

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CAMPUS FLORIANOPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA CIVIL

HERON DOMINGOS DE SOUSA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS DE PINUS COMERCIALIZADAS NA REGIÃO
DE FLORIANÓPOLIS PARA ESTRUTURA DO SISTEMA *WOOD FRAME***

FLORIANÓPOLIS

2020

HERON DOMINGOS DE SOUSA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS DE PINUS COMERCIALIZADAS NA REGIÃO
DE FLORIANÓPOLIS PARA ESTRUTURA DO SISTEMA *WOOD FRAME***

Trabalho Conclusão do Curso de Engenharia Civil
submetido ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos para a obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Gustavo Rodolfo Perius

Coorientadora: Prof.^a Dra. Luciana da Rosa
Espíndola

FLORIANÓPOLIS

2020

Ficha de identificação da obra

Pereira, Heron Domingos de Sousa
Caracterização de madeiras de pinus comercializadas
na região de Florianópolis para estrutura do sistema wood
frame / Heron Domingos de Sousa Pereira ; orientação
de Gustavo Rodolfo Perius; coorientação de Luciana
da Rosa Espíndola. - Florianópolis, SC, 2020.

60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Wood frame. 2. Pinus. 3. Propriedades físicas
e mecânicas. I. Perius, Gustavo Rodolfo. II. Espíndola,
Luciana da Rosa. III. Instituto Federal de Santa Catarina.
Departamento Acadêmico de Construção Civil.
IV. Título.

HERON DOMINGOS DE SOUSA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRAS DE PINUS COMERCIALIZADAS NA REGIÃO
DE FLORIANÓPOLIS PARA ESTRUTURA DO SISTEMA *WOOD FRAME***

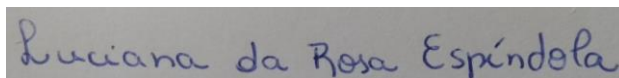
Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de engenheiro civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 03 de novembro de 2020.

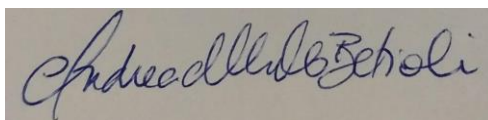
Banca Examinadora:



Prof. Me. Gustavo Rodolfo Perius
Orientador



Prof.ª Dra. Luciana da Rosa Espíndola
Coorientadora



Prof. Dra Andrea Murillo Betioli
IFSC



Prof. Me Caio Cesar Veloso Acosta
IFSC

Este trabalho é dedicado à memória de meus pais.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas de curso Guilherme Cardoso Hickel, Murilo Souza Nunes, Camila Quevedo Sobrosa e Rebeca Yesica Heredia pela amizade, incentivo e apoio. Vocês tornaram essa jornada mais amena e divertida.

Ao corpo docente do DACC, pelos ensinamentos.

Em especial, aos professores Dr. Fernando Toppan Rabello, Dr. Samuel João da Silveira, Dra. Andrea Murillo Betioli, Dra. Luciana Maltez Calçada e Dr. Alexandre de Oliveira Lima. Minha gratidão e reconhecimento.

Aos orientadores Professora Dra. Luciana da Rosa Espíndola e Professor Me. Gustavo Rodolfo Perius, que me conduziram nesta etapa final, pelo tempo e paciência que me dispensam.

RESUMO

O sistema construtivo *wood frame* usa perfis de madeira em estruturas de pisos, paredes e telhado, montados e revestidos com outros materiais, dando rigidez, conforto térmico e acústico. Dentre as madeiras mais utilizadas para o *wood frame* está o pinus. A norma brasileira para o sistema *wood frame* ainda está em fase de elaboração. No entanto, o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT, 2017) apresenta diretrizes gerais para a composição deste sistema. Com base nestes dados e nas normas brasileiras vigentes para madeira, este trabalho avaliou as principais características físicas e mecânicas da madeira de pinus disponível no mercado da região de Florianópolis para construção de quadros de parede do sistema *wood frame*. Primeiro, foram levantados seis fornecedores. E, após visita, foram selecionadas três empresas, das quais foram adquiridos um lote de seis peças de pinus com seção 9 cm x 4 cm por fornecedor. Para analisar estes materiais, foram realizadas verificações visuais e dimensionais e ensaios físicos e mecânicos, conforme as normas NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991). Durante os estudos, foram realizados gráficos e tabelas com os dados levantados e verificou-se se os lotes entregues pelos fornecedores foram aprovados ou não conforme os critérios normativos. Nessa pesquisa, concluiu-se que, de forma geral, o material classificado, visual, físico e mecanicamente, atendeu às Normas NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991), exceto nos critérios de densidade aparente e dimensões. Mas, ainda se sente a necessidade de uma norma técnica específica para o sistema *wood frame* sobre estes requisitos.

Palavras-chave: *Wood frame*. Pinus. Propriedades físicas e mecânicas.

ABSTRACT

The wood frame construction system uses wooden profiles combining floor, wall and roof panels, assembled and coated with other materials. This construction system also provides rigidity, thermal and acoustic comfort. The most used tree among wood frame available options is pine. The brazilian standard for the wood frame system is still under elaboration. However, the National Assessment System Techniques (SINAT, 2017) presents general guidelines for the composition of this system. Based on these data, this work evaluated the main physical and mechanical characteristics of the pine wood available on the stores in the region of Florianópolis. Six suppliers were involved in the survey and after visiting each one of them, three suppliers were chosen to be analyzed. A batch of six pieces of pine (9x4cm) was purchased from each supplier, and they were tested according to the NBR 7190 (1997) and NBR 11700 (1991) standards and adaptations. During the studies, graphs and tables were made with the data collected and it was verified whether the batches delivered by the suppliers were approved or not according to the normative criteria. This research has concluded that mostly every classified material met the standards NBR 7190 (1997) and NBR 11700 (1991) except for the apparent density and dimensions criteria. However, there is still a need for a specific technical standard for the wood frame system on these requirements.

Keywords: Wood frame. Pinus. Physical and mechanical properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Peças de madeira do sistema <i>wood frame</i>	22
Figura 2 - Ossatura em <i>wood frame</i>	22
Figura 3- Árvores de Pinus cortadas na floresta	25
Figura 4 - Autoclave para tratamento de madeira	30
Figura 5 - Peças de madeira identificadas e armazenadas no laboratório	32
Figura 6 - Inspeção visual de peça de madeira	34
Figura 7 - Dimensões da peça de madeira	34
Figura 8 - Corpo de prova para determinação do teor de umidade	37
Figura 9 - Corpos de prova usados no ensaio de compressão paralela às fibras	38
Figura 10 - Corpo de prova de resistência à compressão	39
Figura 11 - Nó Firme de grande dimensão em relação à largura da peça	44
Figura 12 - Nó firme de pequena dimensão	45
Figura 13 - Peça de madeira com presença de medula	48
Figura 14 - Peça de madeira com esmoado	49
Figura 15 – Maior encurvamento registrado entre todas as peças	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Propriedades físicas e mecânicas do Pinus-elliottii e Pinus-taeda.....	26
Quadro 2 - Comparação entre as classes de qualidade entre NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991)	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais: características e energia consumida na produção	18
Tabela 2 - Classe de resistência de coníferas	29
Tabela 3 - Dimensões previstas e tolerância das peças.....	35
Tabela 4 – Resultados da análise dimensional.....	41
Tabela 5 - Percentual Total de Nós Firmes	43
Tabela 6 – Quantidade de Rachas por fornecedor e percentual total.....	45
Tabela 7 – Bolsa de resina por fornecedor e percentual total	46
Tabela 8 – Medula por fornecedor e percentual total	47
Tabela 9 - Dados absolutos e percentuais de arqueamento e encurvamento	50
Tabela 10 – Fendilhamento por fornecedor e percentual total do lote.....	51
Tabela 11 - Umidade média por fornecedor e desvio padrão	52
Tabela 12 - Densidade aparente média estimada à 12% por fornecedor	53
Tabela 13 - Resistência à compressão paralela às fibras, à umidade natural e corrigida para U12%	55
Tabela 14 - Valor característico da resistência à compressão paralela às fibras $f_{c0,k}$ (MPa)	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise dimensional da largura de seção	41
Gráfico 2 – Análise dimensional da espessura da seção	42
Gráfico 3 – Análise dimensional do comprimento da peça	42
Gráfico 4 - Percentual de presença de Nós firmes por fornecedor.....	44
Gráfico 5 - Percentual de presença de Rachas por fornecedor.....	46
Gráfico 6 - Percentual de presença de Bolsa de resina	47
Gráfico 7 - Percentual de presença de Medula	48
Gráfico 8 - Percentual de presença de Fendilhamento por fornecedor	51
Gráfico 9 - Umidade média por fornecedor	53
Gráfico 10 – Densidade aparente média por fornecedor.....	54
Gráfico 11 - Dispersão das resistências por fornecedor, médias e umidade	56
Gráfico 12 - Valores médios de resistência à compressão paralela às fibras - umidade 12%	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMCI	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AWC	<i>American Wood Council</i>
CEF	Caixa Econômica Federal
IBA	Indústria Brasileira de Árvores
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NDS	<i>National Design Specification</i>
OSB	Oriented Strand Board
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
SNH	Secretaria Nacional da Habitação
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
SPIB	<i>Southern Pine Inspection Bureau</i>
WF	<i>Wood frame</i>
WFCM	<i>Wood Frame Construction Manual</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

ρ_{ap}	Densidade aparente da madeira
$F_{c0,max}$	Força máxima aplicada ao corpo de prova
m_{12}	Massa à 12% de umidade
m_i	Massa inicial do corpo de prova
m_s	Massa seca do corpo de prova
x_1	Menor valor medido dos corpos de prova do lote
f_{c0}	Resistência à compressão paralela às fibras
$f_{c0,k}$	Resistência característica à compressão paralela às fibras
V_{12}	Volume à 12% de umidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa.....	17
1.2	Definição do problema.....	19
1.3	Objetivos	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivos específicos.....	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	Sistema construtivo <i>wood frame</i>	21
2.1.1	Características da estrutura de paredes em <i>wood frame</i>	22
2.1.2	Normas técnicas para <i>wood frame</i>	23
2.2	Madeira de pinus	24
2.3	Classificação da madeira.....	26
2.3.1	Classificação botânica da madeira	26
2.3.2	Classificação visual da madeira	27
2.3.3	Classificação mecânica da madeira	29
2.4	Durabilidade e preservação da madeira.....	30
3	MÉTODO.....	31
3.1	Pesquisa de mercado para seleção das madeireiras.....	31
3.2	Amostragem.....	31
3.3	Classificação visual	32
3.3.1	Verificação das dimensões.....	34
3.3.2	Verificação dos defeitos visuais.....	35
3.4	Propriedades físicas	36
3.4.1	Teor de umidade (NBR 7190, 1997)	36
3.4.2	Densidade aparente (NBR 7190, 1997)	37
3.5	Classificação mecânica	38
3.5.1	Compressão paralela às fibras (NBR 7190, 1997)	38

4	RESULTADOS	40
4.1	Classificação visual	40
4.1.1	Verificação das dimensões	40
4.1.2	Verificação dos defeitos visuais	43
4.2	Classificação física	51
4.2.1	Umidade	52
4.2.2	Densidade aparente	53
4.3	Classificação mecânica	55
4.3.1	Compressão paralela às fibras	55
5	CONCLUSÕES	58
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	60
7	REFERÊNCIAS.....	61
	APÊNDICE A – Tabela com sumário da classificação de madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento	66
	APÊNDICE B - Tabela para registro de dimensões e defeitos das peças de madeira	68
	APÊNDICE C – Tabela com registro de dimensões (FORNECEDOR 1).....	69
	APÊNDICE D - Tabela com registro de dimensões (FORNECEDOR 2).....	70
	APÊNDICE E - Tabela com registro de dimensões (FORNECEDOR 3).....	71
	APÊNDICE F – Tabela de ensaio de umidade	72
	APÊNDICE G – TABELA DE ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS	73
	ANEXO A – Dimensões nominais e dimensões mínimas (para madeira aparelhada). Detalhes para construção em <i>wood frame</i>.	74

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material versátil utilizado pelo homem ao longo dos tempos para diversas aplicações (MELLO, 2007). Dentre estas, destaca-se neste trabalho as edificações em madeira – uma das formas de abrigo mais antigas utilizadas pela humanidade.

No Brasil, na construção de edificações, a madeira, na sua maioria, vem sendo utilizada de forma temporária em tapumes de canteiros da obra, andaimes, fôrmas, escoras, cimbramentos, entre outros. Este material pouco se destaca na aplicação definitiva, ou seja, na constituição principal da edificação, mediante componentes de estruturas, vedações e acabamentos (ZENID, 2009, MELLO, 2007).

Para Perez (2010), o mercado brasileiro de madeira serrada ainda encontra-se em defasagem quanto ao desenvolvimento e utilização desse material quando comparado com países da América do Norte, Europa, Japão, Austrália, dentre outros. Porém, com o apoio de recursos governamentais através de programas para reduzir o déficit de moradias e uso de sistemas construtivos que apresentem maior eficiência e rapidez de execução que os empregados até então, esse cenário vem mudando (ECKER; MARTINS, 2014).

Dentro deste contexto, o sistema construtivo *wood frame* (WF) aparece como uma tecnologia promissora e começa a despontar no Brasil. Esse crescimento é motivado pelo desenvolvimento de materiais mais sustentáveis e novas tecnologias com processos padronizados e industrializados, com uma montagem rápida no canteiro (SOTSEK; SANTOS, 2018).

A estrutura principal do sistema *wood frame* é composta por madeira. Sacco e Stamato (2008) afirmam que, no Brasil, a madeira utilizada neste sistema é o pinus – uma conífera de baixa densidade, que permite que os produtos químicos usados no tratamento preservativo pelo método autoclave penetrem com eficiência nas peças.

Em toda história da construção civil brasileira, as habitações em madeira foram executadas com técnicas construtivas inadequadas fazendo com que virasse sinônimo de obras de má qualidade ou de pouca durabilidade (BITTENCOURT, 1995). Os novos paradigmas de sustentabilidade fazem com que esse estigma necessite ser revisto (SZÜCS, 2004 apud TORRES, 2019).

O uso do *Pinus* obtido de florestas plantadas no Brasil, como madeira

serrada para construção civil e para outras finalidades - indústria de celulose e indústria moveleira - tem sido crescente nos últimos anos (ZENID, 2009). Segundo IBÁ (2017), a área plantada de *Pinus* sp. no Brasil é de 1,6 milhões de hectares. O estado do Paraná detém 42% deste plantio e Santa Catarina é o segundo maior produtor com 545.835 hectares, sendo 34% da área total.

Segundo Mello (2007), na América Latina e especialmente no Brasil, fatores como a falta de cultura e tradição na construção de habitações em madeira, produziram um preconceito muito grande em relação às obras com este material.

Percebe-se por parte dos consumidores uma determinada resistência quanto ao uso da madeira, onde inclui-se o pinus com finalidade estrutural na construção de edificações. Fatores culturais e técnicos, como baixa resistência mecânica e baixa resistência a organismos xilófagos, mão-de-obra pouco qualificada e desconhecimento dos métodos construtivos são apresentados como aspectos desmotivadores para disseminação do uso do pinus e da madeira em geral (BITTENCOURT, 1995).

Assim, sob este cenário, este trabalho busca analisar as propriedades visuais, físicas e mecânicas da madeira de pinus fornecida no mercado de Florianópolis – SC para uso em construções de *wood frame* e classificar estas de acordo com as normas técnicas de classificação nacionais existente, pois não há uma norma técnica específica para *wood frame*.

1.1 Justificativa

A seleção deste tema para a pesquisa foi motivada por três aspectos principais: o menor impacto ambiental da madeira frente a outros materiais de construção, as características promissoras do sistema construtivo *wood frame* e a falta de trabalhos que tratem sobre as características e propriedades da madeira de pinus fornecidas no mercado de Florianópolis.

O apelo com a preocupação pelo meio ambiente e a sustentabilidade é cada vez mais forte em todos os setores da indústria. A construção civil tem procurado atender a sustentabilidade, com melhor preservação do meio ambiente. Nessa conjuntura, a madeira apresenta-se como um material construtivo de alta competitividade e importância, pois é um recurso renovável (PERES, 2013).

De acordo com Campos (2006), a utilização da madeira possibilita que seja

realizada a captura de carbono, funcionando dessa forma como armazenamento do mesmo. Além disso a produção de madeira apresenta como vantagem um baixo consumo de energia quando comparada a outros materiais: aço, concreto, alumínio, plástico, conforme ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais: características e energia consumida na produção

Material	Densidade (KN/m ³)	Energia p/ produção (MJ/m ³)	Resistência (MPa)
Concreto	24	1.920	20
Aço	78	234.000	250
Madeira-conífera	6	600	50

Fonte: adaptado de Calil e Dias (1997).

Além disso, existe uma procura por sistemas construtivos em madeira que racionalizem seu uso. A tendência mundial prova que a industrialização dos métodos construtivos, modulação, construção a seco, placas, painéis e revestimento sintéticos são caminhos para a evolução tecnológica da construção civil (CAMPOS, 2006).

Dentro deste panorama destaca-se o *wood frame*, sistema construtivo que utiliza como material principal madeiras provenientes de florestas plantadas, com características e vantagens, como o custo-benefício, sustentabilidade, facilidade e simplicidade construtiva. Porém, o sistema ainda é pouco difundido no Brasil.

