}$  (condutividade térmica máxima de um material considerado isolante), resistência térmica  $\geq 0,5\text{m}^2\text{K/W}$  e que não afetem a segurança ao fogo” (BRASIL, 2016, p. 3).

Quanto ao isolamento acústico, o DATEC 003 também define o material aplicável como “placas de lã de rocha ou lã de vidro e fibras cerâmicas, que não afetem os demais critérios de desempenho como segurança ao fogo, estanqueidade e vida útil” (BRASIL, 2016, p. 3).

Naturalmente, o uso de materiais que já contemplem ambos os casos é preferível, uma vez que traz efeitos mais agradáveis ao acabamento e desempenho finais.

A FIG. 8 e a FIG. 9 demonstram exemplos de isolantes utilizáveis:

Figura 8 - Lã de vidro



Fonte: A loja do gesso, 2018.

Figura 9 - Lã de pet



Fonte: Santos madeiras, 2018.

### 4.5.4 Membranas hidrófugas

As membranas são materiais plásticos capazes de barrar a infiltração de água, poeira e vento, permitindo somente a passagem de vapor d'água formado no interior da estrutura para o exterior da construção (LEITE; LAHR, 2015). A representação da membrana é dada pela

FIG. 10, onde ela já aparece fixada sobre as placas de OSB:

Figura 10 - Membrana hidrófuga sobre o OSB



Fonte: LP Building Products, [2014?].

Sua aplicação se faz necessária devido à fragilidade dos componentes do sistema à exposição direta a intempéries, que podem causar danos na estrutura e comprometer o uso em geral. Quanto ao seu posicionamento na estrutura, Espindola e Ino (2014) inferem que ela é afixada ao painel OSB externo da parede com o auxílio de grampos e sobreposto diretamente por placas cimentícias para vedação final.

#### 4.5.5 Gesso acartonado

O gesso é um material versátil de aplicação voltada para a vedação e fechamento de ambientes, bem como para acabamentos em tetos. Sua utilização para a divisão de ambientes se tornou muito utilizada devido a métodos como o *drywall*, *steel frame* e *wood frame*, onde sua aplicação tem um papel fundamental para o desempenho dos sistemas considerados leves.

O gesso acartonado é formado por placas de gesso comuns, que são posteriormente revestidas com um papel especial do tipo *kraft* em cada superfície. Ainda existem alguns modelos específicos de placas acartonadas, onde ocorre uma aditivação com elementos químicos, visando conferir resistência à umidade, com relação a danos na estrutura, como também capacidade retardante em caso de chamas (LOSSO; VIVEIROS, 2004).

Segundo Meirelles et al. (2012), no sistema *wood frame* o uso do gesso acartonado se dá para o revestimento interno das paredes, posicionado diretamente sobre os painéis de OSB, possuindo, além do fator estético, uma capacidade de retardar a propagação de chamas, bem como auxiliar nos isolamentos térmico e acústico.

#### **4.5.6 Placas cimentícias**

Zatt (2010) refere-se à placa cimentícia como uma estrutura em forma de chapa estreita, constituída de cimento *Portland* como insumo predominante, usada para o fechamento de área molháveis, visando combater o acesso de água a materiais como o gesso acartonado, o que pode ser prejudicial a sua integridade. Sua matriz era baseada em concreto composto por amianto, o que foi proibido devido aos riscos que a produção dessa fibra oferece, sendo trocada por fibras de vidro e fibras sintéticas.

Além de garantir estanqueidade em ambientes molhados e molháveis, a utilização externa destas placas traz consigo também algumas vantagens. Uma vantagem apresentada por Souza et al. (2003) é a capacidade de dificultar a troca de calor entre os ambientes externo e interno. De forma geral, os resultados apresentados indicaram que a capacidade isolante, para paredes externas, assemelhou-se à de uma alvenaria com 25 cm acabada, ou seja, 2,5 cm de acabamento em ambas as faces e blocos com 20 cm.

### **4.6 Componentes estruturais**

O *wood frame* pode ser dividido em dois principais componentes estruturais: verticais e horizontais. Além destes podemos citar também a fundação; um elemento necessário para a execução, mesmo que não executada pelos mesmos materiais. Essa divisão possibilita entender melhor o funcionamento estrutural e a concepção projetual do sistema.

#### **4.6.1 Painéis verticais**

Com relação ao sentido vertical, temos que este consiste em membros estruturais leves, pouco espaçados entre si que podem se estender desde a fundação até ao telhado (*balloon frame*), ou do chão até ao topo do pavimento (*platform frame*) (*RESIDENTIAL STRUCTURAL DESIGN GUIDE* (RSDG), 2000).

A composição definida acima, segundo Molina e Calil Junior (2010), pode ainda ser explicada como “montantes verticais de madeira, dispostos em consonância com painéis de OSB.”.

O QUADRO 2 mostra o dimensionamento de pilares para *wood frame*:

Quadro 2 - Dimensionamento dos pilares

Tipo de parede	Estruturas sustentadas (inclusas as cargas permanentes)	Dimensões mínimas dos pilares de madeira (mm x mm)	Espaçamento máximo entre pilares (cm)	Altura máxima suportada (m)	
Interior	Sótão não acessível por escada	38 x 89	60	3,60	
	Sótão não acessível por escada e um andar	38 x 89	60	3,60	
	Sótão não acessível por escada e dois andares	38 x 89	40	3,60	
	Sótão acessível por escada	38 x 89	60	3,60	
	Sótão acessível por escada e um andar	38 x 89	40	3,60	
	Sótão acessível por escada e dois andares	38 x 89	30	3,60	
	Sótão acessível por escada e três andares	38 x 140	30	4,20	
	Telhado e um andar	38 x 89	40	3,60	
	Telhado e dois andares		64 x 89	40	4,20
			38 x 140	40	4,20
Telhado e três andares	38 x 140	30	4,20		
Exterior	Telhado com ou sem sótão	38 x 89	60	3,00	
	Telhado com ou sem sótão e um andar	38 x 89	40	3,00	
		38 x 140	60	3,00	
	Telhado com ou sem sótão e dois andares	38 x 89	30	3,00	
		64 x 89	40	3,00	
	38 x 140	40	3,60		
Telhado com ou sem sótão e três andares	38 x 140	30	1,80		

Fonte: Adaptado de Canada Wall Guide, 2018.

Devido à carência de normas específicas, a execução da metodologia apoia-se, em boa parte, nos guias construtivos dos Estados Unidos e Canadá. Os dados propostos acima remetem ao mínimo para o dimensionamento dos pilares que farão o papel estrutural do sistema vertical. A prática destas informações se torna possível, pois “as estruturas em *wood frame* apresentam redundância e hiperestaticidade” (LIGHT..., 2008).

O agrupamento destes montantes, ou pilares, com as placas de OSB gera uma estrutura com boa capacidade portante, capaz de resistir a esforços tanto paralelos quanto perpendiculares ao seu plano. As solicitações recebidas são simplificadas e distribuídas para os pisos que estão acima e abaixo da parede, equilibrando novamente o sistema (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; VASQUES, 2014).

A FIG. 11 mostra um exemplo de um elemento vertical e seus principais componentes:

Figura 11 - Painel vertical



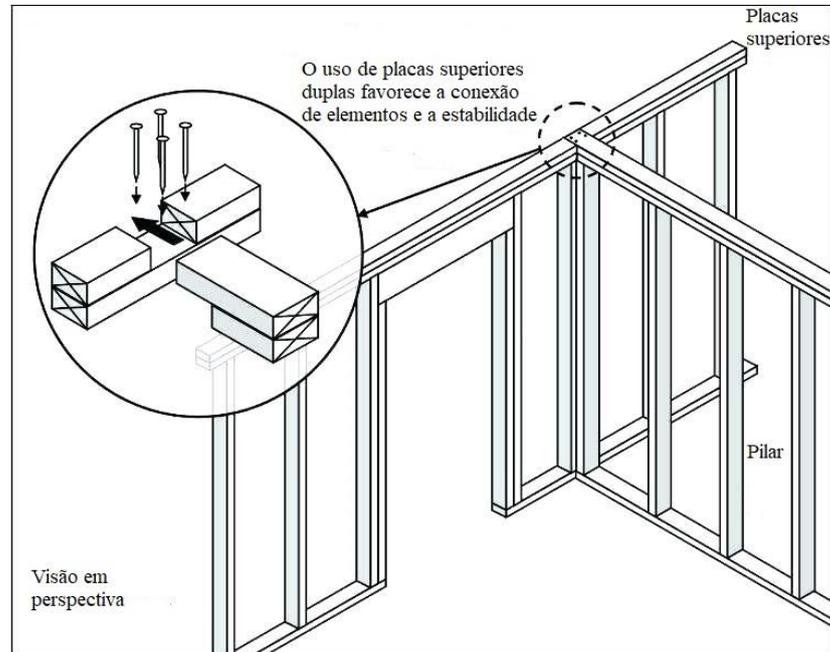
Fonte: Construção mercado, 2013.