Em um levantamento do estado da arte sobre o tema, Ramos, Fleck e Santos (2017) afirmam que encontraram 294 trabalhos nacionais relacionados ao sistema *wood frame*, sendo que estes trabalhos faziam menção ao sistema, mas não exploravam o assunto na íntegra. Aprofundando a pesquisa em trabalhos nacionais, selecionaram 35 artigos sobre o que é relevante ao tema *wood frame*, características do sistema, vantagens e as variáveis críticas que definem sua disseminação no Brasil.

Outro fator é a preocupação, por parte do consumidor, com a qualidade da madeira proveniente de floresta plantada, devido ao desconhecimento de suas características. Por isso faz-se necessário o conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas, que fornecem informações importantes para as diversas fases de processamento industrial, bem como para a utilização do produto final na construção civil (SANTINI; HASELEIN; GATTO, 2000).

Por isso o uso da madeira classificada por suas características visuais,

dimensionais e mecânicas traz benefícios ao desempenho de estrutura, facilitando sua aplicação de forma mais ampla e específica (NASCIMENTO; OLIVEIRA; DELLA LUCIA, 2001).

Por falta de estudos que atestem as características da madeira de pinus fornecidas no mercado consumidor de Florianópolis – SC para uso estrutural no sistema *wood frame*, esse trabalho realiza um levantamento das propriedades físicas e mecânicas deste material, fornecendo maiores informações técnicas que fomentem maior segurança na utilização dessa madeira.

1.2 Definição do problema

O uso de madeira de florestas nativas é cada vez mais restrito pelas questões ambientais. Então, a utilização de madeiras serrada de coníferas de florestas plantadas cresce consideravelmente. Entretanto, muitas destas florestas não são manejadas com foco em produtos estruturais para construção civil. Assim, a madeira serrada de conífera disponibilizada no mercado pode apresentar muitos defeitos, sendo indispensável a sua classificação para uso estrutural (CARREIRA, 2003).

Szücs e Velloso (2006) afirmam que, no Brasil, se a madeira comercializada seguisse as especificações da norma brasileira NBR 7190 (1997), sendo classificada por classe de resistência, o material oferecido no comércio seria mais adequado às necessidades do consumidor.

Com base nesse problema, questiona-se: o mercado de madeiras da região de Florianópolis fornece aos consumidores madeira de pinus adequada às normas técnicas ABNT, referentes a madeira para uso estrutural no sistema *wood frame*?

1.3 Objetivos

A seguir serão descritos os objetivos deste trabalho.

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar se a madeira serrada de pinus fornecida pelo mercado da região do município de Florianópolis para uso estrutural do sistema *wood frame* está de acordo

com as normas técnicas pertinentes.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Levantar e selecionar fornecedores de madeira de pinus para elementos estruturais de paredes do sistema *wood frame* na região de Florianópolis;
- b) Classificar visualmente e dimensionalmente a madeira de pinus fornecidas;
- c) Caracterizar física e mecanicamente as peças de madeira fornecidas;
- d) Apresentar um diagnóstico do material classificado, a partir dos resultados obtidos na classificação visual, físico e mecânica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para uma base teórica, a seguir serão apresentados os seguintes temas: sistema *wood frame*, madeira de pinus e classificação da madeira.

2.1 Sistema construtivo *wood frame*

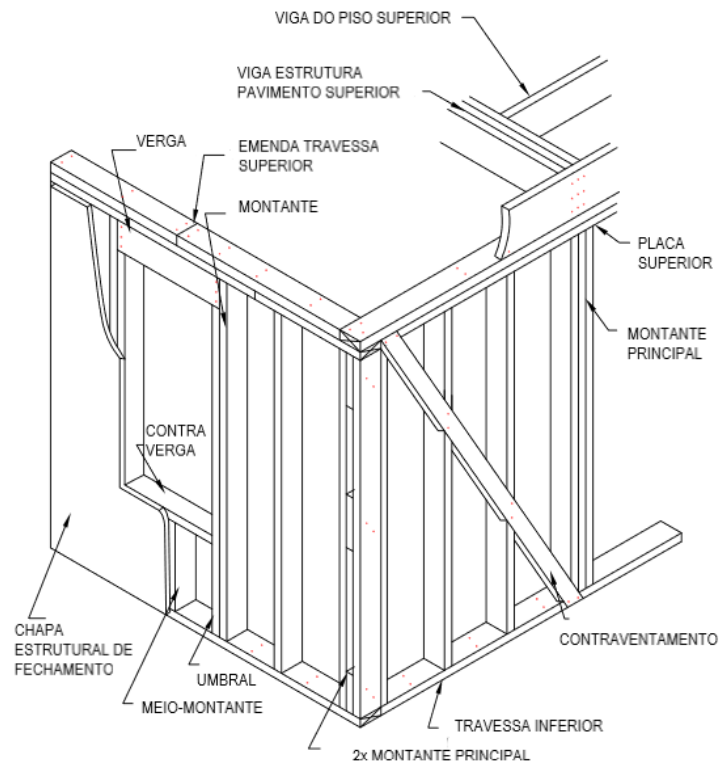
O *wood frame* é um sistema construtivo constituído de peças de madeira tratadas, de floresta plantada, aplicadas em estruturas de pisos, paredes e telhado, que são revestidas com outros materiais, com a finalidade de aumentar a resistência mecânica, os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e, também, contra o fogo (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010). A principal característica desse sistema é a madeira ser o material estrutural (COINASKI; SIQUEIRA, 2016).

A ossatura da parede é composta, principalmente, por montantes e travessas inferior e superior, que são unidos por pregos (Figura 1). Essa ossatura pode ser pré-fabricada ou executada no canteiro de obras (SÁNCHEZ, 1995).

Após a execução das fundações, a montagem da estrutura em madeira começa pela plataforma de piso. Depois, são montadas as ossaturas das paredes, que recebem as chapas de fechamento, até proporcionar o travamento definitivo do conjunto.

Na Figura 2, observa-se que, após a construção das paredes do primeiro pavimento, outra estrutura de piso é construída sobre as paredes, formando a plataforma de piso do pavimento seguinte; onde, sobre a mesma, são erguidos os painéis de parede do novo pavimento. A montagem é finalizada com a estrutura de cobertura sobre os painéis de parede do último pavimento, sendo composta por uma série de treliças leves (CAMPOS, 2006).

Figura 1 - Peças de madeira do sistema *wood frame*



Fonte: Adaptado de Residential Structural Design Guide - PDR (2017).

Figura 2 - Ossatura em *wood frame*



Fonte: Caprecci e Labati (2019).

2.1.1 Características da estrutura de paredes em *wood frame*

Segundo Sánchez (1995 apud Dias, 2005), para compor as peças da ossatura da parede se empregam seções padronizadas, sendo a mais comum na

América do Norte a seção nominal 2" x 4", cujas medidas reais são de 38 mm x 89 mm. Há casos em que as forças atuantes sobre a estrutura pedem peças de maior seção. Majorando a seção das peças a resistência da estrutura aumenta. Assim, seções nominais maiores são usadas, por exemplo 2" x 6", cujas medidas reais são de 38 mm x 140 mm. Os montantes são distribuídos a cada 400 mm, porém esta distância pode chegar a 600 mm ou diminuir para 300 mm, conforme as tensões a suportar (DIAS, 2005).

O *American Wood Council* - AWC (2018) estabelece que o espaçamento entre montantes não deve ultrapassar 24" (610 mm). Segundo Dias (2005), é desejável utilizar-se a mesma modulação para pisos e paredes, para evitar que haja excentricidade na transferência das cargas gravitacionais das vigotas de piso para os montantes da ossatura da parede situada logo abaixo.

No Brasil, em geral, nos projetos de *wood frame* adota-se a seção 38 mm x 89 mm para peças estruturais de parede e das treliças da cobertura. Os montantes das paredes, assim como as tesouras da estrutura da cobertura, são espaçados a cada 600 mm (ECKER; MARTINS, 2014).

Segundo a diretriz SINAT 005 (2017, p.14), "a seção transversal nominal mínima das peças de madeira estruturais – montantes e travessas (te) de 38mm x 89mm com tolerância de -1,50mm." As casas podem ter até quatro pavimentos, térreo mais três andares.

A diretriz SINAT 005 (2017, p. 9) apresenta as seguintes definições para seção nominal e seção efetiva: "Seção nominal (tn): dimensões das peças de madeira segundo a nomenclatura comercial, representada pelas medidas de espessura e largura da seção transversal da peça. Seção real ou efetiva (te): medidas reais de largura e altura da seção transversal da peça de madeira."

2.1.2 Normas técnicas para *wood frame*

No Brasil, até o momento, não há uma norma técnica vigente específica para o sistema *wood frame*, o que afeta o avanço do sistema no país (SACCO, STAMATO, 2008). Tramita na ABNT, Comitê ABNT/CB-002 Construção Civil o texto-base nº. 002:126.011-001 (Sistemas Construtivos *Wood Frame* – Terminologia, requisitos, critérios de desempenho e métodos de avaliação e controle na qualidade da montagem), mas sem previsão de data para publicação até o fechamento deste

trabalho.

O *Wood Frame Construction Manual* (WFCM, 2001), baseado na norma americana ASTM D245-93 e também as normas europeias DIN 1052 (1998) e EUROCODE 5 Parte 2 (1997), estabelece critérios para o dimensionamento de estruturas em *wood frame*, considerando os painéis como chapas estruturais e considerando também as diversidades locais de clima e sismo.

No Brasil, o dimensionamento de peças estruturais individuais em madeira, como os montantes e as travessas, usadas para formar os quadros do sistema *wood frame*, pode utilizar os critérios estabelecidos pela norma brasileira de madeiras NBR 7190/1997 (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010). Ainda, o então Ministério das Cidades emitiu a Diretriz SINAT 005 (2017), que traz requisitos e critérios de desempenho para habitações unifamiliares para obras financiadas de pelo sistema governamental.

2.2 Madeira de pinus

Para a construção da ossatura de parede, na América do Norte as espécies mais utilizadas são o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda*. O *Pinus elliottii* recebe o nome comercial de *Slash Pine* e o *Pinus taeda* o nome de *Loblolly Pine*. Ambos fazem parte do grupo *Southern Pine* e são classificados segundo as regras do *Southern Pine Inspection Bureau* (SPIB) (CARREIRA; DIAS, 2006).

O manual AWC (2018) diz que a madeira serrada dimensionada visualmente e classificada mecanicamente deve estar de acordo com a *National Design Specification* (NDS). Por sua vez, a NDS refere-se à madeira serrada de várias espécies, entre elas o *Pinus*. Estabelece tamanhos e requisitos padrão para os tipos de madeira serrada das várias espécies, sem apontar espécies específicas para uso no sistema *wood frame*.

O *Pinus taeda* é a principal conífera plantada para produção de madeira serrada no Brasil, principalmente no estado do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. É originário do sul e sudeste dos Estados Unidos, considerada uma madeira do tipo macia, *softwood*, que vem sendo cultivada no Brasil desde a década de 1960 (AGUIAR et al., 2011). A Figura 3 mostra exemplo de árvores de pinus cortadas na floresta, prontas para o transporte.

Figura 3- Árvores de Pinus cortadas na floresta



Fonte: IBA (2019).

Além do Pinus, o sistema construtivo em *wood frame* tem como matéria-prima no Brasil, o eucalipto. Entretanto, o eucalipto é pouco utilizado devido à pouca penetração de preservativos na madeira (BALEN; PANSERA; ZANARDO, 2016).

Na construção civil brasileira, o pinus e, em menor quantidade o eucalipto, ambas espécies de florestas plantadas, são usados nos projetos com estruturas baseadas em *wood frame* em virtude de apresentarem crescimento rápido. A preferência pelo pinus se deve à elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar o ataque de organismos xilófagos (SACCO E STAMATO, 2008).

Segundo o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H, Diretriz SINAT 005 (2017):

“A madeira empregada deve ser de origem legal, sendo, portanto, proveniente de florestas plantadas ou florestas nativas com manejo florestal aprovado pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Em ambos os casos, há preferência pela madeira certificada por órgãos acreditados.”

No estado de Santa Catarina, segundo dados do Serviço Florestal Brasileiro (2019), no ano de 2018, a área plantada de Pinus foi de 24% do total das florestas plantadas, sendo que destes 24%, 15% são para uso na construção civil.

O Quadro 1 apresenta algumas propriedades físicas e mecânicas dos *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*.

Quadro 1- Propriedades físicas e mecânicas do Pinus-elliottii e Pinus-taeda

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	Espécie	
	<i>p. elliottii</i>	<i>p. taeda</i>
Nome científico		
Massa específica aparente (Kg/m³) – 12% umid.	560,00	645,00
Resist. à compr. paralela às fibras – fc0 (MPa)	40,40	44,40
Resist. à tração paralela às fibras – ft0 (MPa)	66,00	82,80
Resist. à tração normal às fibras – ft90 (MPa)	2,50	2,80
Resist. ao cisalhamento – fv (MPa)	7,40	7,70
Módulo de elasticidade longitudinal (MPa)	11.889,00	13.304,00

Fonte: Adaptado da NBR 7190 (1997).

2.3 Classificação da madeira

A madeira é considerada um material sustentável, pois tem origem em fontes renováveis, é orgânico, natural e de estrutura celular. Suas características e propriedades físicas e mecânicas qualificam a madeira como um material capaz de produzir edificações seguras, resistentes, confortáveis, duráveis e com grande versatilidade de uso (CAMPOS, 2006).

A madeira para uso na construção civil é classificada através dos métodos visual e mecânico. Pelo método visual, as peças são examinadas de acordo com o tipo, a localização e o tamanho dos vários defeitos que podem interferir na resistência são apontados. Pelo método mecânico, pode ser usado um estimador para avaliar a resistência da madeira; dentre os estimadores destacam-se a densidade, a rigidez e a flexão (NOGUEIRA, 2007).

Pfeil e Pfeil (2008, p.27) afirmam que “as propriedades físicas e mecânicas das espécies de madeira são determinadas por meio de ensaios padronizados em amostras sem defeitos (para evitar a incerteza dos resultados obtidos com peças com defeitos).” Estes ensaios estão descritos no Anexo B da ABNT NBR 7190 (1997).

São apresentadas a seguir as classificações botânica, visual e mecânica da madeira.

2.3.1 Classificação botânica da madeira

A botânica divide as árvores em duas classes: gimnospermas e angiospermas.

As gimnospermas estão no grupo das coníferas, cujos aglomerados de sementes têm formato cônico, como o pinus. As coníferas ocupam grandes áreas do Hemisfério Norte, onde são chamadas de *softwoods* ou madeiras macias. No Brasil, as espécies exóticas - florestas plantadas com espécies estrangeiras que ocorrem principalmente nas regiões Sudeste e Sul - são chamadas de pinheiro ou pinus, e sua produção tem grande expressão econômica. A espécie nativa é a *Araucaria angustifolia* ou pinheiro-do-paraná, que ocorre em toda a região Sul e parte da região Sudeste (GONZAGA, 2006).

As angiospermas - dicotiledôneas - se diferenciam das gimnospermas por apresentarem frutos com sementes e possuem a copa com folhas alargadas, madeira mais dura (*hardwoods*). São chamadas de folhosas. A flora brasileira apresenta uma grande variedade de folhosas cuja madeira pode ser usada na construção civil. A espécie exótica de folhosa aproveitada no Brasil, com grandes áreas plantadas, é o Eucalipto (SZÜCS et al., 2016).

2.3.2 Classificação visual da madeira

Uma inspeção visual das características leva à classificação das peças de madeira. Para o uso de forma segura e com qualidade, a classificação visual da madeira é um procedimento que deve ser adotado no recebimento das peças a serem usadas na obra (NASCIMENTO; OLIVEIRA; DELLA LUCIA, 2001).

Segundo Campos (2006, p.27), “a classificação visual da madeira leva em conta características como: a presença, o tamanho, a frequência e a localização dos nós; inclinação das fibras; fissuras e rachaduras.”

Conforme o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H, Diretriz SINAT 005 (2017):

“A classificação visual consiste na inspeção visual das faces, lados (bordas laterais) e das extremidades de cada peça. Deve-se examinar todo o comprimento das peças e avaliar a localização e a natureza dos nós e outros defeitos presentes na superfície das mesmas.

São definidos quatro níveis de acordo com a presença de defeitos: Classe Estrutural Especial (SE); Classe Estrutural Nº 1 (S1); Classe Estrutural Nº 2 (S2); Classe Estrutural Nº 3 (S3)”.

A classificação visual de madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral, onde são examinadas face a face cada peça, considerando os defeitos apresentados é normalizada pela Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT). A classificação leva em consideração o número e a importância dos defeitos encontrados nas peças - NBR 11700 (1991).

A classe de qualidade é definida de acordo com a descrição da pior peça de madeira que possa nela ser incluída, até aquelas que não possam ser incluídas na classe imediatamente superior. O anexo da NBR 11700 (1991) traz as classes de qualidade e os defeitos apresentados pelas peças de madeira.

A classificação de madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento é apresentada no APÊNDICE A – Tabela com sumário da classificação de madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento deste trabalho - NBR 11700 (1991).