É possível observar que o uso de placas em OSB é realizado tanto internamente, quanto externamente, concedendo uma maior capacidade portante com relação ao contraventamento desta estrutura. Essa atribuição é de grande valia, pois por ser uma construção considerada leve, as cargas de vento podem causar danos ao sistema se não combatidos.

É importante frisar que além de cada painel possuir sua própria capacidade de sustentação, eles devem estar unidos de forma que exista uma interação de cargas entre eles, conferindo uma comunicação uniforme entre as estruturas de sustentação. Essa comunicação garante que haja uma transferência de cargas de maneira uniforme, evitando sobrecargas desnecessárias ao sistema, o que pode causar o comprometimento da estrutura como um todo.

Para atingir tal necessidade em relação aos painéis verticais, existem alguns métodos de conexão, como o indicado na FIG. 12:

Figura 12 - Interligação em “T” entre painéis verticais.



Fonte: Adaptado de Ecocasa, [201-].

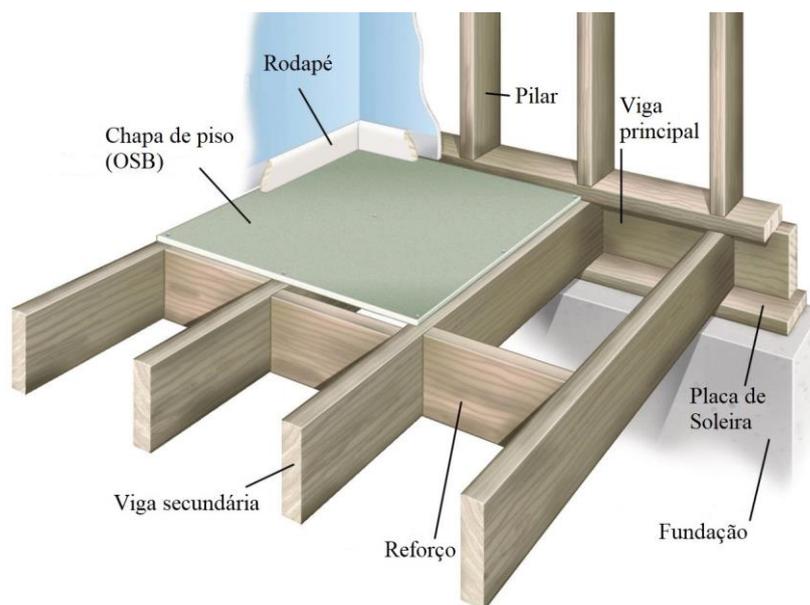
#### 4.6.2 Painéis horizontais

Neste sentido temos algumas diferenças com relação ao anterior quanto aos tipos de peças utilizadas. A estruturação neste sentido busca distribuir a cargas próprias e acidentais através de seus elementos até a base ou sistema vertical subsequente. Dentre os constituintes destes painéis, temos segundo *Canadian Wood Frame House Construction (CWFHC)* (2013) os seguintes elementos:

- a) Soleiras;
- b) Reforços perpendiculares ou travamentos;
- c) Vigas principais;
- d) Vigas secundárias;
- e) Placas de OSB;

Para uma melhor identificação destes elementos, a FIG. 13 mostra o posicionamento de cada peça dentro do sistema horizontal:

Figura 13 - Representação de elementos horizontais



Fonte: Adaptado de Andrewmarkveety, [201-].

Para o pré-dimensionamento das vigas, temos alguns quadros disponibilizados pelo WFCM (2018), colocada para consulta no Anexo A. Este dimensionamento prévio deve seguir também os critérios dispostos na NBR 7190 (1997), bem como as demais normas internacionais para madeiras, visando obter melhor desempenho.

#### 4.6.3 Conectores e ligações

Assim como os demais métodos construtivos, a coesão entre elementos no *wood frame* é de grande importância para o seu funcionamento adequado. De acordo com o RSDG (2000, cap. 7, p. 1), temos que os objetivos dos conectores são:

- a) Transferir as cargas resistidas pelos membros estruturais e sistemas até outras partes da estrutura para formar uma rota de carregamento contínuo;
- b) Para sustentar componentes não estruturais e equipamentos na construção, e;
- c) Fixar peças no lugar durante a construção para resistirem a cargas temporárias durante a instalação (ex., acabamentos, revestimentos, etc.); (tradução nossa).

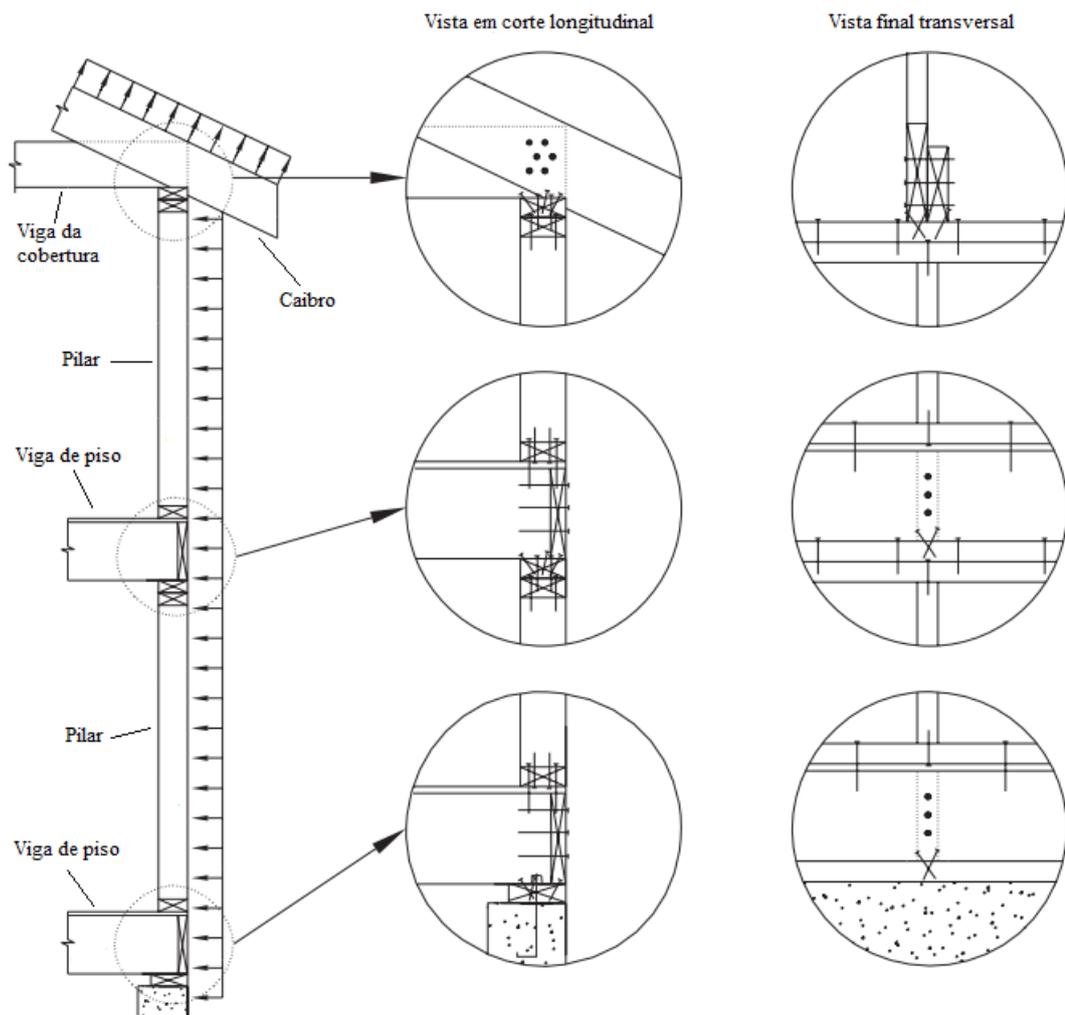
Com base nesta proposição, existem alguns modelos de conectores e ligações que são utilizados para conferir resistência ao resultado final da obra. De acordo ainda com o RSDG (2000), dentre estes, podem ser listados os seguintes:

- a) Pregos ou grampos;
- b) Parafusos simples;
- c) Parafusos autobrocantes;
- d) Conexões especiais;

O uso adequado de conectores é um fator indispensável para a estruturação em madeira. Para tal, o seu posicionamento deve seguir algumas recomendações dadas por manuais apropriados, aliados às normas cabíveis.

A FIG. 14 mostra o posicionamento de pregos na união de elementos horizontais e verticais, no exemplo pilares e vigas de dois pavimentos:

Figura 14 - Detalhamento do posicionamento de pregos.

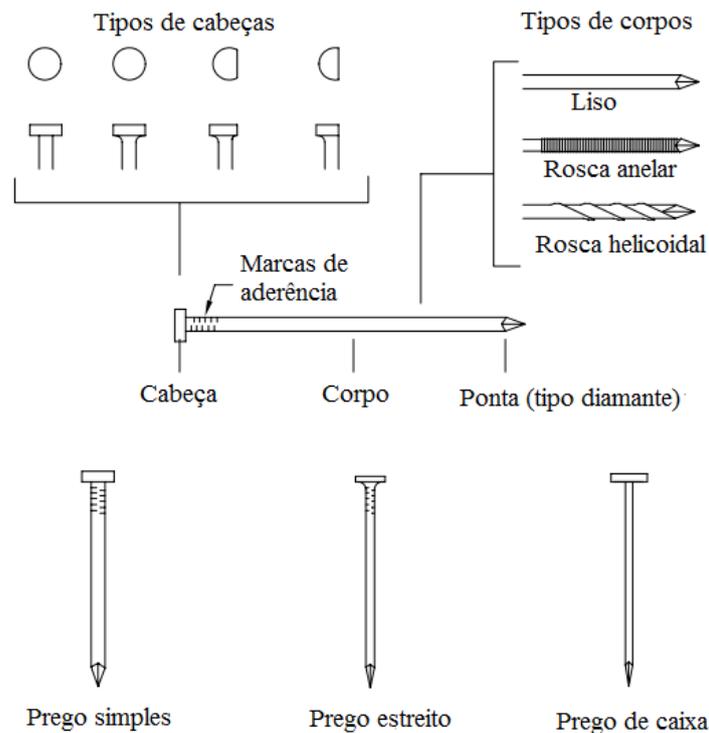


Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

Conhecer os tipos de conectores possibilita entender melhor o seu funcionamento, bem como são aplicáveis dentro da metodologia em *wood frame*. Com relação a ligações mais

simples, onde o contato é feito diretamente entre as peças de madeira temos o uso de pregos, que unem entre si os elementos, garantindo sua coesão. A FIG. 15 exemplifica os tipos mais utilizados.

Figura 15 - Tipos de pregos utilizados no *wood frame*



Fonte: Adaptado de *Residential Sctructural Design Guide*, 2000.

#### 4.6.4 Fundação

Com relação à fundação para o sistema *wood frame*, Martins e Batista (2017, p. 172) afirmam que “a estrutura deste sistema é muito leve, portanto a fundação utilizada é rasa, podendo utilizar sapata corrida e radier”.

Esse conceito citado é bem utilizado no Brasil, não devendo, no entanto, deixar de lado a análise do solo, onde será implantado o sistema, em busca de suas capacidades portantes (VASQUES, 2014).

Outro modelo recorrente em países onde os climas atingem grandes baixas é o *basement wall*, que consiste em uma estrutura sob a construção com uma altura de, ao menos, 60 centímetros subterrâneos. Sua função é equilibrar a temperatura dos ambientes, pois ao nível inferior à superfície não há incidência de congelamento (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010).

#### 4.7 Instalações prediais

Segundo Balen, Pansera e Zanardo (2016) e Molina e Calil Junior (2010), os sistemas prediais de hidráulica e elétrica são normalmente instalados na construção, assim como no formato construtivo convencional. No entanto, o posicionamento destas estruturas é feito entre os membros estruturais, nos espaços deixados por eles, tornando as manutenções eventuais ainda mais simples, uma vez que o acesso aos mesmos é mais prático.

Alguns cuidados devem ser tomados no posicionamento destes sistemas, pois para tal são necessários alguns entalhes e furos em peças estruturais, o que, se não realizado de forma adequada, pode comprometer o funcionamento destas. Para mais detalhes quanto às dimensões aceitáveis para os furos e entalhes a FIG. 17 (detalhes em pilares) e FIG. 18 (detalhes em vigas) foram inclusas nos Anexos B e C respectivamente.

A localização dos sistemas hidráulico e elétrico pode variar de acordo com o projeto, ficando a ser definida a posição de instalação mais adequada na obra. A FIG. 16 ilustra uma possível solução para estes sistemas:

Figura 16 - Instalações elétrica e hidráulica no *wood frame*



Fonte: Tecverde, 2016.

## 5 METODOLOGIA

A construção em madeira leve enfrenta ainda alguns obstáculos para sua popularização como um método aceitável para as residências e edificações em geral. Para que isso mude, algumas mudanças devem ocorrer para que a sua viabilidade se torne uma alavanca para um uso mais aprofundado da tecnologia.

A presente revisão tem como foco a apresentação de detalhes regionais e/ou federais que visem adequar à metodologia no âmbito construtivo, tornando problemas, antes insolúveis, em novas soluções. Para tal, fatores como a real capacidade portante de peças em madeira, bem como suas possibilidades estéticas, necessitam ser bem evidenciados para se obter resultados positivos.

Para o levantamento de dados e resultados foram consultados documentos internacionais e nacionais, como artigos, normas, manuais e etc., além da análise de todas as informações, buscando sintetizar da melhor forma o conteúdo apresentado.

A obtenção e validação de alguns documentos foram possíveis apenas devido ao acompanhamento do desenvolvimento do texto base apresentado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para a regulamentação de construções em *wood frame* no país.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de madeiras para a estruturação de casas e pequenos edifícios tem um grande potencial, visando principalmente à capacidade portante em relação ao menor desperdício de matéria prima. No caso da execução da construção em *wood frame*, temos o aproveitamento consideravelmente global das toras, uma vez que os montantes verticais e horizontais são extraídos diretamente de peças serradas com menor índice de defeitos, melhor estruturação e maior seção, enquanto os painéis OSB possuem um aproveitamento de peças de menor qualidade e alto índice de tortuosidades e nós.

As construções em madeira trazem um novo conceito ao setor construtivo. A concepção de se construir um ambiente com material renovável, em menor tempo e reduzindo o desperdício é ainda um desafio ao setor da construção, com relação principalmente às técnicas convencionais. Já com a madeira, a modulação das peças é um fato que aumenta significativamente a produtividade, otimizando os processos construtivos executados na obra e trazendo a possibilidade do redirecionamento de prazos para outros serviços ou mesmo a compensação de fatores negativos, como a incidência de períodos chuvosos.

Apesar da viabilidade, as edificações em madeira leve sofrem ainda uma grande rejeição pelo desconhecimento de sua real capacidade e pelo conceito de fragilidade apresentado pela estrutura com relação ao ataque de organismos xilófagos, que consomem partes da madeira, causando danos ao seu funcionamento estrutural. Este fato pode ser contornado através da utilização de tratamentos específicos, como o uso de “arseniato de cobre cromatado (CCA), borato de cobre cromatado (CCB), cromato de cobre ácido (ACC) e o arseniato de cobre amoniacal (ACA)” (FERRO, 2013, p. 29).

Estes tratamentos são considerados hidrossolúveis, ou seja, são empregados com a presença de água, possuindo melhores resultados preservativos no geral, pois seu contato com a madeira é realizado não somente de forma superficial, mas também age internamente a partir de sua absorção.

O problema tem sido a disputa de matéria prima com os demais setores, como é o caso de carvoarias, movelarias e também a produção de celulose. A Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) indica que para as árvores provenientes de replantio das espécies pinus e eucaliptos houve uma demanda extrativa nacional de 35,2% para a produção de celulose, 7,1% para confecção de painéis de madeira industrializada (ex. OSB), 16,4% para extração de peças de madeira serrada, 2,7% para compensados e 38,7% para a produção de carvão vegetal.

Com isso, a exploração de espécies nativas brasileiras tem crescido no interesse do mercado mobiliário. Uma ascensão que explora as madeiras originárias do país como uma alternativa para a fabricação de móveis através de compensados. No entanto, este interesse toma também dimensões no mercado construtivo, com a implantação da metodologia *wood frame* no Brasil.

O principal fator da exploração destas espécies, além da substituição do pinus e eucalipto, que já possuem grande demanda, é simples: sua adaptação ao clima e solos brasileiros, tornando mais viáveis as técnicas de reflorestamento, deixando então de se explorar regiões nativas em busca de matéria prima.

Dentre as diversas espécies amazônicas, tem-se o paricá (*Schizolobium amazonicum*), uma espécie que já tem sido fruto de diversos estudos, inclusive internacionais, para verificar a viabilidade do seu uso na produção de placas de OSB para fechamentos para paredes, tanto internas quanto externas.

Em suas conclusões, Almeida et al. (2013) indicam que o paricá é uma madeira conífera com resistência variável, tendenciada à classe C20 de resistência, que possui naturalmente uma menor quantidade de defeitos, igualando ou superando madeiras como o pinus (*Pinus taeda*).

Ferro et al. (2015) analisaram a utilização do paricá na formação de painéis OSB, obtendo resultados positivos através do uso de resina à base de óleo de mamona; o coeficiente de inchamento em espessura das placas teve uma média de 18 a 22%, abaixo dos 25% determinados pela norma EN300: 2006, superando resultados como o de Iwakiri et al. (2009), cerca de 31,65% para painéis de *Pinus taeda* com resina à base de fenol-formaldeído e igualando a Surdi (2012), com média também de 22% para inchamento em espessura.

## **6.1 Normatização do *wood frame***

Quanto à criação de normas que contemplem a metodologia, temos em andamento o texto base número 002:126.011-001, que prevê fatores mínimos para a execução de projetos em *wood frame*, em conjunto com as diretrizes técnicas já em vigor, como a DATEC 020 e DATEC 003.