A NBR 12297 (1991) fixa as condições para medição de defeitos em madeira serrada de coníferas. A forma de medição dos defeitos é descrita na NBR 12297 (1991) e a definição dos mesmos é apresentada na NBR 12551 (2002) sendo:

- a) Encurvamento: curvatura ao longo do comprimento da peça de madeira num plano perpendicular à face analisada;
- b) Arqueamento: curvatura ao longo da peça num plano paralelo à face;
- c) Encanoamento: curvatura ao longo da largura da peça;
- d) Esmoado: ausência de madeira nas quinas da peça, originadas por qualquer motivo;
- e) Furos de insetos inativos: perfuração causada por inseto, estando este desaparecido, morto ou sem indicio de atividade;
- f) Rachas: separação dos elementos constituintes da madeira paralelamente à grã;
- g) Nós: parte de um galho ou ramo inserido no lenho durante o crescimento da árvore;
- h) Bolsas de resina: cavidade alongada e bem delimitada que contém resina;
- i) Presença de medula: medula é considerada a parte central do tronco, formada por tecidos menos resistentes que o restante do lenho;
- j) Inclinação da grã: desvio entre a direção geral longitudinal dos elementos axiais da madeira e a quina da peça;
- k) Desbitolamentos: variação na espessura, largura ou comprimento de uma mesma peça ocasionada por serragem malfeita;
- l) Fendilhamento: pequenas rachas superficiais, em geral alinhadas paralelamente a grã – trinca superficial.

2.3.3 Classificação mecânica da madeira

O anexo B da NBR 7190 (1997) mostra os procedimentos para ensaio onde são determinadas as propriedades das madeiras para projeto de estruturas, haja vista a classificação completa das madeiras, a classificação mínima e a classificação simplificada. Mostra também métodos de ensaios para determinação de outras propriedades da madeira que servem exclusivamente como elementos comparativos das resistências entre diferentes espécies. Essas propriedades são: umidade, densidade, estabilidade dimensional, compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras, compressão normal às fibras, tração normal às fibras, cisalhamento, fendilhamento, flexão, dureza, resistência ao impacto na flexão, embutimento, cisalhamento na lâmina de cola, tração normal à lâmina de cola e resistência à emendas dentadas e biseladas.

A NBR 7190 (1997) preconiza que a classificação das propriedades da madeira para uso em estruturas, pode ser feita de três tipos: Completa, Mínima e a Simplificada, de acordo com o tamanho do lote de corpos de prova. Todas são feitas conforme os métodos de ensaio especificados no anexo B desta norma, à condição-padrão de umidade de $U=12\%$. A partir dos ensaios a madeira é enquadrada de acordo com a Tabela 2. Cabe ao projetista especificar a classe de resistência a ser usada no projeto.

Tabela 2 - Classe de resistência de coníferas

Coníferas					
(valores na condição- padrão de referência $U=12\%$)					
Classes	f_{c0k} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{c,m}$ (MPa)	dens. básica*	dens. aparente
				$\rho_{bas,m}$ (Kg/m ³)	ρ_{apar} (Kg/m ³)
C 20	20	4	3500	400	500
C 25	25	5	8500	450	550
C 30	30	6	14500	500	600

Fonte: ABNT NBR 7190 (1997).

*densidade básica não é a 12% de umidade, por definição é a razão entre a massa seca e o volume saturado.

2.4 Durabilidade e preservação da madeira

A madeira está sujeita a degradação por agentes químicos e biológicos. Ao desenvolver um projeto torna-se necessário garantir a durabilidade do empreendimento através da preservação da madeira usada - NBR 7190 (1997).

No novo texto da NBR 7190 (2012), ainda em revisão pela ABNT, mais ênfase é dada à questão da durabilidade e preservação da madeira, com um capítulo discorrendo a respeito do assunto. É sugerido um sistema de categorias de uso. Um conjunto de medidas preventivas e curativas deverá ser adotadas para controle de agentes biológicos, físicos e químicos que afetam as propriedades da madeira.

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H, Diretriz SINAT 005 (2017), estabelece como requisito para caracterização dos materiais e componentes no uso do sistema wood frame, madeira resistente a organismos xilófagos, tratada sob pressão com preservativo CCA – arseniato de cobre cromatado ou CCB – solução de cobre, cromo e boro.

Um sistema tradicional de vácuo-pressão é mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Autoclave para tratamento de madeira



Fonte: Velloso (2010).

3 MÉTODO

Nesse tópico são apresentadas as diferentes etapas realizadas para execução desta pesquisa. A primeira etapa trata da pesquisa de mercado das madeiras estabelecidas na região de Florianópolis, ditas fornecedoras de pinus para uso no sistema *wood frame*. A segunda etapa foi feita a amostragem da madeira adquirida nas empresas fornecedoras. A terceira etapa contemplou a classificação visual das peças fornecidas. E, na quarta etapa, foi feita a verificação das suas propriedades físicas. Por fim, a quinta etapa foi a classificação mecânica das peças.

3.1 Pesquisa de mercado para seleção das madeiras

A pesquisa de mercado, em um primeiro momento, foi feita através de busca das madeiras fornecedoras de madeira de Pinus para sistema *wood frame* na região de Florianópolis. Foi levantado endereço comercial e telefone de cada um dos fornecedores. Em um segundo momento, foi realizada uma triagem destes fornecedores. O critério de escolha das empresas foi, prioritariamente, pelas madeiras que declaradamente se identificavam como fornecedores de produtos para construção em *wood frame*.

Após visita a seis estabelecimentos, foram escolhidos três, que foram denominados F1, F2 e F3. Essa limitação foi feita em virtude da disponibilidade de fornecimento das peças, prazo de entrega, do tempo para execução dos ensaios em laboratório e também do custo do material a ser comprado.

3.2 Amostragem

A formação dos lotes seguiu o proposto no método de caracterização simplificada previsto no Anexo B da NBR 7190 (1997), ou seja, lotes de madeira serrada inferiores a 12 m³ e 6 corpos-de-prova por lote.

Nesse sentido, após a determinação dos fornecedores, foram feitas as compras dos sarrafos (NBR 12498, 2017). Sem identificar a pesquisa, como para um consumidor comum, a escolha das peças foi realizada pelo próprio fornecedor, a fim de evitar interferência sobre os resultados do trabalho.

Desta forma, foram adquiridos, em três madeiras locais, lotes de seis

peças de sarrafo aplainadas pelo fornecedor, devendo medir 4 cm x 9 cm de seção transversal e 300 cm de comprimento. A Figura 5 mostra os lotes de madeira dos três fornecedores armazenados no laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Figura 5 - Peças de madeira identificadas e armazenadas no laboratório



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Primeiro, cada sarrafo foi classificado visualmente. Após, de cada sarrafo foram extraídos: dois corpos de prova para classificação mecânica, dois corpos de prova para o ensaio de umidade e dois corpos de prova para o ensaio de densidade. Todos os corpos de prova estavam isentos de defeitos visuais e foram colhidos de regiões afastadas das extremidades dos sarrafos, a 30 cm das extremidades de acordo com a NBR 7190 (1997).

Optou-se por não utilizar peças com tratamento preservativo para evitar peças que fossem entregues com excesso de umidade causado pelo produto químico, além de evitar risco de contaminação no manuseio do material e facilitar o descarte das sobras de madeira após o estudo.

3.3 Classificação visual

Pela NBR 7190 (1997), as peças de madeira são classificadas em primeira ou segunda categoria. Para enquadramento em primeira categoria é necessário que as peças sejam submetidas à classificação visual, física e mecânica sem apresentar defeitos visuais segundo método visual normalizado. Porém, esta mesma norma não

aponta o método visual normalizado.

Por isso, foi adotada a classificação visual seguindo orientações da NBR 11700 (1991) - Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral - onde leva-se em consideração o número e a importância dos defeitos encontrados em uma peça. Além disso, a NBR 11700 (1991) traz cinco classes (categorias) de qualidade às peças de madeira: super, extra, primeira, segunda e terceira categoria.

Como para a NBR 7190 (1997) as peças são classificadas apenas em primeira categoria ou segunda categoria, foi necessária uma adaptação dos critérios de classificação da NBR 11700 (1991). A Classe de Qualidade Super da NBR 11700 (1991) foi considerada como primeira categoria para NBR 7190 (1997). As demais peças que não se enquadraram pela NBR 11700 (1991) como Qualidade Super, foram consideradas segunda categoria para efeitos deste estudo na NBR 7190 (1997). O Quadro 2 apresenta a comparação das classes de qualidade da NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991) e a adaptação feita nesse estudo.

Quadro 2 - Comparação entre as classes de qualidade entre NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991)

Classes de qualidade	
NBR 7190 (1997)	NBR 11700 (1991)
Primeira categoria	Classe Super
Segunda categoria	Classe Extra
	Primeira Classe
	Segunda Classe
	Terceira Classe

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Realizou-se também uma verificação das dimensões da seção transversal e comprimento das peças para conferir se estavam sendo entregues conforme pedido.

É mostrado na Figura 6 a identificação das peças de madeira e a medição de um nó durante a inspeção visual.

Figura 6 - Inspeção visual de peça de madeira

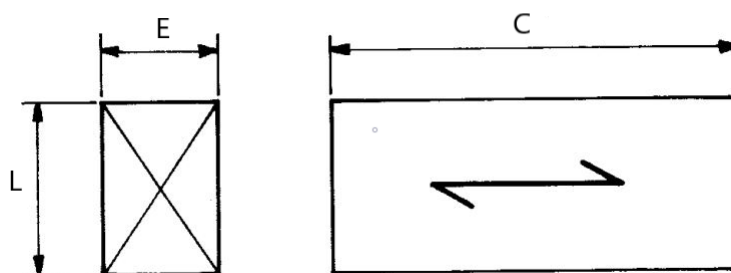


Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

3.3.1 Verificação das dimensões

As dimensões mínimas das peças devem atender o item 10.2 da NBR 7190 (1997), com área mínima da seção transversal para peças principais múltiplas de 35cm^2 . Por isso, as peças de madeira encomendadas nas madeireiras deveriam ser entregues com as seguintes dimensões, depois de aplainadas: $E = 4,0\text{ cm}$; $L = 9,0\text{ cm}$ e $C = 300,0\text{ cm}$. A Figura 7 mostra as dimensões das peças de madeira.

Figura 7 - Dimensões da peça de madeira



Fonte: adaptado NBR 7190 (1997)

A largura, a espessura e o comprimento foram medidos, respectivamente, nos pontos mais estreito, mais fino e mais curto da peça. Os valores medidos com trena foram anotados e calculado um valor médio de cada dimensão por lote de fornecedor.

A verificação das dimensões foi realizada de acordo com a NBR 12498 (2017), Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Requisitos, item 5, a variação máxima permitida entre as dimensões médias e as

dimensões previstas é de 5%.

A Tabela 3 apresenta as dimensões previstas das peças e suas tolerâncias.

Tabela 3 - Dimensões previstas e tolerância das peças

Dimensão	Valor Previsto (cm)	Tolerância (+/-) (%)
E	4	5
L	9	5
C	300	5

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

3.3.2 Verificação dos defeitos visuais

As peças foram examinadas visualmente em cada face, segundo NBR 11700 (1991) quanto a presença de defeitos, classificadas como segunda categoria as peças que apresentaram qualquer dos defeitos a seguir:

a) Nós soltos, vazados, cariados ou nós de gravata.

Nó solto: não se mantém na madeira após a secagem.

Nó vazado: orifício na peça de madeira causado pela queda do nó.

Nó cariado: nó que se encontra parcialmente deteriorado por agente biológico ou mecânico.

Nó de gravata: conjunto de dois nós de formas alongadas e que convergem para o mesmo ponto na face da peça;

b) Furos de insetos;

c) Rachas;

d) Madeira ardida: estágio inicial do apodrecimento;

e) Mancha azul: coloração azulada produzida na madeira;

f) Mancha marrom: escurecimento da madeira, devido à degradação química do conteúdo celular, que ocorre alguns milímetros abaixo da superfície da peça e que fica evidenciado após o aplainamento;

g) Bolsa de resina;

h) Medula, NBR 12551 (2002).

Na primeira categoria, ou Classe Super – NBR 11700 (1991) foram admitidos os seguintes defeitos:

a) Nós firmes, feixe de nós e grupo de nós: com soma dos diâmetros não superior a 50% da largura, por metro de comprimento da peça;

- b) Esmoado: desde que uma única quina, com espessura não superior a 15% da espessura da peça, largura não superior a 3% da largura da peça e comprimento não superior a 20% do comprimento da peça;
- c) Arqueamento e encurvamento: não superior a 0,5% do comprimento da peça;
- d) Fendilhamento: não pode apresentar nas peças aplainadas;
- e) Encanoamento: não pode apresentar nas peças aplainadas.

A fim de facilitar o trabalho de medição e inspeção visual, foi criada uma tabela apresentada no APÊNDICE B, com o registro das dimensões e defeitos das peças de cada fornecedor.

Nesta tabela são anotados os principais dados da origem da madeira, como nome do fornecedor, quantidade de peças compradas e entregues e bitola das peças. Também são anotadas as dimensões aferidas pelo classificador, anotados os dados da inspeção visual e defeitos encontrados nas peças.

Os registros da inspeção visual dos três fornecedores foram anotados nos APÊNDICES C, D e E.

3.4 Propriedades físicas

Nesta etapa, foram realizados ensaios para determinação da umidade e da densidade aparente à 12% de umidade.

3.4.1 Teor de umidade

É a relação entre a massa de água contida na madeira e a massa de madeira seca.

A umidade é dada por:

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

onde:

m_i é a massa inicial do corpo de prova;

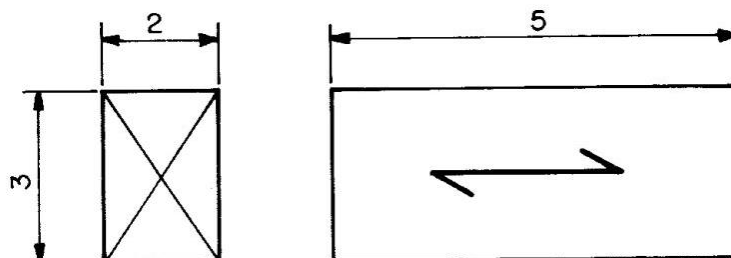
m_s é a massa seca do corpo de prova.

Os corpos de prova foram retirados de cada peça por fornecedor.

Cada corpo de prova deve ser de seção retangular 2,0x3,0 cm e

comprimento ao longo das fibras da madeira de 5,0 cm, conforme a Figura 8. Para este ensaio foram retirados dois corpos de prova de cada peça de madeira e feito a média entre eles.

Figura 8 - Corpo de prova para determinação do teor de umidade



Fonte: NBR 7190 (1997).

A massa inicial (m_i) foi determinada em balança de precisão de 0,01g. Após a medição da massa inicial os corpos de prova foram levados à estufa com temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, pesados a cada 6 horas, até atingirem uma constância de massa. Esta foi considerada a massa seca (m_s).

Conhecidas a massa seca e massa inicial determinou-se o teor de umidade dos corpos de prova, depois a média da peça e, na sequência, a média do teor de umidade do lote do fornecedor em questão.

3.4.2 Densidade aparente

A densidade aparente ρ_{ap} é a determinação da massa específica definida pela razão entre a massa e o volume de dos corpos-de-prova no teor de umidade de 12%, determinada pela expressão:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad (2)$$

onde:

ρ_{ap} é a densidade aparente;

m_{12} é a massa à 12% de umidade;

V_{12} é o volume à 12% de umidade.

Para a determinação da densidade aparente à 12% de umidade (ρ_{ap}) foram coletados três corpos de prova de cada fornecedor. Cada um dos três corpos de prova

foi colocado em condição de umidade diferente. Além disso, suas dimensões foram mensuradas para determinação do volume, além de ter sua massa anotada. Cada corpos de prova foi seco em estufa até constância de massa para determinar a umidade. A partir desses resultados, foi traçada uma curva (densidade x umidade), de onde foi extraída a equação que mais se adequava e assim estimada a densidade aparente a 12% de umidade. Conhecidas as densidades aparentes, foram calculadas as médias para cada lote, por fornecedor.

3.5 Classificação mecânica

Para classificação mecânica da madeira foi determinada a resistência à compressão paralela às fibras através de ensaios de rompimentos de corpos de prova na prensa mecânica.

3.5.1 Compressão paralela às fibras

Os corpos de prova foram preparados e levados à prensa hidráulica para ensaio. Foram preparados dois corpos de prova para cada peça de madeira por fornecedor, conforme mostra a Figura 9 - Corpos de prova usados no ensaio de compressão paralela às fibras. A prensa hidráulica usada foi a Máquina Universal de Ensaio (MEU), do fabricante Emic, modelo DL30000.

Figura 9 - Corpos de prova usados no ensaio de compressão paralela às fibras



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

A resistência é dada pela máxima tensão de compressão que pode atuar em um corpo de prova com seção transversal quadrada de 5,0cm de lado e 15,0cm de comprimento. Como as peças de madeira estudadas neste trabalho tem seção 4,0cm x 9,0cm, foi adotado corpos de prova de 4,0cm x 4,0cm x 12,0cm, mantendo a proporcionalidade 1x3. A expressão usada para determinar a tensão é:

$$f_{c0} = \frac{F_{c0,max}}{A} \quad (3)$$

onde:

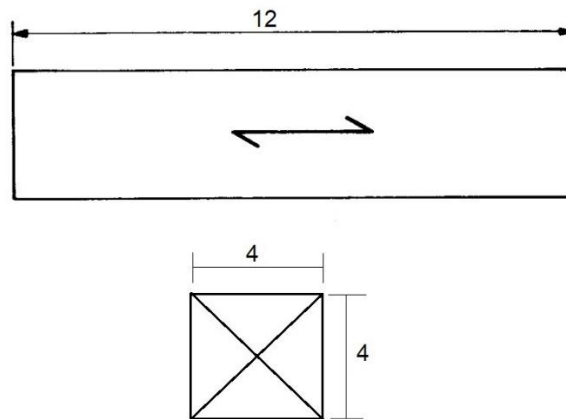
f_{c0} - é a resistência à compressão paralela às fibras, em MPa;

$F_{c0,max}$ - é a máxima força de compressão aplicada ao corpo de prova durante o ensaio, em newtons;

A - é a área da seção transversal inicial em metros quadrados.