A nova norma tem previsão de discussões em pauta ainda até o final de 2018, podendo se estender pelo início do ano de 2019. Sua base contemplará fatores como a análise de fatores como o entorno da edificação, quanto ao uso de calçamentos que previnam a percolação de água no solo próximo à edificação, bem como telhados que se estendam além

dos limites da construção, garantindo mais estanqueidade às paredes. O foco inicial é também a normatização de casas que possuam até 02 pavimentos, contemplando totalmente os programas de inclusão social, como o minha casa, minha vida, os quais já possuem empreendimentos executados e em curso de execução.

Outro fator também apresentado é a não definição quanto ao grau de industrialização, bem como a não especificação de alguns materiais aplicáveis, como é o caso de revestimentos e acabamentos no geral. Isso deixa a escolha de alguns parâmetros por conta do proprietário ou do projetista, respeitando, no entanto, as exigências mínimas para cada tipo de material, dispostas em normas específicas.

## 6.2 Vantagens x desvantagens

O uso da madeira em construções leves, assim como outros métodos construtivos, também traz uma série de vantagens e desvantagens para a sua execução. Analisar estes fatores e buscar um balanço positivo é necessário para que haja uma maior popularização da metodologia construtiva, visando incentivar sua propagação.

O QUADRO 3 mostra algumas destas vantagens e desvantagens encontradas ao longo do desenvolvimento da coleta de informações sobre o método:

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do *wood frame*

Vantagens	Desvantagens
Menor geração de resíduos	Necessita mão de obra especializada
Menor tempo de execução em obra (pré-industrialização)	Resistência de mercado (pré-conceito sobre os métodos industrializados)
Utilização de matéria prima renovável	Limitações construtivas
Estabilidade no preço da matéria prima	
Flexibilidade projetual	

Fonte: O autor (2018)

Alguns autores mostram como vantagem ainda o custo benefício adquirido através de levantamentos feitos pelos mesmos (MOLIN; MALANDRIN, 2017; SOUZA, 2012; VASQUES, 2014).

### 6.3 Proposição de aplicação da metodologia

Esse fator de utilização das madeiras provenientes de espécies como o paricá pode suprir alguns déficits quanto à disponibilidade de material para a utilização do *wood frame*, destinando novas fontes de matéria prima e causando um aumento significativo no interesse comercial desta forma construtiva.

A proposta de novos investimentos no reflorestamento traz benefícios também em áreas externas à construção civil, como as mudanças biológica e geográfica, causando o aumento da captação de CO<sub>2</sub> e a redução gradativa dos climas nas regiões agregadas. Isto torna ainda mais interessante à utilização do método construtivo em madeira, pois além dos benefícios externos, há também um menor consumo energético em sua produção com relação a outros materiais não naturais.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a estanqueidade e a capacidade de retenção térmica que a construção apresenta, tornando viável o seu uso em regiões que possuam um índice de chuva razoável e em climas de extremo calor ou frio. A eficácia deste sistema térmico é evidenciada pelos locais onde o *wood frame* possui ainda predominância, como o Canadá, Estados Unidos e mais recentemente no sul do Brasil, onde há registros de invernos mais rigorosos e verões também um pouco elevados.

As informações apresentadas neste tópico são de total responsabilidade e criação do autor, ficando então isentos de informações provindas de outros documentos.

## 7 CONCLUSÃO

A utilização de madeiras nativas, produzidas a partir do reflorestamento, tem um potencial muito grande na construção civil. Seja pelo fato de se adequarem positivamente ao nosso clima com relação ao seu plantio e crescimento, ou mesmo pela capacidade pós-extrativa de se alinhar positivamente às exigências, como à variação de umidade com relação ao ambiente.

Os empreendimentos que já contemplam o sistema em *wood frame* no Brasil se encontram em maior volume na região sul, evidenciando uma boa aceitação regional. No entanto, seu uso já apresenta sinais em outras localidades do país, como o sudeste, apesar de não se comparar numericamente. O maior obstáculo talvez seja o desconhecimento da capacidade que a madeira tem como material de construção, levando a um preconceito construtivo.

Com o atual desenvolvimento já em estado avançado de uma norma que regula e define os parâmetros necessários para a sua correta implantação, o *wood frame* pode se tornar um método bastante promissor, visto que já existem alguns empreendimentos neste sentido. Todo o trabalho e empenho envolvidos na criação da norma apresentam fatores positivos para o desenvolvimento da técnica no país. Os esforços direcionados na criação de seu texto base apontam resultados coesos, garantindo um bom esclarecimento em geral, bem como concebendo informações novas e/ou adaptadas de outros países.

## REFERÊNCIAS

A LOJA DO GESSO. **Lã de vidro**. Disponível em: <<http://www.alojadogesso.com.br/la-de-vidro/>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

ALMEIDA, D. H. de et al. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*schizolobium amazonicum* herb) em peças de dimensões estruturais. **Revista árvore**, Viçosa, v.37, n.6, p. 1175-1181, nov./dez. 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/488/48829909019/>>. Acesso em: 15 Set. 2018.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **Wood Frame Construction Manual: For One- and Two-Family Dwellings**. [S.l.], 2018.

ANDREWMARKVEETY.COM. **All about wood floor framing and construction diy basics of house**. Disponível em: <<http://andrewmarkveety.com/basics-of-house-construction/all-about-wood-floor-framing-and-construction-diy-basics-of-house-18.html>>. Acesso em: 30 Set. 2018.

BALEN, E. ; PANSERA, R. D.; ZANARDO, R. L. de P. Wood frame: Busca por sustentabilidade. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DAS CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 5., 2016, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: [s.n.], 2016. Disponível em: <[https://www.imed.edu.br/Uploads/5\\_SICS\\_paper\\_19.pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_19.pdf)>. Acesso em: 29 Mar. 2018.

BIBLIOTECA FLORESTAL. Pesquisa. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012**. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>>. Acesso em: 08 Out. 2018.

BRAMWELL, D. The Endemic Flora of the Canary Islands: Distribution, Relationships and Phytogeography. In: KUNKEL, G. **Biogeography and Ecology in the Canary Islands**. Dordrecht: Springer, 1976. v. 30, p. 207-240.

BRASIL. Ministério das cidades. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos**: Diretriz sinat nº003 - Revisão 2. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=8622c6d0-7d24-4995-83ab-d1d35b15ea22&ext=.pdf&cd=1405>>. Acesso em: 02 Set. 2018.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. Barueri, SP: Manole, 2010.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION. **Canadian wood-frame house construction**. [S.l]: CMHC, 2013. Disponível em: <<http://chbanl.ca/wp-content/uploads/CMHC-Canadian-Wood-Frame-House-Construction.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

CARDOSO, L. A. **Estudo do método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social**. 2015. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CARDOSO-L.-A.-Estudo-do->

me%CC%81todo-construtivo-wood-framing-para-construc%CC%A7o%CC%83es-de-HIS.pdf>. Acesso em: 08 Set. 2018.

CASTELAR, L. J. **Análise comparativa do impacto econômico e ambiental entre sistema construtivo convencional, sistema utilizando contêineres iso e sistema em madeira (light wood frame)**. 2017. 175 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/177295/TCC.LuanCastelar.Corrigido.Vers%C3%A3oFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 Set. 2018.

COINASKI, M. dos S.; SIQUEIRA, V. de A. **Wood frame: um estudo de atendimento às normas e à Cultura habitacional brasileira**. 2016. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7676>>. Acesso em: 23 Set. 2018.

CONSTANTINI LEGNO. **Tecnologia balloon frame – platform frame**. Disponível em: <<https://www.costantinilegno.it/chi-siamo/tecnologia-balloon-frame-platform-frame/>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.

ECOCASA.INFO. **Wood frame bearing wall – top plate T-connection**. Disponível em: <<http://ecocasa.info/wp-content/uploads/2018/08/wall-top-plate-wall-top-plate-wood-frame-bearing-wall-t-connection-stud-wall-top-plate-definition-wall-top-plate-knee-wall-double-top-plate.jpg>>. Acesso em: 01 Out. 2018.

ESPINDOLA, L. da R.; INO, A. Inserção e financiamento do sistema wood frame no programa habitacional Minha Casa Minha Vida. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: [s.n.], 2014. p. 1578-1587. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Akemi\\_Ino/publication/301433560\\_Insercao\\_e\\_financiamento\\_do\\_sistema\\_Wood\\_Frame\\_no\\_programa\\_habitacional\\_Minha\\_Casa\\_Minha\\_Vida/links/5975ccb8458515e26d0e35a1/Insercao-e-financiamento-do-sistema-Wood-Frame-no-programa-habitacional-Minha-Casa-Minha-Vida.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Akemi_Ino/publication/301433560_Insercao_e_financiamento_do_sistema_Wood_Frame_no_programa_habitacional_Minha_Casa_Minha_Vida/links/5975ccb8458515e26d0e35a1/Insercao-e-financiamento-do-sistema-Wood-Frame-no-programa-habitacional-Minha-Casa-Minha-Vida.pdf)>. Acesso em: 23 Abr. 2018.

\_\_\_\_\_. Diretrizes para a produção de componentes do sistema construtivo wood frame no Brasil visando à sustentabilidade. In: AGUIAR, B. et al. (Ed.). **Materiais de construção sustentáveis**. [S.l.]: Universidade do Minho, 2014. v. 2, cap. 4, p. 209-218. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/31159/1/1959-Volume%202.pdf#page=216>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

FERREIRA, R. MCMV de madeira: Conheça a tecnologia e os custos de construção do primeiro empreendimento em wood frame do programa Minha Casa, Minha Vida. **Construção mercado**, São Paulo, n. 146, set. 2013. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/146/artigo299692-3.aspx>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

FERRO, F. S. **Painéis OSB com madeira Schizolobium amazonicum e resina poliuretana à base de óleo de mamona: viabilidade técnica de produção**. 2013. 395 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-12042013-215053/pt-br.php>>.  
Acesso em: 08 Out. 2018.

FERRO, F. S. et al. Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) com *Schizolobium amazonicum* e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 313-320, jun. 2015. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Rocco\\_Lahr/publication/283535051\\_Production\\_of\\_Oriented\\_Strand\\_Board\\_OSB\\_with\\_Schizolobium\\_amazonicum\\_and\\_castor\\_oil\\_based\\_polyurethane\\_resin/links/565ccf3408ae4988a7bb85c7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Rocco_Lahr/publication/283535051_Production_of_Oriented_Strand_Board_OSB_with_Schizolobium_amazonicum_and_castor_oil_based_polyurethane_resin/links/565ccf3408ae4988a7bb85c7.pdf)>. Acesso em: 08 Out. 2018.

FLORA DA SERRA ARRABIDA. **Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*)**. Disponível em:  
<<http://floradaserradaarrabida.blogspot.com/2016/02/pinheiro-bravo-pinus-pinaster.html>>.  
Acesso em: 14 Abr. 2018.

HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. The influence of particle composition in a three-layer particleboard on its physical and mechanical properties. **Journal of Forest Science**, v. 49, n. 2, p. 83-93, 2003. Disponível em: <<https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/55711.pdf>>. Acesso em: 09 Abr. 2018.

IWAKIRI, S. et al. Influência da espessura de partículas e reforço laminar nas propriedades dos painéis de partículas orientadas osb de *pinus taeda* l. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 116-122, jan./mar. 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/744/74413015014/>>.  
Acesso em: 08 Out. 2018.

JANSSENS, D.P. The increasing recognition of oriented strandboard (OSB) as preferred structural panel. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY. 1., 1998. Anais... Belo Horizonte: SIF, 1998, p. 169-172 apud MENDES, Lourival Marin. **Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26744>>.  
Acesso em: 03 Abr. 2018.

KNOOW.NET. **Botânica**: Carvalho-Alvarinho. Disponível em:  
<<http://www.old.knoow.net/ciencterravida/botanica/carvalho-alvarinho.htm>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.

KRUSE, K.; DAI, C.; PIELASCH, A. An analysis of strand and horizontal density distributions in oriented strand board (OSB). In: HÜTTEMANN, K. J. **European Journal of Wood and Wood Products: Holz als Roh- und Werkstoff**. Verlag: Springer, 2000. v. 58, n. 4, p. 270-277. Disponível em:  
<<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs001070050424?LI=true>>. Acesso em: 03 Abr. 2018.

LEITE, J. C. P. S.; LAHR, F. A. R. Diretrizes básicas para projeto em Wood Frame. **Construindo**. [S.l.], v.7, n.2, jul./dez. 2015. Disponível em:  
<<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4017>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

LIGHT wood frame. **Téchne**. São Paulo, n. 140, nov. 2008. Disponível em:  
<<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/light-wood-frame-construcoes-com-estrutura-leve-de-madeira-287602-1.aspx>>. Acesso em: 19 Set. 2018.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. Gesso acartonado e isolamento acústico: Teoria versus prática no Brasil. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. 1., 2004. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2004. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Elvira\\_Viveiros/publication/267235487\\_GESSO\\_ACA\\_RTONADO\\_E\\_ISOLAMENTO\\_ACUSTICO\\_TEORIA\\_VERSUS\\_PRATICA\\_NO\\_BRASIL/links/5491af3a0cf23b7c974c1457.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elvira_Viveiros/publication/267235487_GESSO_ACA_RTONADO_E_ISOLAMENTO_ACUSTICO_TEORIA_VERSUS_PRATICA_NO_BRASIL/links/5491af3a0cf23b7c974c1457.pdf)>. Acesso em: 29 Set. 2018.

LP BUILDING PRODUCTS. **LP OSB home plus**. Disponível em:

<<https://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-osb-home-plus/>>. Acesso em: 02 Set. 2018.

MACEDO, L. B. de et al. Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 19, n. 7, p. 674-679, jan./jun. 2015. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Rocco\\_Lahr/publication/282255847\\_Physical\\_properties\\_of\\_wood\\_particleboard\\_produced\\_with\\_addition\\_of\\_bioriented\\_polypropylene\\_film/links/560d5ec608ae6cf68153ece6.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Rocco_Lahr/publication/282255847_Physical_properties_of_wood_particleboard_produced_with_addition_of_bioriented_polypropylene_film/links/560d5ec608ae6cf68153ece6.pdf)>. Acesso em: 23 Set. 2018.

MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. *Forest Products Journal*, Madison, v.46, n.2, p.19-26. 1996 apud MENDES, L. M. **Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001. Disponível em:

<<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26744>>. Acesso em: 03 Abr. 2018.

MARQUES, L. E. M. M. **O papel da madeira na sustentabilidade da construção**. 2008.

111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em:

<<https://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MIEC/MadeiraSustentabConstrucao.pdf>> Acesso em: 17 Mar. 2018.

MARTINS, D. S.; BATISTA, C. N. Abordagem da aplicabilidade de sistemas construtivos (light Steel frame, wood frame e alvenaria) na construção civil. In: Congresso de iniciação científica, 2017, Votuporanga. **Anais...** Votuporanga: UNIFEV, 2017. P. 172-173. Disponível em: <<http://periodicos.unifev.edu.br/index.php/unic/article/view/1316>>. Acesso em: 08 Set. 2018.

MEIRELLES, C. R. M. et al. O potencial sustentável dos sistemas leves na produção da habitação social. **Arqimed**, Passo Fundo, v.1, n.2, p. 164-173, jul./dez. 2012. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/issue/view/45>>. Acesso em: 01 Out. 2018.

MENDES, L. M. **Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**.

2001. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26744>>. Acesso em: 03 Abr. 2018.

MENDES, L. M. et al. Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB). **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 135-145, mar./set. 2002. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v12n2/1980-5098-cflo-12-02-00135.pdf>>. Acesso em: 09 Abr. 2018.

MOLIN, B. H. de C. D.; MALANDRIN, L. L. **Comparativo de custo entre os sistemas construtivos alvenaria convencional, light steel frame e wood frame para habitação popular**. 2017. 96p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7833>>. Acesso em: 10 Out. 2018.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em "*wood frame*" para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em: 17 Mar. 2018.

NAHB RESERCH CENTER INC. **Residential Structural Design Guide: A state-of-the-art review and application of engineering information for light-frame homes, apartments, and townhouses**. Upper Marlboro, 2000.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira: dimensionamento segundo a Norma Brasileira NBR 7190/97 e critérios das Normas Norte-americana NDS e Européia EUROCODE 5**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

PINTO, E. M. **Proteção contra incêndios para habitações em madeira**. 2001. 143p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente Construído)-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18131/tde-19052006-114716/en.php>>. Acesso em: 15 Set. 2018.

PORTAL METÁLICA. **Revestimento sidings**. Disponível em: <<http://wwwo.metallica.com.br/revestimento-siding>>. Acesso em: 01 Mai. 2018.

PRONTA entrega. **Téchne**, São Paulo, n. 151, out. 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/151/artigo285472-1.aspx>>. Acesso em: 23 Abr. 2018.

PURLIVE. **Platform frame**. Disponível em: <<https://www.purlive.cz/typologie-drevostaveb/>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.

SANTOS MADEIRAS. **Lã de pet para isolamento termo-acústico**. Disponível em: <<https://www.santosmadeiras.com.br/produto/la-de-pet-para-isolamento-termo-acustico/>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

SOUTO, L. G.; BUENO, L. da S.; SILVA, P. de D. e. Técnicas construtivas utilizando madeira e sua evolução histórica. **Ignis**, Caçador, v. 5, n. 2, p. 62-76. jul./dez. 2016. Disponível em: <<http://periodicos.uniarp.edu.br/ignis/article/view/1118>>. Acesso em: 03 Out. 2018.

SOUZA, H. A. de et al. Avaliação do desempenho térmico dos sistemas de fechamento pré-fabricados utilizados na construção estruturada em aço. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2003.p. 1236-1244.

Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/encac/files/2003/ENCAC03\\_1237\\_1244.pdf](http://www.infohab.org.br/encac/files/2003/ENCAC03_1237_1244.pdf)>. Acesso em: 02 Out. 2018.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e wood frame. **Especialize**, Florianópolis, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.bussinesstour.com.br/uploads/arquivos/80c5f1f09008d87d427f2c446ae349e7.pdf>>. Acesso em: 10 Out. 2018.