A Figura 10 mostra as dimensões do corpo de prova.

Figura 10 - Corpo de prova de resistência à compressão



Fonte: adaptado NBR 7190 (1997).

Com a determinação da resistência à compressão paralela às fibras e umidade das amostras é calculado o valor da resistência à compressão paralela às fibras para umidade de 12%, pela equação:

$$f_{12} = f_{\%} \left[1 + \frac{3 \times (U_{\%} - 12)}{100} \right] \quad (4)$$

Onde:

f_{12} - é a resistência corrigida para 12% umidade;

$f_{\%}$ - é a resistência à umidade natural da amostra; e

$U_{\%}$ - é a umidade natural da amostra.

A umidade natural da amostra será usada para efeito de cálculo a umidade média do lote do fornecedor em questão.

A resistência à compressão paralela às fibras para umidade de 12% determinada será comparada a resistência à compressão paralela às fibras característica (ver Tabela 2) e verificado se a peça atende a esse requisito da Norma NBR 7190, 1997.

A NBR 7190 (1997) – anexo B, item B.3 apresenta o cálculo do valor característico da resistência à compressão paralela às fibras $f_{c0,k}$, para lotes de 6 peças, deve ser determinado pelo estimador:

$$f_{c0,k} = \left[2 * \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{\frac{n}{2}-1}}{\frac{n}{2}-1} - x_{\frac{n}{2}} \right] * 1,1 \quad (5)$$

Onde:

$f_{c0,k}$ - é a resistência característica à compressão paralela às fibras, em MPa. Não deve ser tomado se inferior a x_1 , nem 0,7 do valor médio;

x_1 – é o menor valor medido dos corpos de prova do lote.

Os valores $x_1, x_2, \dots, x_n$ devem ser colocados em ordem crescente.

4 RESULTADOS

A partir dos ensaios e medições em laboratório, neste capítulo são apresentados os resultados obtidos.

4.1 Classificação visual

Os resultados da classificação visual estão divididos na verificação das dimensões das peças de madeira e também dos defeitos.

4.1.1 Verificação das dimensões

A Tabela 4 apresenta os resultados relativos às verificações dimensionais das peças. Os Gráfico 1, Gráfico 2 e Gráfico 3 mostram a análise dimensional referente a largura média, espessura e comprimentos das peças separadas por fornecedor e os limites mínimo e máximo conforme Tabela 4 – Resultados da análise

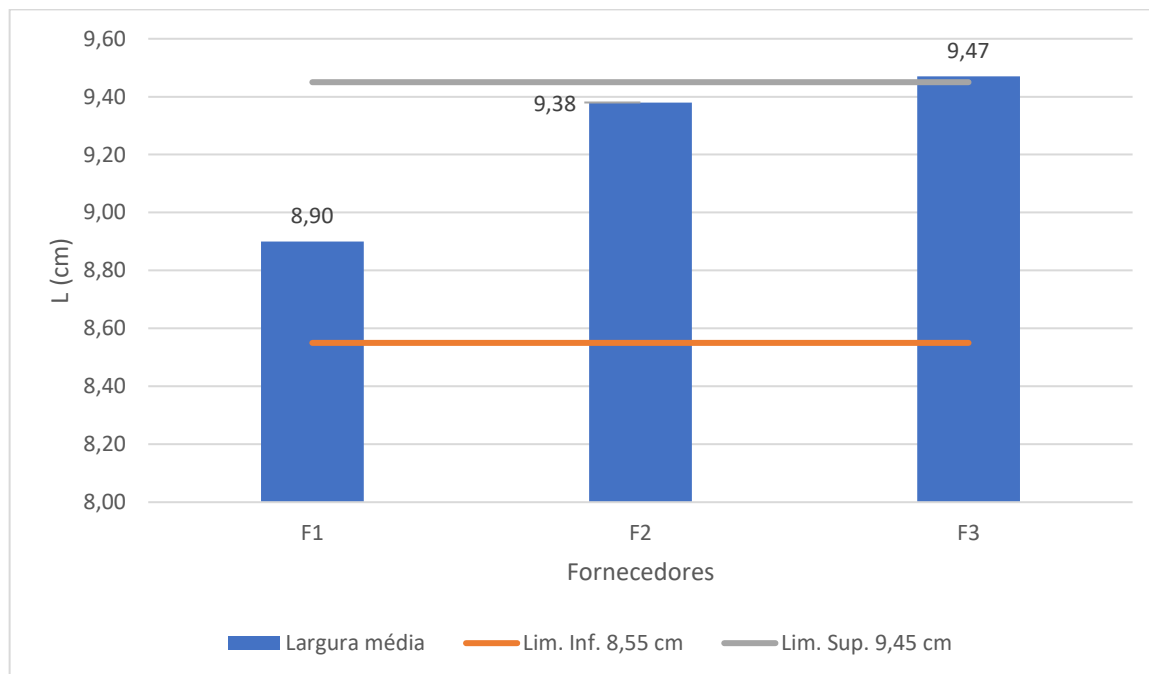
dimensional. As peças foram medidas com trena e metro e os resultados anotados. Optou-se pelo uso destas ferramentas de medição em virtude de tornar o método de medição mais próximo da realidade do serviço em obra.

Tabela 4 – Resultados da análise dimensional

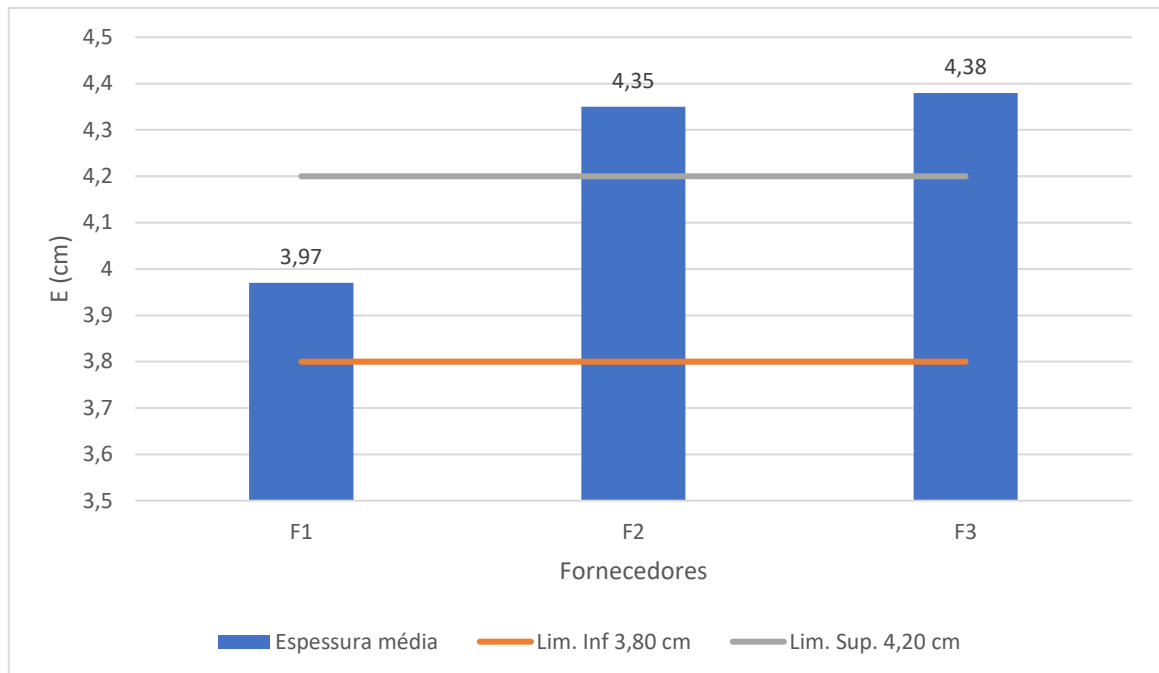
Fornecedor	Dimensões	Média	Menor valor	Maior valor	Desvio padrão	Limite inferior	Limite superior
F1	L (cm)	8,90	8,80	9,00	0,06	8,55	9,45
	E (cm)	3,97	3,90	4,10	0,08	3,80	4,20
	C (cm)	311,97	304,20	319,00	5,03	285,00	315,00
F2	L (cm)	9,38	9,30	9,50	0,08	8,55	9,45
	E (cm)	4,35	4,20	4,40	0,08	3,80	4,20
	C (cm)	297,83	296,00	301,00	2,14	285,00	315,00
F3	L (cm)	9,47	9,40	9,50	0,05	8,55	9,45
	E (cm)	4,38	4,30	4,50	0,08	3,80	4,20
	C (cm)	306,50	304,50	307,50	1,14	285,00	315,00

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

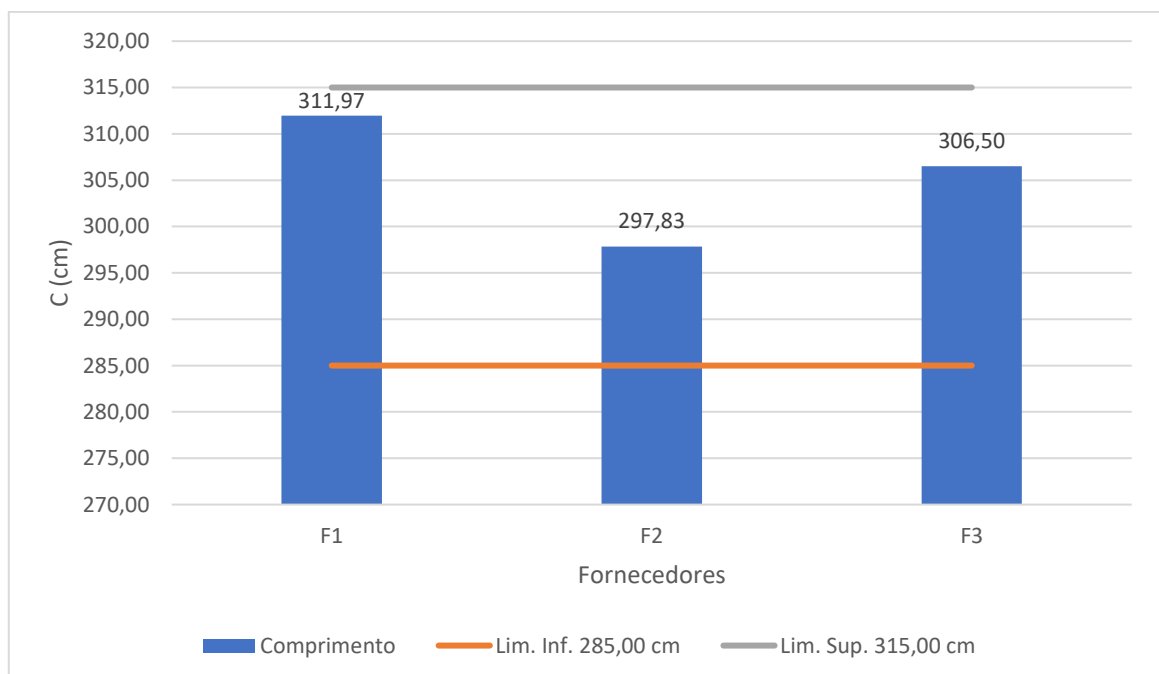
Gráfico 1 - Análise dimensional da largura de seção



Fonte: Autor desta pesquisa (2020)

Gráfico 2 – Análise dimensional da espessura da seção

Fonte: Autor desta pesquisa (2020)

Gráfico 3 – Análise dimensional do comprimento da peça

Fonte: Autor desta pesquisa (2020)

Analisando a Tabela 4 e os Gráfico 1, Gráfico 2 e Gráfico 3 nota-se, inicialmente, que as dimensões largura e espessura da seção são excedidas quanto ao limite superior, necessitando de ajustes através de ferramentas no processo de

montagem da estrutura dos quadros de *wood frame*.

Apenas o Fornecedor 1 atende aos quesitos dimensionais, com médias dentro dos limites requeridos pela análise dimensional. O Fornecedor 3 é o que apresenta o menor desvio padrão nas três dimensões (L,E,C).

A variação da dimensão largura, mesmo nos limites permitidos pelas normas, afeta o acabamento quando a estrutura de peças de madeira é revestida por placas de gesso, cimentícias ou OSB, que são placas industrializadas e com dimensões precisas.

4.1.2 Verificação dos defeitos visuais

Dando prosseguimento à classificação visual, foram analisados os defeitos presentes nas peças de cada fornecedor.

Nenhuma peça de qualquer fornecedor apresentou o defeito “Nós soltos”.

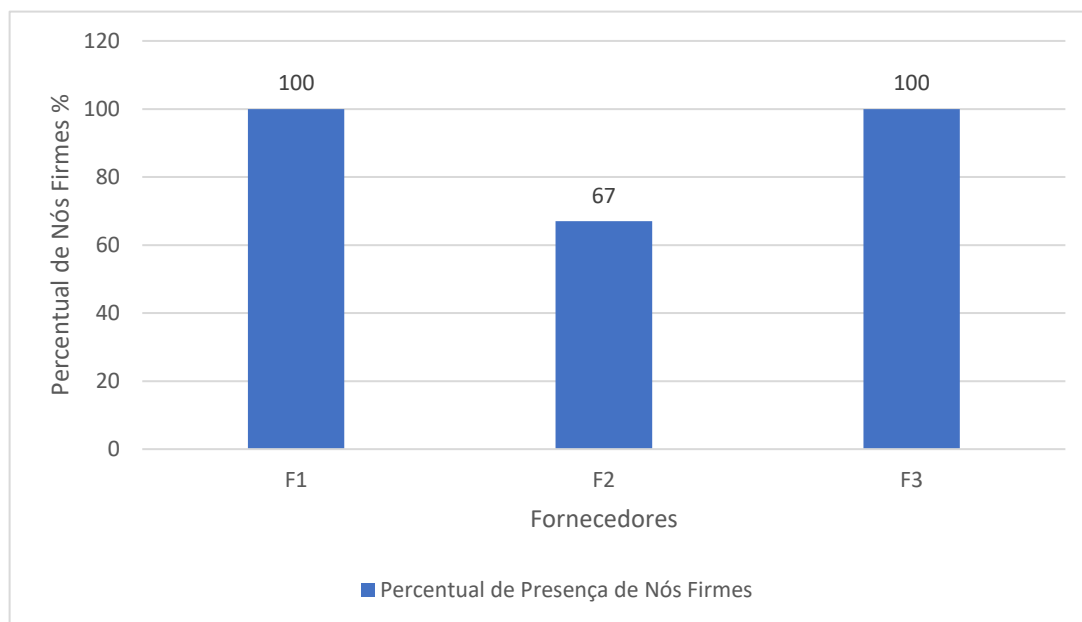
A análise do defeito “Nós firmes” é mostrado na Tabela 5 - Percentual Total de Nós Firmes e no Gráfico 4 - Percentual de presença de Nós firmes por fornecedor. O percentual de nós firmes nas peças de madeira é elevado para todos os fornecedores, sendo de 89% no total de peças.

Tabela 5 - Percentual Total de Nós Firmes

PEÇAS	F1		F2		F3		Soma F1+F2+F3	Total %
Com Nós firmes	6	100%	4	67%	6	100%	16	89%
Sem Nós firmes	0	0%	2	33%	0	0%	2	11%
Total de Peças	6	100%	6	100%	6	100%	18	100%

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Gráfico 4 - Percentual de presença de Nós firmes por fornecedor



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Todas as peças de madeira apresentaram nós firmes, comprovando que esse defeito é comum nas coníferas. Pelo critério usado pela Norma NBR 11700 (1991) apenas 11% das peças de madeira avaliadas são consideradas sem nós firmes, devido ao tamanho e quantidade do defeito.

É ilustrado na Figura 11 a foto de peça considerada com defeito pelos critérios da Norma NBR 11700 (1991) onde o nó firme ocupa grande área da largura da peça.

Figura 11 - Nó Firme de grande dimensão em relação à largura da peça



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Já na Figura 12 temos a foto de uma peça de madeira, que, apesar de apresentar nó firme, é considerada sem defeito pelos critérios da mesma Norma, haja vista a pequena dimensão do nó.