SURDI, P. G. **Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) a partir da madeira de um híbrido de pinus elliottii var. elliottii x pinus caribaea var. hodurensis**. 2012. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-10082012-101205/pt-br.php>>. Acesso em: 08 Out. 2018.

TCL MOURÕES. **Tamanho do cerne x tamanho do alburno**: entenda definitivamente. Disponível em: <<http://www.tclmourões.com.br/tamanho-do-cerne-x-tamanho-do-alburno-entenda-definitivamente/>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.

TECVERDE. Sistema construtivo. **Instalações elétricas e hidráulicas**. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/sistema-construtivo/instalacoes-eletricas-e-hidraulicas/>>. Acesso em: 02 Out. 2018.

TEREZO, R. F. **Avaliação tecnológica do paricá e seu uso em estruturas de madeira laminada colada**. 2010. 177p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94191>>. Acesso em: 29 Set. 2018.

VASQUES, C. C. P. C. F. Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. **Cognitio/pós-graduação unilins**, v. 1, n. 1, 2014. Disponível em: <<http://www.revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/view/193/188>>. Acesso em: 15 Set. 2018.

VAZ, S. M. **Avaliação técnica e econômica de casas pré-fabricadas em madeira maciça**. 2008. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60301/1/000129826.pdf>>. Acesso em: 14 Abr. 2018.

WEYERHAEUSER. **Canada Wall Guide**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://www.weyerhaeuser.com/application/files/4415/1873/1793/TJ-9503.pdf>>. Acesso em: 28 Ago. 2018.

ZATT, G. **Fechamento de paredes de vedação**: sistema light steel frame utilizando placas cimentícias. 2010. 70p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/28576>>. Acesso em: 29 Set. 2018.

ZENID, G. J. Madeira: uso sustentável na construção civil. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1-103, 2009. Disponível em:

<<http://www.estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/02/MADEIRA-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVI.pdf>>. Acesso em: 09 Abr. 2018.