Figura 12 - Nó firme de pequena dimensão



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

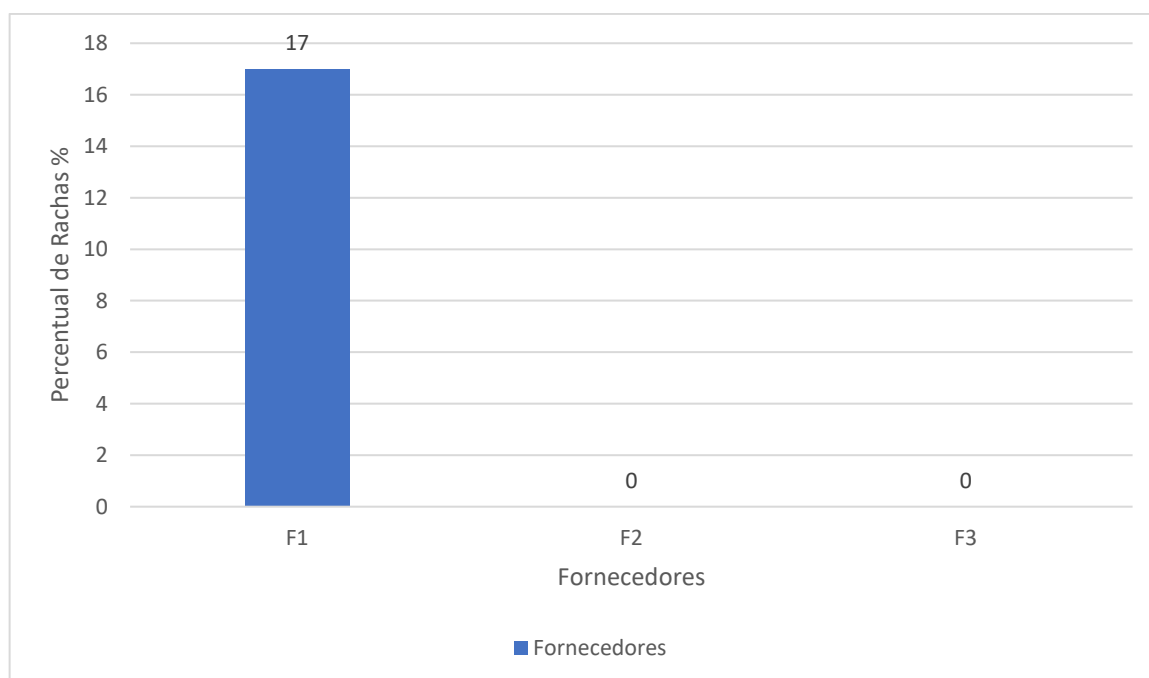
O defeito “Furos de insetos” não foi encontrado em nenhuma das peças avaliadas.

Um percentual pequeno de “Rachas” estava presente nas peças estudadas, representando aproximadamente 6% do total das peças de madeira com presença deste defeito. No Gráfico 5 obtido da Tabela 6 tem-se o percentual de Rachas por fornecedor

Tabela 6 – Quantidade de Rachas por fornecedor e percentual total

PEÇAS	F1		F2		F3		Soma F1+F2+F3	Total %
Com Rachas	1	17%	0	0%	0	0%	1	6%
Sem Rachas	5	83%	6	100%	6	100%	17	94%
Total de Peças	6	100%	6	100%	6	100%	18	100%

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Gráfico 5 - Percentual de presença de Rachas por fornecedor

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

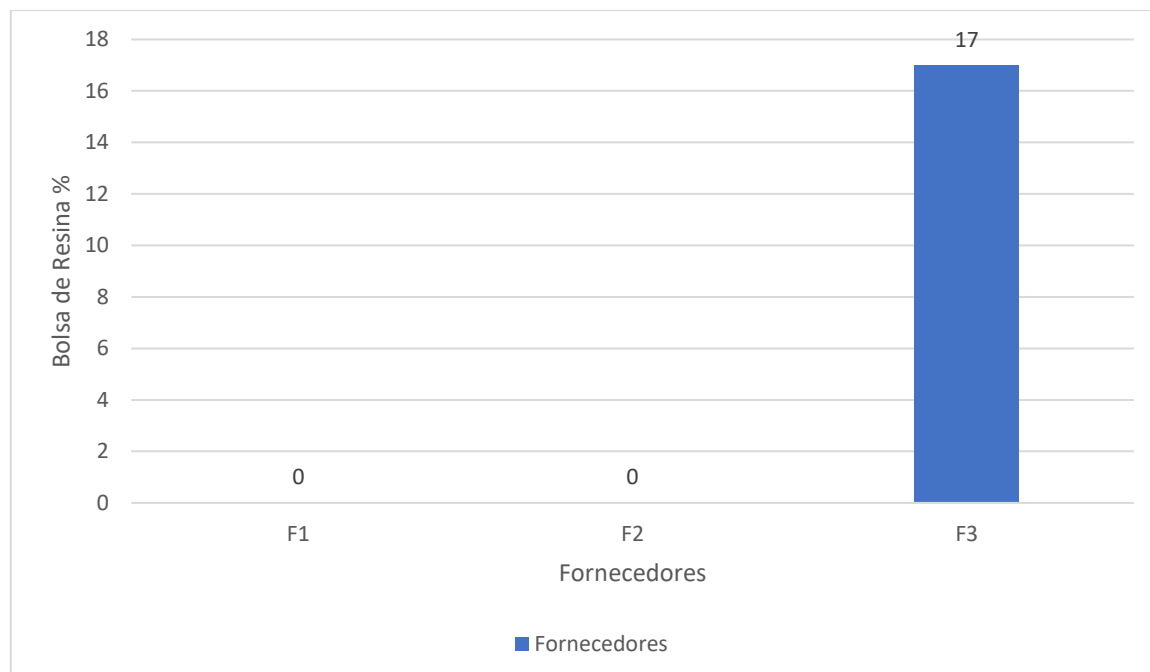
Madeira ardida, mancha azul e mancha marrom: estes defeitos não foram encontrados em nenhuma das peças avaliadas.

O Gráfico 6 extraído da Tabela 7, mostra que aproximadamente 17% das peças do Fornecedor 3 apresentaram o defeito “Bolsa de resina”, equivalendo a apenas uma peça do deste fornecedor. Os outros fornecedores não apresentaram esse defeito. Pelo baixo percentual de defeito encontrado na amostra verificou-se que não é um defeito relevante, do ponto de vista quantidade de defeito por lote no material avaliado.

Tabela 7 – Bolsa de resina por fornecedor e percentual total

PEÇAS	F1		F2		F3		Soma F1+F2+F3	Total %
Com bolsa de resina	0	0%	0	0%	1	17%	1	6%
Sem bolsa de resina	6	100%	6	100%	5	83%	17	94%
Total de Peças	6	100%	6	100%	6	100%	18	100%

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Gráfico 6 - Percentual de presença de Bolsa de resina

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

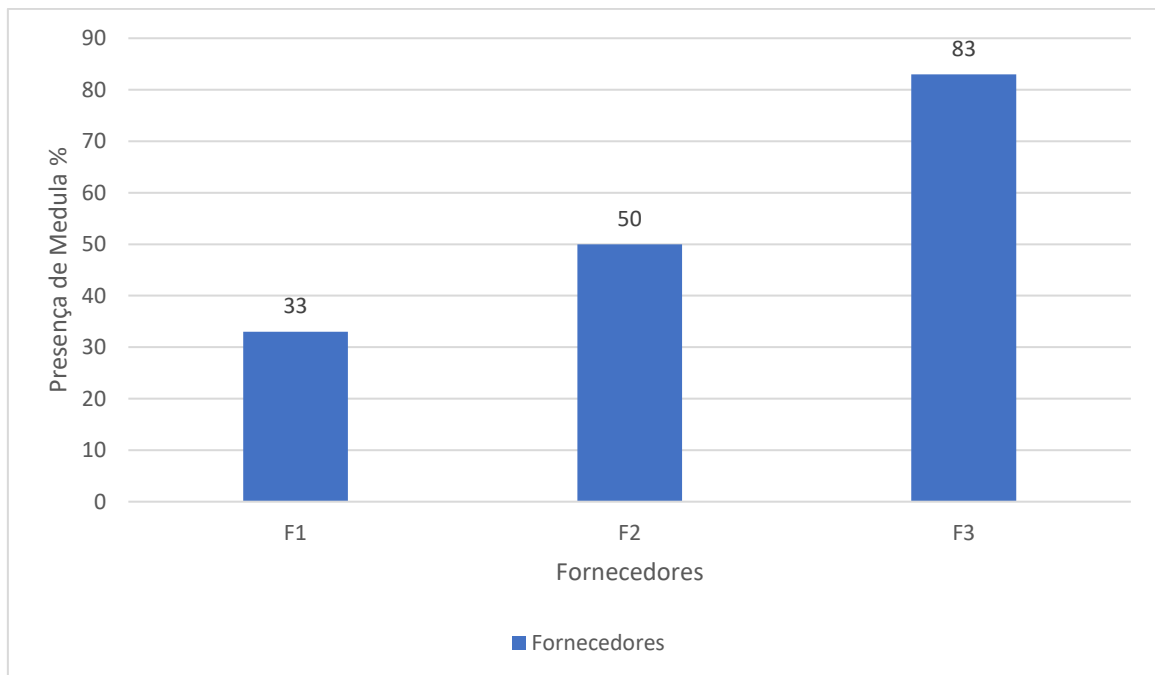
Segundo Szücs et al. (2016), a medula é a parte central do tronco que resulta do crescimento vertical, onde ocorre madeira de menor resistência. É um importante defeito e foi observado em 56% do total das peças amostradas, conforme dados da Tabela 8.

Tabela 8 – Medula por fornecedor e percentual total

PEÇAS	F1		F2		F3		Soma F1+F2+F3	Total %
Com Medula	2	33%	3	50%	5	83%	10	56%
Sem Medula	4	67%	3	50%	1	17%	8	44%
Total de Peças	6	100%	6	100%	6	100%	18	100%

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

É ilustrado no Gráfico 7 o percentual de ocorrência de peças com presença de medula. Todos os fornecedores apresentaram o defeito, mostrando ser um defeito comum no material analisado. Das seis peças do Fornecedor 3, em cinco verificou-se a presença de medula, 83% das peças desse fornecedor, apontando que, com relação a esse defeito, é o fornecedor menos indicado.

Gráfico 7 - Percentual de presença de Medula

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

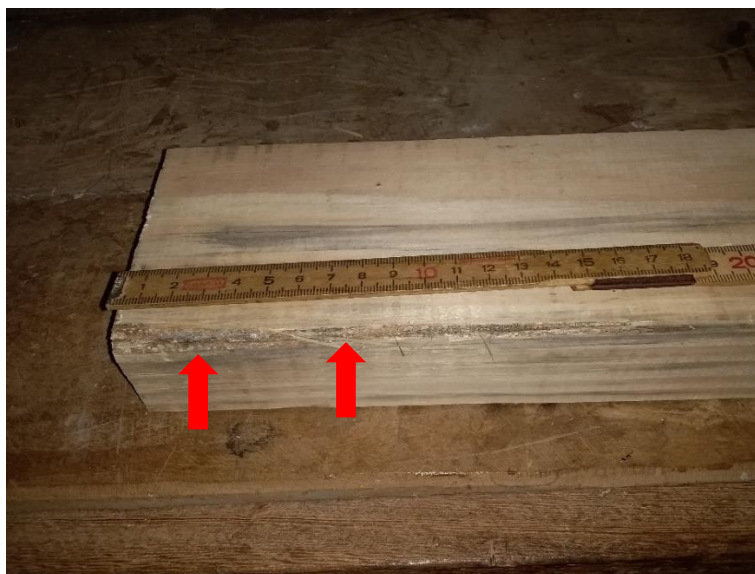
A Figura 13 mostra a foto com o defeito medula numa das peças de madeira analisadas. Como pode ser observado, a medula se estende por mais de 50 centímetros da peça. A foto não dá noção da profundidade que a falha acontece devido ao corte da peça, esse é um defeito preocupante, porque segundo a NBR 12551 (2017) a medula é constituída por tecidos menos resistentes que o restante do lenho.

Figura 13 - Peça de madeira com presença de medula

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Esmoadado foi encontrado em apenas uma peça do total do lote analisado, considerando os três fornecedores, porém com índice de 23% da espessura e 11% a largura da peça, ultrapassando os limites permitidos para peças de primeira categoria, pelos critérios adotados. A Figura 14 ilustra o defeito esmoado encontrado no lote.

Figura 14 - Peça de madeira com esmoado



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Com relação aos defeitos arqueamento e encurvamento as peças dos Fornecedores 1 e 2 foram aprovadas e do Fornecedor 3 reprovadas, a maior média entre os fornecedores foi de 0,78 % no defeito encurvamento.

É apresentado na Figura 15 a peça com o maior encurvamento registrado entre todas as peças. Quando colocada sobre uma bancada plana com suas pontas apoiadas, na parte central da peça, foi medido 3,4 centímetros entre a peça e a bancada, sendo este o encurvamento. Apesar de 2/3 das peças serem aceitas pelos critérios adotados pela NBR 11700, 1991, quando forem usadas num quadro de *wood frame* com placas de gesso, OSB ou cimentícia (placas aparelhadas) o defeito será visível.

Figura 15 – Maior encurvamento registrado entre todas as peças



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Na Tabela 9 estão dispostos os dados coletados desses defeitos em centímetros e também percentualmente (em relação ao comprimento da peça) de todas as peças analisadas.

Tabela 9 - Dados absolutos e percentuais de arqueamento e encurvamento

Peça	Defeito	Unid.	Peça					
			1	2	3	4	5	6
F1	arqueamento	(cm)	1,40	0,70	0,30	0,90	0,80	0,20
		(%)	0,44	0,22	0,10	0,30	0,25	0,06
	encurvamento	(cm)	1,20	0,70	0,40	0,80	0,60	1,30
		(%)	0,38	0,22	0,13	0,26	0,19	0,42
F2	arqueamento	(cm)	0,30	0,60	0,40	0,50	0,80	0,50
		(%)	0,10	0,20	0,13	0,17	0,27	0,17
	encurvamento	(cm)	0,10	0,90	0,90	0,30	0,70	0,60
		(%)	0,03	0,30	0,30	0,10	0,23	0,20
F3	arqueamento	(cm)	0,50	0,90	1,20	0,90	0,70	0,90
		(%)	0,16	0,29	0,39	0,29	0,23	0,29
	encurvamento	(cm)	1,70	2,20	3,40	2,40	2,70	1,90
		(%)	0,55	0,72	1,12	0,78	0,88	0,62

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

O defeito “Fendilhamento” não pode se apresentar em peças aplainadas, porém foi encontrado em peças dos fornecedores 2 e 3, em percentuais mostrados

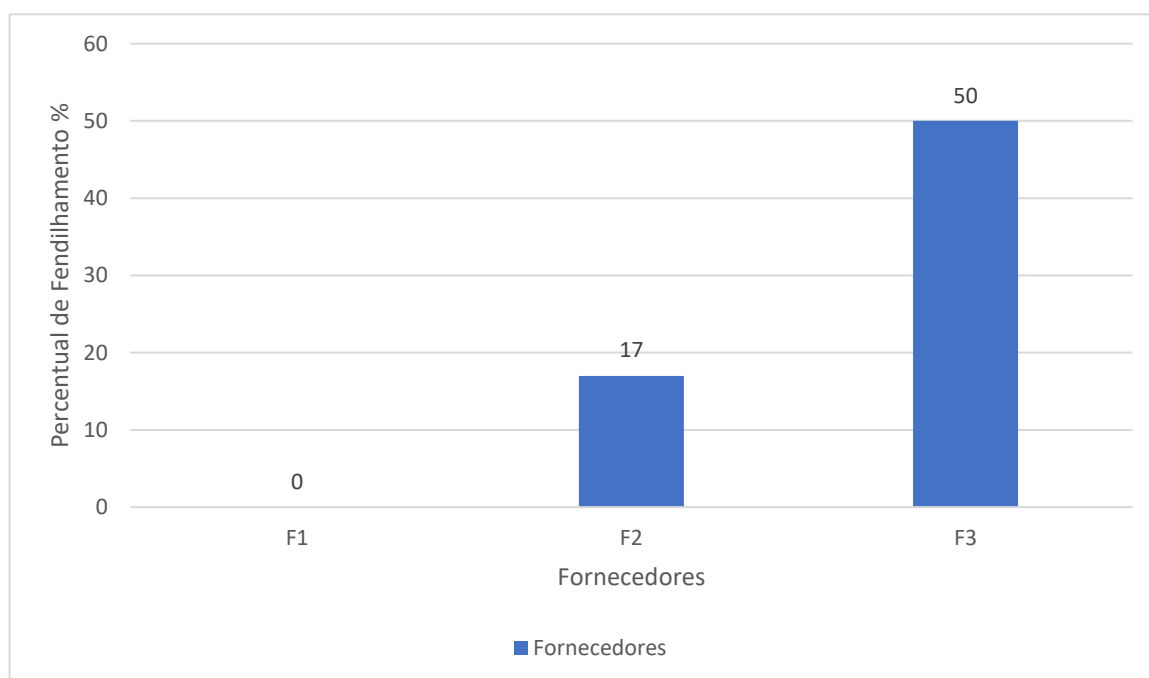
no Gráfico 8 , criado com dados da Tabela 10. O Fornecedor 1 entregou todas as unidades sem esse defeito.

Tabela 10 – Fendilhamento por fornecedor e percentual total do lote

PEÇAS	F1		F2		F3		Soma F1+F2+F3	Total %
Com Fendilhamento	0	0%	1	17%	3	50%	4	22
Sem Fendilhamento	6	100%	5	83%	3	50%	14	78
Total de Peças	6	100%	6	100%	6	100%	18	100

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Gráfico 8 - Percentual de presença de Fendilhamento por fornecedor



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

O defeito encanoamento, que é a curvatura ao longo da largura da peça, não foi encontrado em peça nenhuma avaliada, não comprometendo qualquer unidade classificada visualmente.