## ANEXO A – Informações de dimensionamento (Vigas)

Quadro 4 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,436 kN/m<sup>2</sup> em sótãos habitáveis e quartos. (continua)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
30,48 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	4,799 x 10 <sup>3</sup>	5,998 x 10 <sup>3</sup>	2,845	3,759	4,801	5,842
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	5,192 x 10 <sup>3</sup>	6,488 x 10 <sup>3</sup>	2,972	3,912	5,004	6,071
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	5,571 x 10 <sup>3</sup>	6,957 x 10 <sup>3</sup>	3,073	4,064	5,182	6,299
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	5,936 x 10 <sup>3</sup>	7,419 x 10 <sup>3</sup>	3,175	4,191	5,334	6,502
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	6,288 x 10 <sup>3</sup>	7,860 x 10 <sup>3</sup>	3,277	4,318	5,486	6,680
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	6,633 x 10 <sup>3</sup>	8,288 x 10 <sup>3</sup>	3,353	4,420	5,639	6,858
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	6,971 x 10 <sup>3</sup>	8,708 x 10 <sup>3</sup>	3,429	4,547	5,791	7,036
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	7,295 x 10 <sup>3</sup>	9,122 x 10 <sup>3</sup>	3,531	4,648	5,918	7,188
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	7,619 x 10 <sup>3</sup>	9,522 x 10 <sup>3</sup>	3,607	4,750	6,045	7,366
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	7,929 x 10 <sup>3</sup>	9,915 x 10 <sup>3</sup>	3,658	4,826	6,172	7,518
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	8,239 x 10 <sup>3</sup>	1,030 x 10 <sup>4</sup>	3,734	4,928	6,299	7,645
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	8,543 x 10 <sup>3</sup>	1,068 x 10 <sup>4</sup>	3,810	5,029	6,401	7,798
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	8,839 x 10 <sup>3</sup>	1,105 x 10 <sup>4</sup>	3,886	5,105	6,528	7,925 **
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	9,129 x 10 <sup>3</sup>	1,141 x 10 <sup>4</sup>	3,937	5,182	6,629	7,925 **
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	9,418 x 10 <sup>3</sup>	1,178 x 10 <sup>4</sup>	3,988	5,283	6,731	7,925 **
	1,586 x 10 <sup>7</sup>	9,701 x 10 <sup>3</sup>	1,213 x 10 <sup>4</sup>	4,064	5,359	6,833	7,925 **
1,655 x 10 <sup>7</sup>	9,984 x 10 <sup>3</sup>	1,247 x 10 <sup>4</sup>	4,115	5,436	6,934	7,925 **	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 4 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,436 kN/m<sup>2</sup> em sótãos habitáveis e quartos. (continuação)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
40,64 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	5,281 x 10 <sup>3</sup>	6,598 x 10 <sup>3</sup>	2,591	3,429	4,369	5,309
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	5,716 x 10 <sup>3</sup>	7,143 x 10 <sup>3</sup>	2,692	3,556	4,547	5,512
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	6,129 x 10 <sup>3</sup>	7,660 x 10 <sup>3</sup>	2,794	3,683	4,700	5,715
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	6,529 x 10 <sup>3</sup>	8,163 x 10 <sup>3</sup>	2,896	3,810	4,851	5,893
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	6,922 x 10 <sup>3</sup>	8,653 x 10 <sup>3</sup>	2,972	3,912	5,004	6,071
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	7,302 x 10 <sup>3</sup>	9,122 x 10 <sup>3</sup>	3,048	4,013	5,131	6,248
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	7,667 x 10 <sup>3</sup>	9,584 x 10 <sup>3</sup>	3,124	4,115	5,258	6,401
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	8,032 x 10 <sup>3</sup>	1,004 x 10 <sup>4</sup>	3,200	4,216	5,385	6,553
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	8,384 x 10 <sup>3</sup>	1,048 x 10 <sup>4</sup>	3,277	4,318	5,486	6,680
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	8,729 x 10 <sup>3</sup>	1,091 x 10 <sup>4</sup>	3,327	4,394	5,613	6,833
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	9,067 x 10 <sup>3</sup>	1,134 x 10 <sup>4</sup>	3,404	4,470	5,715	6,960
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	9,398 x 10 <sup>3</sup>	1,175 x 10 <sup>4</sup>	3,454	4,572	5,817	7,087
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	9,729 x 10 <sup>3</sup>	1,216 x 10 <sup>4</sup>	3,531	4,648	5,918	7,188
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	1,005 x 10 <sup>4</sup>	1,256 x 10 <sup>4</sup>	3,581	4,724	6,020	7,315
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	1,036 x 10 <sup>4</sup>	1,296 x 10 <sup>4</sup>	3,632	4,801	6,121	7,442
1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,068 x 10 <sup>4</sup>	1,335 x 10 <sup>4</sup>	3,683	4,851	6,198	7,544	
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,098 x 10 <sup>4</sup>	1,373 x 10 <sup>4</sup>	3,734	4,928	6,299	7,645	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 4 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,436 kN/m<sup>2</sup> em sótãos habitáveis e quartos. (continuação)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
48,77 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	5,612 x 10 <sup>3</sup>	7,012 x 10 <sup>3</sup>	2,438	3,226	4,115	5,004
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	6,067 x 10 <sup>3</sup>	7,591 x 10 <sup>3</sup>	2,540	3,353	4,267	5,182
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	6,516 x 10 <sup>3</sup>	8,143 x 10 <sup>3</sup>	2,642	3,454	4,420	5,385
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	6,936 x 10 <sup>3</sup>	8,674 x 10 <sup>3</sup>	2,718	3,581	4,572	5,563
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	7,357 x 10 <sup>3</sup>	9,191 x 10 <sup>3</sup>	2,794	3,683	4,699	5,715
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	7,757 x 10 <sup>3</sup>	9,694 x 10 <sup>3</sup>	2,870	3,785	4,826	5,867
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	8,150 x 10 <sup>3</sup>	1,019 x 10 <sup>4</sup>	2,946	3,886	4,953	6,020
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	8,536 x 10 <sup>3</sup>	1,067 x 10 <sup>4</sup>	2,997	3,962	5,055	6,147
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	8,908 x 10 <sup>3</sup>	1,114 x 10 <sup>4</sup>	3,073	4,064	5,182	6,299
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	9,273 x 10 <sup>3</sup>	1,160 x 10 <sup>4</sup>	3,150	4,140	5,283	6,426
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	9,639 x 10 <sup>3</sup>	1,205 x 10 <sup>4</sup>	3,200	4,216	5,385	6,553
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	9,991 x 10 <sup>3</sup>	1,249 x 10 <sup>4</sup>	3,251	4,293	5,486	6,655
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	1,034 x 10 <sup>4</sup>	1,292 x 10 <sup>4</sup>	3,302	4,369	5,563	6,782
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	1,068 x 10 <sup>4</sup>	1,335 x 10 <sup>4</sup>	3,378	4,445	5,664	6,883
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	1,102 x 10 <sup>4</sup>	1,377 x 10 <sup>4</sup>	3,429	4,496	5,740	6,985
1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,135 x 10 <sup>4</sup>	1,418 x 10 <sup>4</sup>	3,480	4,572	5,842	7,087	
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,167 x 10 <sup>4</sup>	1,459 x 10 <sup>4</sup>	3,531	4,648	5,918	7,188	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 4 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,436 kN/m<sup>2</sup> em sótãos habitáveis e quartos. (conclusão)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
60,96 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	6,047 x 10 <sup>3</sup>	7,557 x 10 <sup>3</sup>	2,261	2,997	3,810	4,623
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	6,536 x 10 <sup>3</sup>	8,177 x 10 <sup>3</sup>	2,362	3,099	3,962	4,826
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	7,012 x 10 <sup>3</sup>	8,770 x 10 <sup>3</sup>	2,438	3,226	4,115	5,004
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	7,474 x 10 <sup>3</sup>	9,342 x 10 <sup>3</sup>	2,515	3,327	4,242	5,156
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	7,922 x 10 <sup>3</sup>	9,901 x 10 <sup>3</sup>	2,591	3,429	4,369	5,309
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	8,356 x 10 <sup>3</sup>	1,045 x 10 <sup>4</sup>	2,667	3,505	4,470	5,461
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	8,777 x 10 <sup>3</sup>	1,098 x 10 <sup>4</sup>	2,743	3,607	4,597	5,588
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	9,191 x 10 <sup>3</sup>	1,149 x 10 <sup>4</sup>	2,794	3,683	4,699	5,715
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	9,598 x 10 <sup>3</sup>	1,200 x 10 <sup>4</sup>	2,845	3,759	4,801	5,842
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	9,991 x 10 <sup>3</sup>	1,249 x 10 <sup>4</sup>	2,921	3,835	4,902	5,969
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	1,038 x 10 <sup>4</sup>	1,298 x 10 <sup>4</sup>	2,972	3,912	5,004	6,071
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	1,076 x 10 <sup>4</sup>	1,345 x 10 <sup>4</sup>	3,023	3,988	5,080	6,172
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	1,114 x 10 <sup>4</sup>	1,392 x 10 <sup>4</sup>	3,073	4,064	5,182	6,299
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	1,151 x 10 <sup>4</sup>	1,438 x 10 <sup>4</sup>	3,124	4,115	5,258	6,401
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	1,187 x 10 <sup>4</sup>	1,483 x 10 <sup>4</sup>	3,175	4,191	5,334	6,502
	1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,222 x 10 <sup>4</sup>	1,528 x 10 <sup>4</sup>	3,226	4,242	5,410	6,579
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,258 x 10 <sup>4</sup>	1,572 x 10 <sup>4</sup>	3,277	4,318	5,486	6,680	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 5 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,915 kN/m<sup>2</sup> em áreas de maior permanência (demais cômodos e áreas molhadas). (continua)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
30,48 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	4,950 x 10 <sup>3</sup>	5,943 x 10 <sup>3</sup>	2,591	3,429	4,369	5,309
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	5,357 x 10 <sup>3</sup>	6,426 x 10 <sup>3</sup>	2,692	3,556	4,547	5,512
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	5,743 x 10 <sup>3</sup>	6,895 x 10 <sup>3</sup>	2,794	3,683	4,699	5,715
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	6,123 x 10 <sup>3</sup>	7,350 x 10 <sup>3</sup>	2,896	3,810	4,851	5,893
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	6,488 x 10 <sup>3</sup>	7,784 x 10 <sup>3</sup>	2,972	3,912	5,004	6,071
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	6,847 x 10 <sup>3</sup>	8,212 x 10 <sup>3</sup>	3,048	4,013	5,131	6,248
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	7,191 x 10 <sup>3</sup>	8,625 x 10 <sup>3</sup>	3,124	4,115	5,258	6,401
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	7,529 x 10 <sup>3</sup>	9,032 x 10 <sup>3</sup>	3,200	4,216	5,385	6,553
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	7,860 x 10 <sup>3</sup>	9,432 x 10 <sup>3</sup>	3,277	4,318	5,486	6,680
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	8,184 x 10 <sup>3</sup>	9,818 x 10 <sup>3</sup>	3,327	4,394	5,613	6,833
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	8,501 x 10 <sup>3</sup>	1,020 x 10 <sup>4</sup>	3,404	4,470	5,715	6,960
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	8,812 x 10 <sup>3</sup>	1,058 x 10 <sup>4</sup>	3,454	4,572	5,817	7,087
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	9,122 x 10 <sup>3</sup>	1,094 x 10 <sup>4</sup>	3,531	4,648	5,918	7,188
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	9,418 x 10 <sup>3</sup>	1,131 x 10 <sup>4</sup>	3,581	4,724	6,020	7,315
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	9,722 x 10 <sup>3</sup>	1,166 x 10 <sup>4</sup>	3,632	4,801	6,121	7,442
	1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,001 x 10 <sup>4</sup>	1,201 x 10 <sup>4</sup>	3,683	4,851	6,198	7,544
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,030 x 10 <sup>4</sup>	1,236 x 10 <sup>4</sup>	3,734	4,928	6,299	7,645	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 5 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,915 kN/m<sup>2</sup> em áreas de maior permanência (demais cômodos e áreas molhadas). (continuação)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
40,64 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	5,447 x 10 <sup>3</sup>	6,536 x 10 <sup>3</sup>	2,362	3,099	3,962	4,826
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	5,895 x 10 <sup>3</sup>	7,074 x 10 <sup>3</sup>	2,438	3,226	4,115	5,004
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	6,322 x 10 <sup>3</sup>	7,591 x 10 <sup>3</sup>	2,540	3,353	4,267	5,182
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	6,736 x 10 <sup>3</sup>	8,088 x 10 <sup>3</sup>	2,616	3,454	4,420	5,359
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	7,143 x 10 <sup>3</sup>	8,570 x 10 <sup>3</sup>	2,692	3,556	4,547	5,512
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	7,529 x 10 <sup>3</sup>	9,039 x 10 <sup>3</sup>	2,769	3,658	4,648	5,664
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	7,915 x 10 <sup>3</sup>	9,494 x 10 <sup>3</sup>	2,845	3,734	4,775	5,817
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	8,288 x 10 <sup>3</sup>	9,942 x 10 <sup>3</sup>	2,896	3,835	4,877	5,944
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	8,653 x 10 <sup>3</sup>	1,038 x 10 <sup>4</sup>	2,972	3,912	5,004	6,071
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	9,005 x 10 <sup>3</sup>	1,081 x 10 <sup>4</sup>	3,023	3,988	5,105	6,198
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	9,356 x 10 <sup>3</sup>	1,123 x 10 <sup>4</sup>	3,099	4,064	5,182	6,325
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	9,701 x 10 <sup>3</sup>	1,164 x 10 <sup>4</sup>	3,150	4,140	5,283	6,426
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	1,004 x 10 <sup>4</sup>	1,205 x 10 <sup>4</sup>	3,200	4,216	5,385	6,553
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	1,037 x 10 <sup>4</sup>	1,245 x 10 <sup>4</sup>	3,251	4,293	5,461	6,655
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	1,069 x 10 <sup>4</sup>	1,284 x 10 <sup>4</sup>	3,302	4,343	5,563	6,756
	1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,102 x 10 <sup>4</sup>	1,322 x 10 <sup>4</sup>	3,353	4,420	5,639	6,858
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,134 x 10 <sup>4</sup>	1,360 x 10 <sup>4</sup>	3,404	4,470	5,715	6,960	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 5 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,915 kN/m<sup>2</sup> em áreas de maior permanência (demais cômodos e áreas molhadas). (continuação)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
48,77 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	5,792 x 10 <sup>3</sup>	6,950 x 10 <sup>3</sup>	2,210	2,921	3,734	4,547
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	6,260 x 10 <sup>3</sup>	7,515 x 10 <sup>3</sup>	2,311	3,048	3,886	4,724
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	6,722 x 10 <sup>3</sup>	8,067 x 10 <sup>3</sup>	2,388	3,150	4,013	4,877
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	7,164 x 10 <sup>3</sup>	8,591 x 10 <sup>3</sup>	2,464	3,251	4,140	5,055
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	7,591 x 10 <sup>3</sup>	9,108 x 10 <sup>3</sup>	2,540	3,353	4,267	5,182
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	8,005 x 10 <sup>3</sup>	9,604 x 10 <sup>3</sup>	2,616	3,429	4,394	5,334
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	8,412 x 10 <sup>3</sup>	1,009 x 10 <sup>4</sup>	2,667	3,531	4,496	5,461
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	8,805 x 10 <sup>3</sup>	1,057 x 10 <sup>4</sup>	2,743	3,607	4,597	5,588
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	9,191 x 10 <sup>3</sup>	1,103 x 10 <sup>4</sup>	2,794	3,683	4,699	5,715
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	9,570 x 10 <sup>3</sup>	1,149 x 10 <sup>4</sup>	2,845	3,759	4,801	5,842
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	9,942 x 10 <sup>3</sup>	1,193 x 10 <sup>4</sup>	2,896	3,835	4,877	5,944
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	1,031 x 10 <sup>4</sup>	1,237 x 10 <sup>4</sup>	2,946	3,912	4,978	6,045
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	1,067 x 10 <sup>4</sup>	1,280 x 10 <sup>4</sup>	2,997	3,962	5,055	6,147
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	1,102 x 10 <sup>4</sup>	1,322 x 10 <sup>4</sup>	3,048	4,039	5,156	6,248
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	1,137 x 10 <sup>4</sup>	1,364 x 10 <sup>4</sup>	3,099	4,089	5,232	6,350
	1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,171 x 10 <sup>4</sup>	1,405 x 10 <sup>4</sup>	3,150	4,166	5,309	6,452
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,205 x 10 <sup>4</sup>	1,445 x 10 <sup>4</sup>	3,200	4,216	5,385	6,553	