4.2 Classificação física

Na classificação física os parâmetros estudados neste trabalho foram a umidade e a densidade aparente das peças fornecidas no mercado de Florianópolis.

4.2.1 Umidade

Pelos valores levantados, o parâmetro umidade apresentou no total das peças estudadas valor mínimo de 11,88% e o máximo de 18,45%. Lembrando que em seu item 6.1.5 a NBR 7190 (1997) traz as classes de umidade, onde na Classe 3 (umidade relativa do ambiente entre 75% a 85%) a umidade de equilíbrio da madeira é de 18%. Florianópolis tem umidade relativa de 82% a 84% (SANTA CATARINA, 2007). O Fornecedor 3 apresenta o menor desvio padrão, indicando um lote de peças mais homogêneo quanto à umidade.

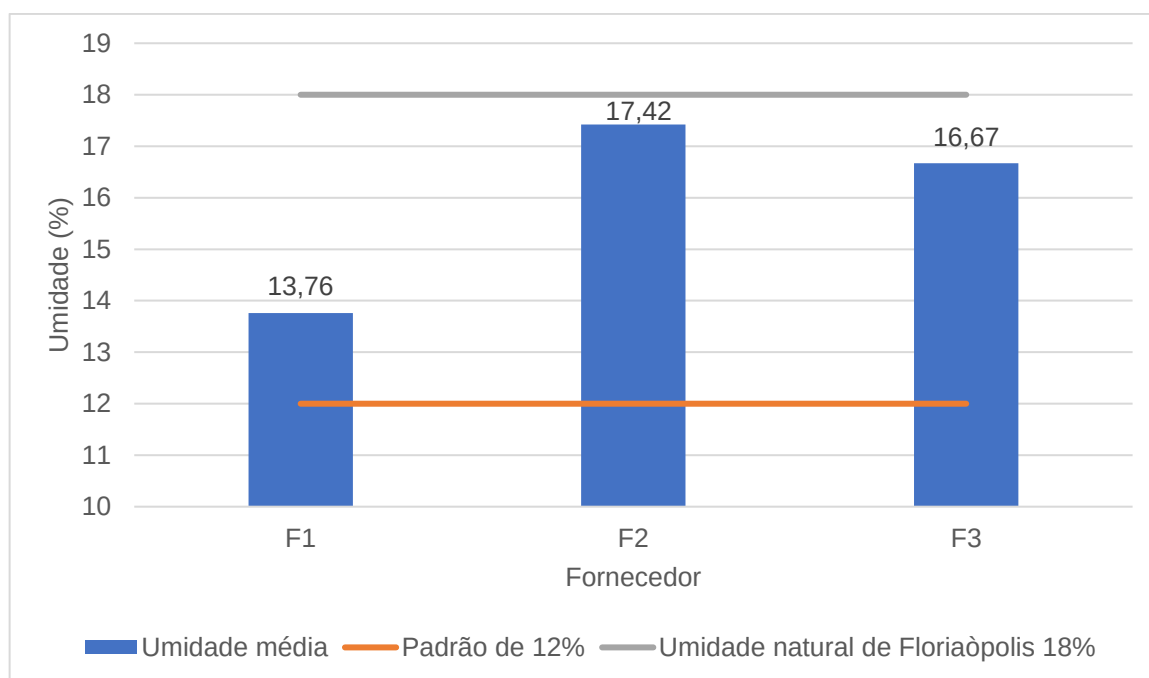
O Gráfico 9, extraído da Tabela 11, mostra os valores médios de umidade por fornecedor.

Os valores médios de 13,76%, 17,42% e 16,67% de umidade média nos lotes de peças por fornecedor, mostram que os lotes de madeira, até o instante da medição da umidade, ainda não haviam atingido uma umidade de equilíbrio com o ambiente. Isso reforça a necessidade da determinação dos parâmetros físicos e mecânicos estudados serem corrigidos para umidade padrão de 12%.

Tabela 11 - Umidade média por fornecedor e desvio padrão

Fornecedor	U % média	Desvio padrão
F1	13,76	2,18
F2	17,42	0,76
F3	16,67	0,38

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Gráfico 9 - Umidade média por fornecedor

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

4.2.2 Densidade aparente

Seguindo o disposto no item 3.4.2, os dados para levantamento da densidade aparente foram extraídos no laboratório. A partir dos valores médios da densidade e umidade para os corpos de prova, foi traçada a linha de tendência e estimado a densidade aparente média à umidade de 12% de cada fornecedor, conforme Tabela 12 e Gráfico 10.

Tabela 12 - Densidade aparente média estimada à 12% por fornecedor

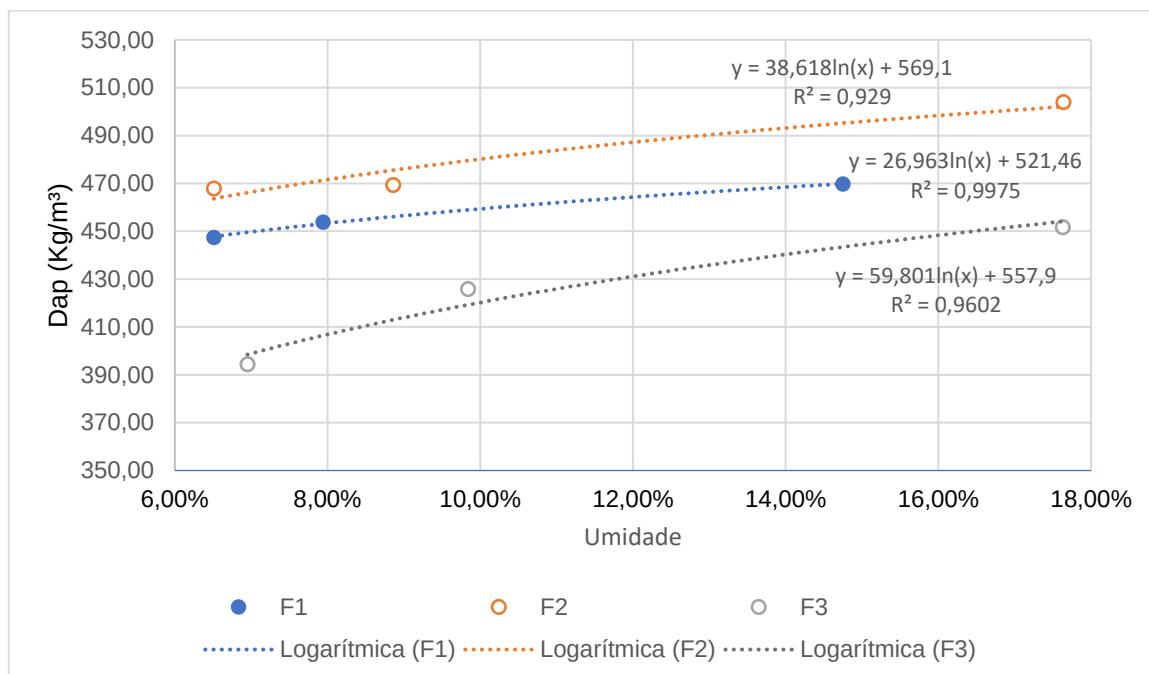
Fornecedor	Unidade	Umidade _{média3}	Umidade _{média2}	Umidade _{média1}	Umidade à 12%
F1	U%	6,51	7,94	14,75	12%
	ρ_{ap} (kg/m ³)	447,32	453,79	469,70	464,29
F2	U%	6,51	8,86	17,64	12%
	ρ_{ap} (kg/m ³)	467,85	469,36	504,00	487,22
F3	U%	6,95	9,84	17,63	12%
	ρ_{ap} (kg/m ³)	394,35	425,78	451,67	431,11

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

- 1- Umidade _{média} 1: umidade média dos corpos de prova depois de uma hora de secagem na estufa;
- 2- Umidade _{média} 2: umidade média dos corpos de prova depois de duas horas de secagem na estufa;
- 3- Umidade _{média} 3: umidade média dos corpos de prova depois de três horas de secagem na estufa;
- 4- Na coluna “Umidade à 12%”, os dados de massa específica - ME(kg/m³) – são os da densidade aparente.

O Gráfico 10 mostra as linhas de tendências traçadas para cada fornecedor, por consequência o valor da densidade aparente média por fornecedor à umidade de 12%. Os valores foram anotados na Tabela 12.

Gráfico 10 – Densidade aparente média por fornecedor



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Observação: à umidade de 12% tem-se a densidade aparente estimada.

Comparando os resultados obtidos de densidade aparente média à 12% com a Tabela 2, extraída da NBR 7190 (1997) onde tem-se uma coluna com a densidade aparente à umidade de 12% para coníferas, para as Classes de resistência C 20, C25 e C30, observa-se que nenhum dos fornecedores pode ser classificado como Classe C 20, onde a densidade aparente à 12% é de 500 Kg/m³. Os fornecedores não atingiram esse valor de densidade aparente, mas valores próximos, ou seja, peças de madeira com menor peso e resistência maior, como foi verificado na classificação mecânica (item 4.3).

Andrade Junior (2016) encontrou o valor médio de densidade aparente de 484 Kg/m³ para o *pinus elliottii*, já corrigida para umidade de 12%. Foram estimados os valores de densidade aparente de 464,29 Kg/m³, 487,22 Kg/m³ e 431,11 Kg/m³, para os fornecedores F1, F2 e F3, respectivamente. Valores próximos ao encontrado pelo pesquisador Andrade Junior (2016).

4.3 Classificação mecânica

4.3.1 Compressão paralela às fibras

Pelos dados levantados nos ensaios e registrados na Tabela 13 com as resistências à compressão paralela às fibras por peça, à umidade natural da madeira entregue e corrigida para umidade de 12%. Também é anotado o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Tabela 13 - Resistência à compressão paralela às fibras, à umidade natural e corrigida para U12%

Fornecedor	Peça	U ¹ %	f ₀ ² (MPa)	f _{12%} ³ (MPa)	f _{12% média F} ⁴ (MPa)	Desv Pad. ⁵	C.V. ⁶ (%)
F1	1	16,85	27,97	32,04	29,36	5,75	20,63
	2	11,96	22,06	22,04			
	3	12,11	38,41	38,54			
	4	13,01	20,87	21,50			
	5	11,88	29,22	29,11			
	6	16,74	28,81	32,91			
F2	1	26,62	27,06	30,82	31,29	3,29	12,25
	2	16,36	26,69	30,18			
	3	17,76	26,31	30,85			
	4	18,21	23,43	27,79			
	5	18,37	33,57	39,98			
	6	17,22	24,29	28,10			
F3	1	16,74	28,88	32,99	27,95	4,53	18,55
	2	17,22	27,66	31,99			
	3	16,66	26,66	30,39			
	4	15,93	23,57	26,34			
	5	16,64	21,14	24,08			
	6	16,81	18,63	21,31			

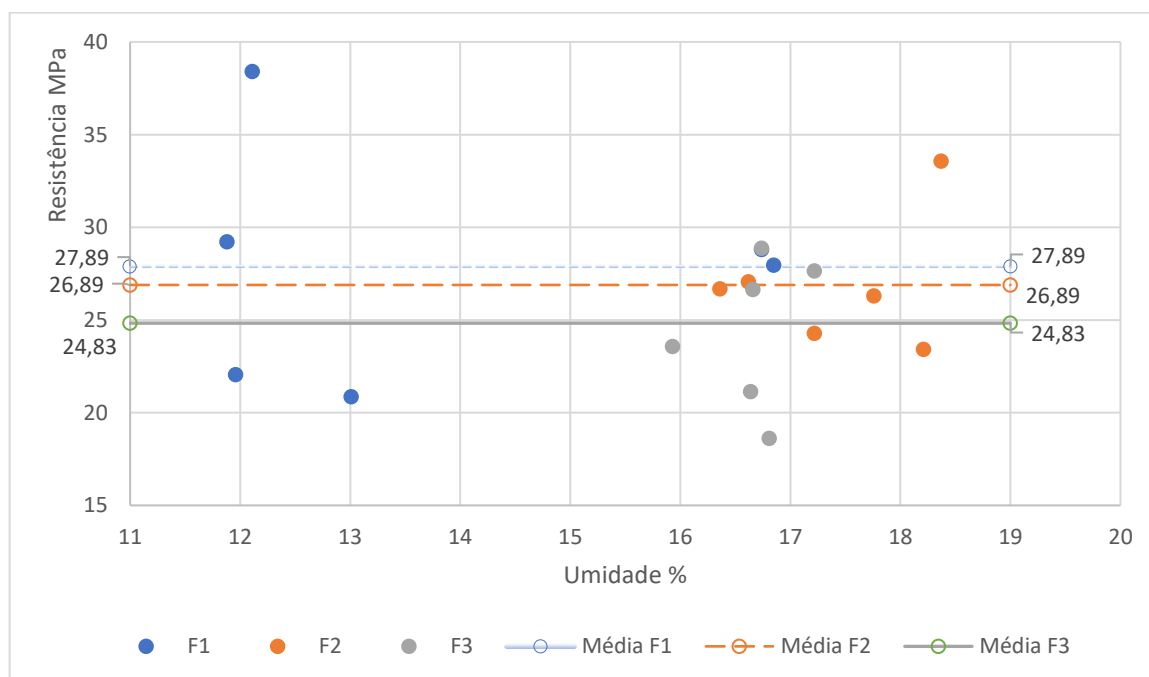
Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

- 1- Umidade natural da madeira em que foi feito o ensaio de resistência;
- 2- Resistência à compressão paralela às fibras, média de 2 corpos de prova por peça, com umidade natural da madeira;
- 3- Resistência à compressão paralela às fibras, corrigida para umidade padrão de 12%, média de 2 corpos de prova por peça;

- 4- Resistência à compressão paralelas às fibras, média corrigida para umidade padrão de 12% por fornecedor;
- 5- Desvio padrão por fornecedor;
- 6- Coeficiente de variação por fornecedor.

O Gráfico 11 mostra a dispersão dos pontos de resistência à compressão paralela às fibras por fornecedor e suas respectivas médias. Observa-se neste gráfico que o Fornecedor 3 possui uma peça com resistência abaixo de 20 MPa (Classe C 20), porém na umidade natural da peça 16,81%. Salienta-se que o Gráfico 11 tem por objetivo mostrar a dispersão dos resultados. O Fornecedor 2 é o que apresenta o lote de peças com maior homogeneidade, sendo o melhor nesse critério.

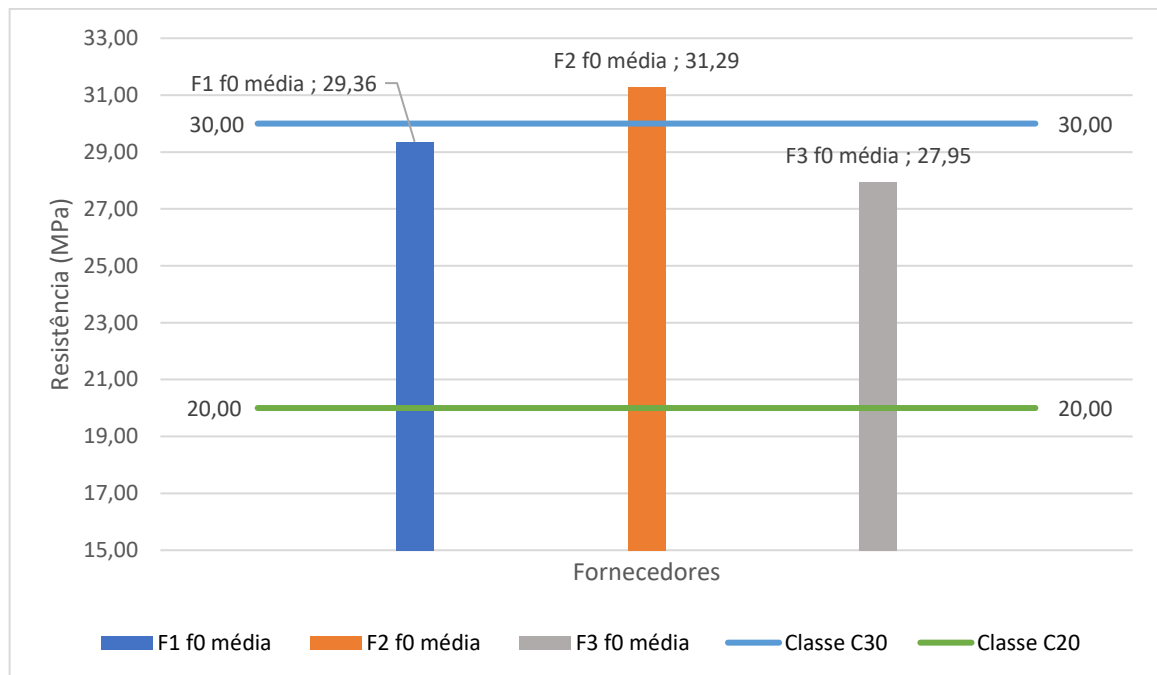
Gráfico 11 - Dispersão das resistências por fornecedor, médias e umidade



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Obs.: Os pontos no Gráfico 11 que representam a peça 6 do Fornecedor 1 e a peça 1 do Fornecedor 3 ficaram sobrepostos.

Os valores médios de resistência paralela à compressão às fibras com a umidade corrigida para 12% são apresentados Gráfico 12.

Gráfico 12 - Valores médios de resistência à compressão paralela às fibras - umidade 12%

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Após a correção da resistência para a umidade padrão de 12%, todas as amostras ficam acima do valor da classe C20 (20MPa), com amostras chegando próximo de 30 MPa (classe C30).

O cálculo do valor característico da resistência à compressão paralela às fibras ($f_{c0,k}$), para lotes de 6 peças, foi determinado pelo estimador apresentado no item 3.5.1. A Tabela 14 apresenta os valores calculados.

Tabela 14 - Valor característico da resistência à compressão paralela às fibras $f_{c0,k}$ (MPa)

Fornecedor	Menor f_{c0} do lote	f_{c0} médio do lote	$f_{c0,k}$
F1	21,50	29,36	23,65
F2	27,79	31,29	30,57
F3	21,31	27,95	23,44

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

Segundo Szücs et al. (2016), para resistência usa-se, de modo geral, o valor característico igual ao valor característico inferior, que tem 5% de probabilidade de não ser ultrapassado. Os valores característicos encontrados dos três fornecedores estão acima do especificado pela NBR 7190 (1991), na Classe C20.

5 CONCLUSÕES

O levantamento e seleção de fornecedores especializados de madeira de pinus para elementos estruturais de paredes do sistema *wood frame* na região de Florianópolis neste trabalho resultou em três fornecedores. Destes, observou-se que apenas um possui um bom estoque de elementos para a construção do *wood frame*, não só de peças para estrutura da ossatura em madeira beneficiada e tratada, mas como também de placas de revestimento e acabamento. Os outros dois fornecedores distribuem apenas os sarrafos de madeira, beneficiados e tratados.

Após a aquisição do material, a classificação visual da madeira de pinus seguiu os critérios das normas adotadas - NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991), com adaptações propostas neste estudo. Assim, de acordo com as análises realizadas, os lotes adquiridos dos fornecedores 1, 2 e 3 para estrutura do sistema *wood frame* seriam aprovados. Por sua vez, na classificação dimensional, apenas o Fornecedor 1 atende os requisitos propostos, porém os fornecedores F2 e F3 entregaram peças com medidas médias superiores as especificadas.

Mesmo que as medidas das seções, o arqueamento e o encurvamento das peças estudadas tenham, em sua maioria, atendido aos critérios da NBR 7190 (1997), nota-se que problemas construtivos na montagem dos painéis *wood frame* podem ocorrer, uma vez que as placas para revestimento, como OSB, gesso, cimentícia, são produzidas perfeitamente planas e com dimensões precisas. Assim, a variação sofrida nesses quesitos seria evidenciada na montagem dos revestimentos. Isso deixa claro que as normas e os critérios usados são muito permissíveis para aplicação para esse sistema. Assim, seria necessário uso de norma específica para o sistema *wood frame*, norma essa que ainda não foi apresentada pela ABNT.

A umidade da madeira serrada para *wood frame* entre os três fornecedores teve valores médios de 13,76%, 17,42% e 16,67%, para os fornecedores F1, F2 e F3, respectivamente. Considerando que para região a umidade de equilíbrio da madeira é de 18% - NBR 7190 (1997).

No quesito densidade aparente os três fornecedores ficaram abaixo do valor esperado para Classe C20 (500 Kg/m³). Se considerado o valor mínimo apontado pela NBR 7190 (1997), nenhum dos três atenderia o critério da densidade aparente.

A resistência à compressão paralela às fibras característica foram 23,65

MPa, 27,77 MPa e 23,25 Mpa, para os fornecedores F1, F2 e F3, respectivamente. Os três fornecedores atenderam a Classe C20. Apenas o fornecedor F2 atendeu a Classe C25. A Classe C30 não foi atendida por nenhum dos três fornecedores.

De forma geral o material classificado, a partir dos resultados obtidos na classificação visual, físico e mecânica atendeu a NBR 7190 (1997) e NBR 11700 (1991), com as adaptações propostas e os critérios estabelecidos neste estudo, não atingindo apenas os valores de densidade aparente. Mas, novamente se coloca que, para o desenvolvimento e consolidação de uso do sistema *wood frame*, uma norma específica deve ser apresentada pela ABNT. Em contrapartida, os fornecedores devem se aprimorar para entregar ao mercado produtos dentro da norma específica para o sistema *wood frame*, quando esta for apresentada pela ABNT.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para um próximo estudo indico pesquisar mais sobre a origem da madeira: onde foi colhida, idade média das árvores serradas, processo de serragem, processo de secagem etc.

Melhoria o trabalho também ter um estudo da quantidade total de madeiras na região pesquisada, aplicando um método estatístico para determinar uma quantidade de fornecedores representativa da região, de forma que os resultados pudessem ser considerados da região e não de um grupo de fornecedores analisados.

7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, Ananda Virgínia de et al. **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. Colombo - PR: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011.

ALMEIDA, Osvaldo Cesar Pinheiro de. **CLASSIFICAÇÃO DE TÁBUAS DE MADEIRA USANDO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS E APRENDIZADO DE MÁQUINA**. 2014. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Unesp, Botucatu - SP, 2014.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **DETAILS FOR CONVENTIONAL WOOD FRAME CONSTRUCTION: DETAILS FOR CONVENTIONAL WOOD FRAME CONSTRUCTION**. Washington, Dc: American Wood Council, 2001. 55 p.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **WCD1: DETAILS FOR CONVENTIONAL WOOD FRAME CONSTRUCTION**. 2005 ed. Washington: WCD, 2005. 52 p.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **NATIONAL DESIGN SPECIFICATION - DESIGN VALUES WOOD CONSTRUCTION: National Design Specification - Design Values Wood Construction**. Washington, DC: American Wood Council, 2005.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **WOOD FRAME CONSTRUCTION MANUAL - FOR ONE- AND TWO-FAMILY DWELLINGS: WOOD FRAME CONSTRUCTION MANUAL - for One- and Two-Family Dwellings**. Washington, DC: American Wood Council, 2018.

ANDRADE JUNIOR, Jairo Ribas de. **Classificação Estrutural de Peças de Madeira de Pinus Elliottii Utilizando o Módulo de Elasticidade Obtido Pelo Método de Ondas Longitudinais de Tensão**. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos - Sp, 2016.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 – ano base 2011**. Brasília: ABRAF; 2012. 150 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806: Madeira Serrada de Eucalipto**. 1 ed. Rio de Janeiro - RJ.: Abnt, 2002. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de Madeira**. 3 ed. Rio de Janeiro - RJ.: Abnt, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12498: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Requisitos**. Rio de Janeiro - RJ.: Abnt, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11700: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral - classificação**. 1 ed. Rio de Janeiro - RJ.: Abnt, 1991. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12297: Madeira serrada**

de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral - Medição e quantificação. Rio de Janeiro - RJ.: Abnt, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12551**: Madeira serrada - Terminologia. Rio de Janeiro - RJ.: Abnt, 2017.

BALEN, Elisa; PANSERA, Rafael Douglas; ZANARDO, Rosane Lemos de Pinho. *Wood frame—Busca por sustentabilidade*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 5., 2016, Passo Fundo - Rs. **Wood frame—Busca por sustentabilidade**. Passo Fundo - Rs: Imed, 2016. p. 1 - 6. Disponível em: <https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_19.pdf>. Acesso em: 08 set. 2019.

BITTENCOURT, R.M. (1995). **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. Doutorado (tese). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CALIL JÚNIOR, Carlito et al. **Manual de Projeto e Construção de Pontes de Madeira**. São Carlos - Sp: Suprema, 2006. 252 p.

CALIL JÚNIOR, C.; DIAS, A. A. **Utilização da madeira em construções rurais**. Agriambi:Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.Campina Grande, v. 1, n. 1, p.71-77,set./dez.1997.

CALIL JUNIOR, Carlito; MOLINA, Julio Cesar. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina - Pr, v. 31, n. 2, p.143-156, jul. 2010.

CAMPOS, Rubens Junior Andrade de. **Diretrizes de Projeto Para Produção de Habitações Térreas com Estrutura Tipo Plataforma e Fechamento Com Placas Cimentícias**. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações e Saneamento,)

CAPRECCI, Claudia; LABATI, Graciella. **Quais são as fases de uma construção de madeira**. 2019. Disponível em: <<https://www.imovelweb.com.br/noticias/socorretor/dicas-para-corretor/quais-sao-fases-de-uma-construcao-residencial/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

CARREIRA, Marcelo Rodrigo. **Critérios Para Classificação Visual de Peças Estruturais Pinus Sp**. 2003. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos - Sp, 2003.

CARREIRA, Marcelo Rodrigo; DIAS, Antônio Alves. CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE PEÇAS ESTRUTURAIS DE PINUS SP. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos - SP, v. 8, n. 34, p.17-43, jun. 2006. Quadrimestral.

COINASKI, Melissa dos Santos; SIQUEIRA, Vinícius de Azevedo. **Wood Frame: Um Estudo de Atendimento às Normas e à Cultura Habitacional Brasileira**. 2016. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2016.

DIAS, Gustavo Lacerda. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu**

plano. 2005. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2005.

ECKER, Taienne Winni Paiz; MARTINS, Valdemar. **Comparativo dos sistemas construtivos *steel frame* e *wood frame* para habitações de interesse social**. 2014. 154 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2014.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **O *wood frame* na produção de habitação social no Brasil**. 2017. 331 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 2017.

GAMA, Dráuzio Correia et al. **Madeiras Serradas Empregadas na Construção Civil Habitacional do Município de Ribeira do Pombal-Ba**. *Agroforestalis News*, Aracaju - Se, v. 1, n. 2, p.15-23, out. 2016.

GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília - Df: Iphan, 2006. 246 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2016**. Brasília, 2016. 100 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA. Manual de comunicação científica. Florianópolis: IFSC, 2016. 45 p.

Mário Leonardo. **Estudo Comparativo Quanto a Preceitos da Sustentabilidade Entre Método Tradicional de Produção e o Sistema *Light Wood Framing* Para Construção da Biblioteca Cidadã**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2010.

MELLO, Roberto Lecomte de. **Projetar Em Madeira: Uma Nova Abordagem**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2007.

MENDES, Letícia et al. **Anuário brasileiro da silvicultura 2016**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2016. 56 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - SECRETARIA NACIONAL DA HABITAÇÃO PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H) SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS (SINAT). **DIRETRIZ 005**.

MORE: **Mecanismo online para referências**, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: < <http://www.more.ufsc.br/> >. Acesso em: 07 OUT 2019.

NASCIMENTO, Alexandre Miguel do; OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; DELLA

LUCIA, Ricardo Marius. **Classificação e Propriedades da Madeira de Pinus e Eucalipto.** 2001. Disponível em: <<https://www.floram.org/article/588e21f5e710ab87018b45ba/pdf/floram-8-%C3%BAnico-27.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2019.

NOGUEIRA, Marcelo. **Classificação De Peças De Madeira Serrada De Dimensões Estruturais De Eucalyptus sp. COM USO DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS.** 2007. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Unesp, Botucatu - SP, 2007.

PERES, Jacson Luiz. **Caracterização Do Mercado Local De Madeira Serrada Para A Construção Civil Em São Lourenço Do Oeste, Sc.** 2013. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Pato Branco - Pr, 2013.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira.** 6. ed. Rio de Janeiro - RJ: Ltc, 2008. 221 p.

RAMOS, Nicolle Christine Sotsek; FLECK, Ariadne Thalita Fernandes; SANTOS, Adriana de Paula Lacerda. **REVISÃO SISTEMÁTICA: O ESTUDO DA ARTE A RESPEITO DO LIGHT WOOD FRAME NO BRASIL.** 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/papers/revisao-sistemica%3A-o-estudo-da-arte-a-respeito-do-light-wood-frame-no-brasil?lang=pt-br>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

SACCO, Marcelo de Freitas; STAMATO, Guilherme Corrêa. **Light wood frame-construções com estrutura leve de madeira.** Pini: Revista Técnica, São Paulo - SP, v. 16, p.75-80, nov. 2008.

SÁNCHEZ, José Enrique Peraza et al. **Casas de Madera: Sistemas constructivos a base de madera aplicados a viviendas unifamiliares.** Madrid: Asociación de Investigación Técnica de Las Industrias de La Madera y Corcho-aitim, 1995. 133 p.

SANTA CATARINA. Maria Laura Guimaraes Rodrigues. Epagri-Ciram - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Atlas Climatológico.** 2007. Umidade relativa do ar. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=708&Itemid=483%20=%20umidade%20relativa%20do%20ar%20m%C3%A9dia%20anual%20para%20Florian%C3%B3polis. Acesso em: 12 out. 2020.

SANTINI, Elio José; HASELEIN, Clóvis Roberto; GATTO, Darci Alberto. **ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE TRÊS CONÍFERAS DE FLORESTAS PLANTADAS.** **Ciência Florestal**, Santa Maria - Rs, v. 10, n. 1, p.85-93, nov. 2000.

SANTOS, Adriana da Silva et al. **Panorama do Comércio de Madeira Serrada na Microrregião Geográfica de Florianópolis-SC.** **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p.19-29, mar. 2014.

SANTOS, Heloisa Helena Valente. **O USO DE WOOD - FRAME NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS ESCOLARES SUSTENTÁVEIS NO ESTADO DO PARANÁ.** 2010. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2010.

Serviço Florestal Brasileiro. **Inventário Florestal Nacional**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/publicações>>. Acesso em: 05 out. 2019.

SINAT N° 005 – REVISÃO 02: Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “*Light Wood Framing*”). 5 ed. Brasília - DF: Sinat, 2017. 73 p.

SOTSEK, Nicolle Christine; SANTOS, Adriane de Paula Lacerda. Panorama do sistema construtivo *light wood frame* no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre - RS, v. 18, n. 3, p.309-326, set. 2018.

SZÜCS, Carlos Alberto et al. **Estruturas de Madeira**. 5. ed. Florianópolis-SC: UFSC, 2016. 217 p. (Apostila).

TORQUATO, Mário Leonardo. **Estudo Comparativo Quanto a Preceitos da Sustentabilidade Entre Método Tradicional de Produção e o Sistema *Light Wood Framing* Para Construção da Biblioteca Cidadã**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2010.

U.S. DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT OFFICE OF POLICY DEVELOPMENT AND RESEARCH. **A STATE-OF-THE-ART ENGINEERING RESOURCE FOR LIGHT-FRAME HOMES, APARTMENTS, AND TOWNHOUSES: Residential Structural Design Guide**. 2 ed. Washington, Dc: Coulbourn Consulting, 2017.

VELLOSO, Joana Geraldí. **DIRETRIZES PARA CONSTRUÇÕES EM MADEIRA NO SISTEMA PLATAFORMA**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2010.

ZENID, Geraldo José. **MADEIRA - uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: IPT _ Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009. 103 p.

APÊNDICE A – Tabela com sumário da classificação de madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento

Defeito			Classes de qualidade				
		Caracteris tica Considera da	Super	Extra	Primeira	Segunda	Terceira
Nós	Firmes; Feixe de nós; Grupo de nós	Soma dos Diâmetros	50% l1/m	70% l1/m	90% l1/m	Sem restrições	Todos os defeitos que ultrapassem os limites da 2ª classe, exceto aqueles que inviabilizem a utilização da peça, tais como podridão avançada, furos dos insetos ativos, etc.
	Soltos Cariados; de Gravata	Soma dos Diâmetros	Não são permitidos	Não são permitidos	30% l1/m	200% l1/m	
	Vazados				10% l1/m	30% l1/m	
Bolsa de Resina		Soma das larguras	Não é permitida	5% l1/m	10% l1/m	15% l1/m	
		Soma dos comprime ntos		25% l1/m	Sem restrições		
Medula		Largura	Não é permitida	12 mm	Permitida Sem Restrições		
		Soma dos comprime ntos		15% l1/m			
Encanoamento		Perda no Aplainame nto	4mm + Sobremedidas e/ou Desbitolamentos				
Arqueamento Encurvamento		Deformaç ão	0,5% l1	1% l1	1,5% l1	2% l1	

Defeito		Classes de qualidade					Terceira
	Caracteris tica Considera da	Super	Extra	Primeira	Segunda		
Rachas	Soma dos comprime ntos	Não são permitidas	10% l1	20% l1	50% l1	Todos os defeitos que ultrapassem os limites da 2ª classe, exceto aqueles que inviabilizem a utilização da peça, tais como podridão avançada, furos dos insetos ativos, etc.	
	Comprime nto Individual		0,15 m	0,20 m	0,50 m		
Fenilhado	Profundid ade	Não afete aplainamento		Permitido sem restrições			
Esmoado	Espessura	15% e1	15% e1	30% e1	30% e1		
	Largura	3% l1	5% l1	10% l1	20% l1		
	Soma dos comprime ntos	20% L1	20% L1	30% L1	40% L1		
	Números de quinas	1	1	1	2		
Mancha Marrom	Área Afetada	Não são permitidos	10% A1				
Mancha Azul			10% A1	25% A1	50% A1		
Madeira Ardida			Não Permitido	10% A1	15% A1		
Furos de insetos inativos			15% A1	30% A1	50% A1		
Galerias, furos de insetos ativos, torcimento, enc. complexo e podridão	Presença	Não são permitidos					
Esporas, Exsudação, Grã Entrecruzada e inclinação de Grã	Presença	Permitidos sem restrições					
Todos	Quantidade	sem restrições	6	7	sem restrições		

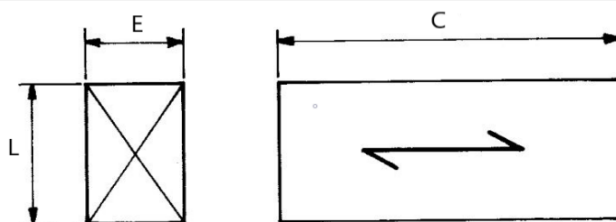
L1=comprimento real da peça
l1=largura real da peça

e1=espessura real da peça
A1=área da face classificada da peça.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 11700 (1991).