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

Quadro 5 - Comprimentos de vigas de piso para carga acidental de 1,915 kN/m<sup>2</sup> em áreas de maior permanência (demais cômodos e áreas molhadas). (conclusão)

	$\Delta L^* = L / 360$	Peso próprio		Seção transv. 5,08x15,24 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x20,32 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x25,40 (cm x cm)	Seção transv. 5,08x30,48 (cm x cm)
		0,479 kN/m <sup>2</sup>	0,958 kN/m <sup>2</sup>	Comprimento máximo das vigas (C)			
Espaçamento de vigas	E (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão de flexão (kN/m <sup>2</sup> )	C (m)	C (m)	C (m)	C (m)
60,96 cm	5,516 x 10 <sup>6</sup>	6,240 x 10 <sup>3</sup>	7,488 x 10 <sup>3</sup>	2,057	2,718	3,454	4,216
	6,205 x 10 <sup>6</sup>	6,750 x 10 <sup>3</sup>	8,094 x 10 <sup>3</sup>	2,134	2,819	3,607	4,369
	6,895 x 10 <sup>6</sup>	7,239 x 10 <sup>3</sup>	8,687 x 10 <sup>3</sup>	2,210	2,921	3,734	4,547
	7,584 x 10 <sup>6</sup>	7,715 x 10 <sup>3</sup>	9,253 x 10 <sup>3</sup>	2,286	3,023	3,861	4,674
	8,274 x 10 <sup>6</sup>	8,177 x 10 <sup>3</sup>	9,811 x 10 <sup>3</sup>	2,362	3,099	3,962	4,826
	8,963 x 10 <sup>6</sup>	8,625 x 10 <sup>3</sup>	1,035 x 10 <sup>4</sup>	2,413	3,200	4,064	4,953
	9,653 x 10 <sup>6</sup>	9,060 x 10 <sup>3</sup>	1,087 x 10 <sup>4</sup>	2,489	3,277	4,166	5,080
	1,034 x 10 <sup>7</sup>	9,487 x 10 <sup>3</sup>	1,138 x 10 <sup>4</sup>	2,540	3,3528	4,267	5,182
	1,103 x 10 <sup>7</sup>	9,901 x 10 <sup>3</sup>	1,188 x 10 <sup>4</sup>	2,591	3,429	4,369	5,309
	1,172 x 10 <sup>7</sup>	1,031 x 10 <sup>4</sup>	1,238 x 10 <sup>4</sup>	2,642	3,480	4,445	5,410
	1,241 x 10 <sup>7</sup>	1,071 x 10 <sup>4</sup>	1,285 x 10 <sup>4</sup>	2,692	3,556	4,547	5,512
	1,310 x 10 <sup>7</sup>	1,111 x 10 <sup>4</sup>	1,333 x 10 <sup>4</sup>	2,743	3,632	4,623	5,613
	1,379 x 10 <sup>7</sup>	1,149 x 10 <sup>4</sup>	1,379 x 10 <sup>4</sup>	2,794	3,683	4,699	5,715
	1,448 x 10 <sup>7</sup>	1,187 x 10 <sup>4</sup>	1,424 x 10 <sup>4</sup>	2,845	3,734	4,7752	5,817
	1,517 x 10 <sup>7</sup>	1,225 x 10 <sup>4</sup>	1,469 x 10 <sup>4</sup>	2,896	3,810	4,851	5,893
	1,586 x 10 <sup>7</sup>	1,261 x 10 <sup>4</sup>	1,513 x 10 <sup>4</sup>	2,921	3,861	4,928	5,994
1,655 x 10 <sup>7</sup>	1,298 x 10 <sup>4</sup>	1,557 x 10 <sup>4</sup>	2,972	3,912	5,004	6,071	

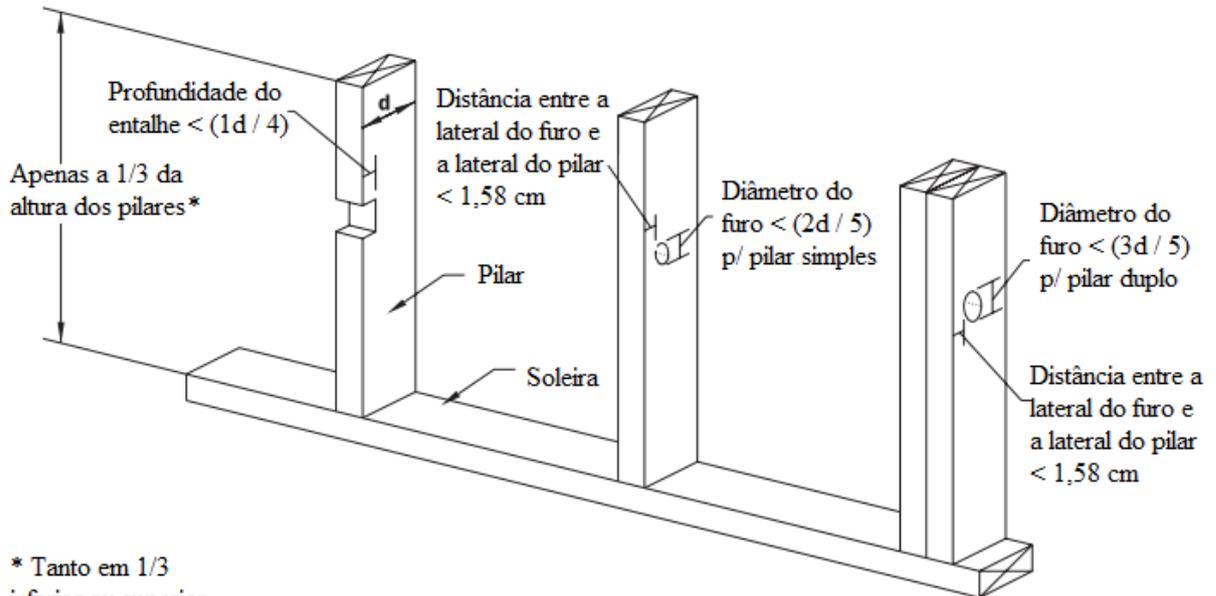
Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

\*Deformação longitudinal (cálculo pela flecha de conforto).

\*\*Valor máximo permitido.

## ANEXO B – Esquema de furos e entalhes em pilares

Figura 17 - Dimensões máximas para furos e entalhes em pilares

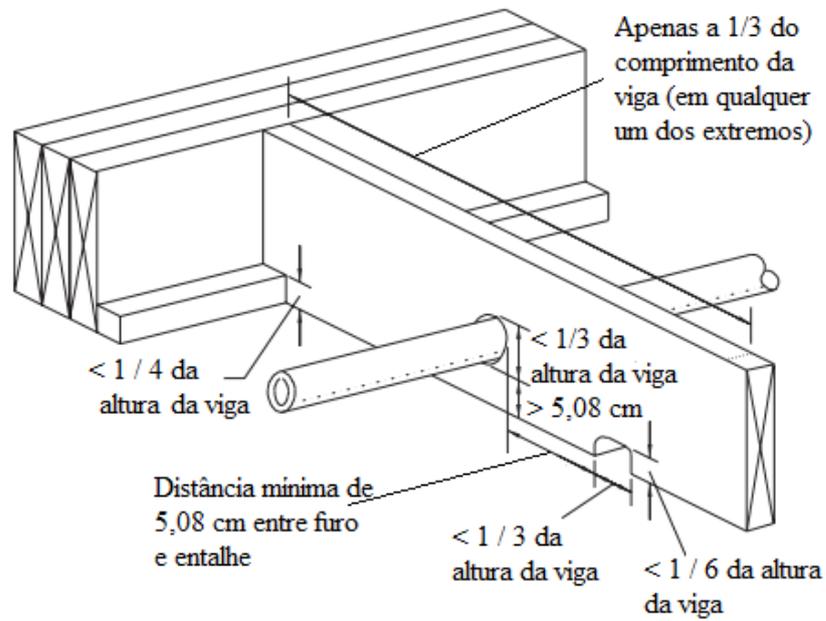


\* Tanto em 1/3 inferior ou superior

Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.

**ANEXO C - Esquema de furos e entalhes em vigas**

Figura 18 - Dimensões máximas para furos e entalhes em vigas



Fonte: Adaptado de *Wood Frame Construction Manual*, 2018.