APENDICE B - TABELA PARA REGISTRO DE DIMENSÕES E DEFEITOS DAS PEÇAS DE MADEIRA

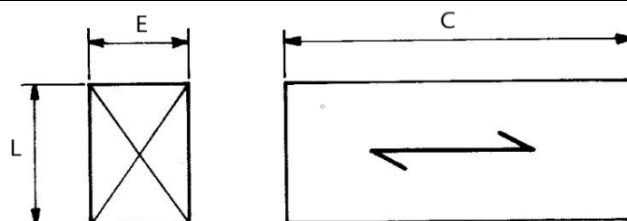
FICHA DE INSPEÇÃO DE MADEIRA							
Fornecedor: 1				Data de compra: / /2020			
Quantidade comprada:			Unid	pç	Data de entrega: / /2020		
Quantidade entregue:			Unid	pç			
Bitola comprada: 4x9x300 cm					Espécie Pinus		
Tipo de amostragem			Total	○	Parc		
	PEÇA	1	2	3	4	5	6 MÉDIA
Dimensões	L						
	E						
	C						
Defeitos	Nós soltos						
	Nós firmes ¹						
	Furos de insetos						
	Rachas						
	Madeira ardida						
	Mancha Azul						
	Mancha marrom						
	bolsa de resina						
	Medula						
	Esmoados ²						
	Arqueamento ³						
	Encurvamento ³						
	Fendilhamento ⁴						
Encanoamento ⁴							
Categoria							
OBSERVAÇÕES	1- soma dos diâmetros não superior a 50% da largura, por metro de comprimento da peça						
	2-uma única quina, com espessura não superior a 15% da espessura da peça, largura não superior a 3% da largura da peça e comprimento não superior a 20% do comprimento da peça						
	3- % do comprimento da peça						
	4- não pode apresentar nas peças aplainadas						



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

APÊNDICE C – TABELA COM REGISTRO DE DIMENSÕES (FORNECEDOR 1)

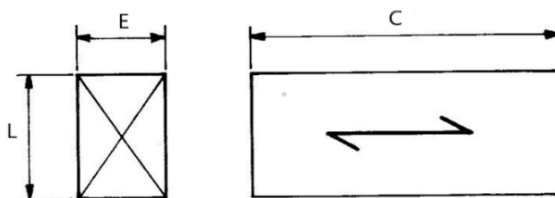
FICHA DE INSPEÇÃO DE MADEIRA								
Fornecedor: 1						Data de compra: 22/02/2020		
Quantidade comprada: 07				Unidade	pç	Data de entrega: 27/02/2020		
Quantidade entregue: 07				Unidade	pç			
Bitola comprada: 4x9x300 cm						Espécie Pinus		
Tipo de amostragem				Total	○ X	Parcial	○	
Dimensões	PEÇA	1	2	3	4	5	6	MÉDIA
	L (cm)	9,00	8,90	8,90	8,90	8,90	8,80	8,90
	E (cm)	4,10	3,90	3,90	4,00	4,00	3,90	3,97
	C (cm)	319,00	313,30	308,70	304,20	313,90	312,70	311,97
Defeitos	Nós soltos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Nós firmes ¹	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	
	Furos de insetos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Rachas	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	
	Madeira ardida	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Mancha Azul	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Mancha marrom	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	bolsa de resina	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Medula	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	
	Esmoadado ²	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Arqueamento ³	0,44%	0,22%	0,10%	0,30%	0,25%	0,06%	0,23%
	Encurvamento ³	0,38%	0,22%	0,13%	0,26%	0,19%	0,42%	0,27%
	Fendilhamento ⁴	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Encanoamento ⁴	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
Categoria		2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.
Observações	1- soma dos diâmetros não superior a 50% da largura, por metro de comprimento da peça. Peça 1= 178%; Peça 2= 97%; Peça 3= 67%; Peça 4= 140%; Peça 5= 170%; Peça 6= 120%.							
	2-aceitável uma única quina, com espessura não superior a 15% da espessura da peça, largura não superior a 3% da largura da peça e comprimento não superior a 20% do comprimento da peça							
	3- % do comprimento da peça. Não pode ser superior a 0,5% do comprimento da peça.							
	4- não pode apresentar nas peças aplainadas							



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

APÊNDICE D - TABELA COM REGISTRO DE DIMENSÕES (FORNECEDOR 2)

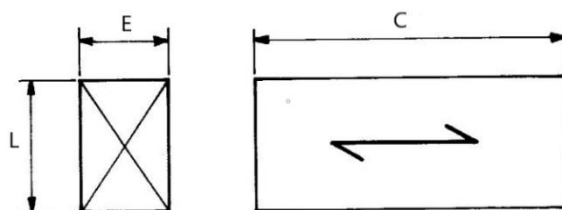
FICHA DE INSPEÇÃO DE MADEIRA								
Fornecedor: 2						Data de compra: 26/02/2020		
Quantidade comprada: 10				Unidade	pç	Data de entrega: 02/03/2020		
Quantidade entregue: 10				Unidade	pç			
Bitola comprada: 4x9x300 cm						Espécie Pinus		
Tipo de amostragem				Total	○ X	Parcial	○	
Dimensões	PEÇA	1	2	3	4	5	6	MÉDIA
	L (cm)	9,40	9,30	9,30	9,50	9,40	9,40	9,38
	E (cm)	4,40	4,40	4,30	4,40	4,40	4,20	4,35
	C (cm)	296,00	301,00	297,00	296,00	300,00	297,00	297,83
Defeitos	Nós soltos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Nós firmes ¹	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	
	Furos de insetos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Rachas	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Madeira ardida	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Mancha Azul	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Mancha marrom	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	bolsa de resina	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Medula	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	
	Esmoador ²	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Arqueamento ³	0,10%	0,20%	0,13%	0,17%	0,27%	0,17%	0,17%
	Encurvamento ³	0,03%	0,30%	0,30%	0,10%	0,23%	0,20%	0,20%
	Fendilhamento ⁴	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	
	Encanoamento ⁴	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
Categoria		2ª CAT.*	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.
Observações	1- soma dos diâmetros não superior a 50% da largura, por metro de comprimento da peça. Peça 1= 50%; Peça 2= 12%; Peça 3= 97%; Peça 4= 53%; Peça 5= 85%; Peça 6= 64%.							
	2-uma única quina, com espessura não superior a 15% da espessura da peça, largura não superior a 3% da largura da peça e comprimento não superior a 20% do comprimento da peça. Peça 2= 23% (para espessura) e 11% (para largura).							
	3- % do comprimento da peça. Não pode ser superior a 0,5% do comprimento da peça.							
	4- não pode apresentar nas peças aplainadas							
	* Peça 1 atende condições para ser classificada como 1ª Categoria, porém todas as coníferas devem ser consideradas como 2ª Categoria para efeitos de cálculo.							



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

APÊNDICE E - TABELA COM REGISTRO DE DIMENSÕES (FORNECEDOR 3)

FICHA DE INSPEÇÃO DE MADEIRA								
Fornecedor: 3						Data de compra: 26/02/2020		
Quantidade comprada: 07				Unidade	pç	Data de entrega: 02/03/2020		
Quantidade entregue: 07				Unidade	pç			
Bitola comprada: 4x9x300 cm						Espécie Pinus		
Tipo de amostragem				Total	X	Parcial	○	
Dimensões	PEÇA	1	2	3	4	5	6	MÉDIA
	L (cm)	9,40	9,50	9,40	9,50	9,50	9,50	9,47
	E (cm)	4,40	4,50	4,30	4,30	4,40	4,40	4,38
	C (cm)	306,50	307,50	304,50	306,00	307,50	307,00	306,50
Defeitos	Nós soltos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Nós firmes ¹	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	
	Furos de insetos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Rachas	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Madeira ardida	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Mancha Azul	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Mancha marrom	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	bolsa de resina	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Medula	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	
	Esmoadado ²	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Arqueamento ³	0,16%	0,29%	0,39%	0,29%	0,23%	0,29%	0,28%
	Encurvamento ³	0,55%	0,72%	1,12%	0,78%	0,88%	0,62%	0,78%
	Fendilhamento ⁴	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	
OBSERVAÇÕES	Encanoamento ⁴	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	
	Categoria	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.	2ª CAT.
OBSERVAÇÕES	1- soma dos diâmetros não superior a 50% da largura, por metro de comprimento da peça. Peça 1= 70%; Peça 2= 137%; Peça 3= 66%; Peça 4= 84%; Peça 5= 79%; Peça 6= 142%.							
	2-uma única quina, com espessura não superior a 15% da espessura da peça, largura não superior a 3% da largura da peça e comprimento não superior a 20% do comprimento da peça							
	3- % do comprimento da peça. Não pode ser superior a 0,5% do comprimento da peça.							
	4- não pode apresentar nas peças aplainadas							



Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

APÊNDICE F – TABELA DE ENSAIO DE UMIDADE

ENSAIO DE UMIDADE										
FORN ECED OR	PEÇA	CP	DIMENSÕES (mm)			VOL. (cm ³)	Mi	Ms	U%	Um%
			E	L	C					
1	1	1	20,27	30,75	50,49	31,47	12,38	10,60	16,79%	13,76%
1	1	2	20,72	30,74	50,72	32,31	12,86	11,00	16,91%	
1	2	1	20,75	31,55	50,52	33,07	12,97	11,59	11,91%	
1	2	2	20,17	31,67	50,26	32,11	12,58	11,23	12,02%	
1	3	1	22,91	30,87	50,74	35,88	16,71	14,91	12,07%	
1	3	2	22,82	30,61	50,75	35,45	16,61	14,81	12,15%	
1	4	1	23,11	29,74	50,62	34,79	14,66	12,98	12,94%	
1	4	2	23,06	30,20	50,70	35,31	14,95	13,22	13,09%	
1	5	1	23,15	30,79	50,82	36,22	20,16	18,02	11,88%	
1	5	2	23,12	30,47	50,76	35,76	19,87	17,76	11,88%	
1	6	1	20,69	30,36	50,87	31,95	16,83	14,43	16,63%	
1	6	2	20,83	30,31	50,87	32,12	16,85	14,42	16,85%	
2	1	1	22,27	30,52	50,73	34,48	14,63	12,55	16,57%	17,42%
2	1	2	22,26	30,48	50,72	34,41	14,42	12,36	16,67%	
2	2	1	20,31	30,50	50,88	31,52	15,09	12,97	16,35%	
2	2	2	20,12	30,30	51,08	31,14	14,22	12,22	16,37%	
2	3	1	21,96	31,92	50,77	35,59	17,21	14,61	17,80%	
2	3	2	21,57	31,83	50,94	34,97	17,14	14,56	17,72%	
2	4	1	20,59	31,78	50,83	33,26	14,27	12,08	18,13%	
2	4	2	20,73	31,69	50,93	33,46	14,62	12,36	18,28%	
2	5	1	20,14	30,67	50,29	31,06	17,72	14,98	18,29%	
2	5	2	20,01	30,57	51,17	31,30	17,85	15,07	18,45%	
2	6	1	19,37	30,82	50,96	30,42	17,09	14,58	17,22%	
2	6	2	19,89	31,18	50,94	31,59	17,49	14,92	17,23%	
3	1	1	22,36	29,06	50,86	33,05	17,29	14,82	16,67%	16,67%
3	1	2	22,38	29,87	50,98	34,08	17,57	15,04	16,82%	
3	2	1	21,19	30,64	51,25	33,27	13,64	11,65	17,08%	
3	2	2	21,06	30,56	50,95	32,79	13,93	11,87	17,35%	
3	3	1	20,12	30,69	50,94	31,45	14,74	12,64	16,61%	
3	3	2	19,65	30,57	50,96	30,61	14,04	12,03	16,71%	
3	4	1	19,92	30,41	51,18	31,00	13,42	11,59	15,79%	
3	4	2	20,05	30,97	51,11	31,74	13,58	11,70	16,07%	
3	5	1	20,22	29,82	51,17	30,85	12,27	10,52	16,63%	
3	5	2	20,03	29,71	51,14	30,43	12,19	10,45	16,65%	
3	6	1	21,73	30,04	51,01	33,30	12,94	11,09	16,68%	
3	6	2	22,25	30,21	51,16	34,39	13,26	11,34	16,93%	

Fonte: Autor desta pesquisa (2020).

APÊNDICE G – TABELA DE ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS					
FORNECEDOR	PEÇA	CP	U%	fc0 (MPa)	fc12% (MPa)
1	1	1	16,79%	27,57	31,54
1	1	2	16,91%	28,36	32,54
1	2	1	11,91%	21,94	21,88
1	2	2	12,02%	22,19	22,20
1	3	1	12,07%	37,99	38,07
1	3	2	12,15%	38,84	39,02
1	4	1	12,94%	20,97	21,56
1	4	2	13,09%	20,77	21,45
1	5	1	11,88%	30,49	30,38
1	5	2	11,88%	27,94	27,84
1	6	1	16,63%	28,65	32,63
1	6	2	16,85%	28,97	33,19
2	1	1	16,57%	26,60	30,25
2	1	2	16,67%	27,53	31,38
2	2	1	16,35%	25,94	29,32
2	2	2	16,37%	27,45	31,05
2	3	1	17,80%	26,13	30,67
2	3	2	17,72%	26,49	31,04
2	4	1	18,13%	23,42	27,72
2	4	2	18,28%	23,44	27,86
2	5	1	18,29%	32,85	39,05
2	5	2	18,45%	34,29	40,92
2	6	1	17,22%	24,41	28,23
2	6	2	17,23%	24,17	27,96
3	1	1	16,67%	32,99	37,61
3	1	2	16,82%	24,77	28,36
3	2	1	17,08%	22,81	26,29
3	2	2	17,35%	32,52	37,74
3	3	1	16,61%	27,32	31,10
3	3	2	16,71%	26,00	29,68
3	4	1	15,79%	24,84	27,66
3	4	2	16,07%	22,29	25,02
3	5	1	16,63%	21,08	24,01
3	5	2	16,65%	21,20	24,16
3	6	1	16,68%	18,99	21,65
3	6	2	16,93%	18,27	20,97

ANEXO A – DIMENSÕES NOMINAIS E DIMENSÕES MÍNIMAS (PARA MADEIRA APARELHADA). DETALHES PARA CONSTRUÇÃO EM *WOOD FRAME*.

Figura 12. Dimensões nominais e dimensões mínimas

WOOD CONSTRUCTION DATA 1

15

Table I. Nominal and Minimum-Dressed Sizes of Boards, Dimension and Timbers.^a

The thicknesses apply to all widths and all widths apply to all thicknesses. Sizes are given in inches and millimeters. Metric units are based on dressed size - see Appendix B, PS 20-99 for rounding rule.

	Thicknesses					Face Widths				
	Nom. inch	Minimum Dressed				Nom. inch	Minimum Dressed			
		Dry ^b		Green ^b			Dry ^b		Green ^b	
		inch	mm	inch	mm		inch	mm	inch	mm
Boards						2	1-1/2	38	1-9/16	40
						3	2-1/2	64	2-9/16	65
						4	3-1/2	89	3-9/16	90
						5	4-1/2	114	4-5/8	117
	3/4	5/8	16	11/16	17	6	5-1/2	140	5-5/8	143
	1	3/4	19	25/32	20	7	6-1/2	165	6-5/8	168
	1-1/4	1	25	1-1/32	26	8	7-1/4	184	7-1/2	190
	1-1/2	1-1/4	32	1-9/32	33	9	8-1/4	210	8-1/2	216
						10	9-1/4	235	9-1/2	241
						11	10-1/4	260	10-1/2	267
						12	11-1/4	286	11-1/2	292
						14	13-1/4	337	13-1/2	343
						16	15-1/4	387	15-1/2	394
Dimension						2	1-1/2	38	1-9/16	40
						2-1/2	2	51	2-1/16	52
						3	2-1/2	64	2-9/16	65
	2	1-1/2	38	1-9/16	40	3-1/2	3	76	3-1/16	78
	2-1/2	2	51	2-1/16	52	4	3-1/2	89	3-9/16	90
	3	2-1/2	64	2-9/16	65	4-1/2	4	102	4-1/16	103
	3-1/2	3	76	3-1/16	78	5	4-1/2	114	4-5/8	117
	4	3-1/2	89	3-9/16	90	6	5-1/2	140	5-5/8	143
	4-1/2	4	102	4-1/16	103	8	7-1/4	184	7-1/2	190
						10	9-1/4	235	9-1/2	241
						12	11-1/4	286	11-1/2	292
						14	13-1/4	337	13-1/2	343
						16	15-1/4	387	15-1/2	394
Timbers	5 & thicker			½ off	13 off	5 & wider			½ off	13 off

^aBased on Voluntary Product Standard DOC PS 20-99, American Softwood Lumber Standard. U.S. Department of Commerce. September 1999.

^bSee sections 2.7 and 2.11, PS 20-99 for the definitions of dry and green lumber.

^aBased on Voluntary Product Standard DOC PS 20-99, American Softwood Lumber Standard. U.S. Department of Commerce, September 1999.

^bSee sections 2.7 and 2.11, PS 20-99 for the definitions of dry and green lumber.

Fonte: AMERICAN WOOD COUNCIL - AWC (2018)