

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
ENGENHARIA CIVIL

Leonardo de Medeiros Cruz

**ANÁLISE DOS CRITÉRIOS NORMATIVOS E DA APLICAÇÃO DA
CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA DA MADEIRA DE FLORESTA
PLANTADA PARA FINS ESTRUTURAIS SEGUNDO O PROJETO DE NORMA
ABNT 7190:2021**

Florianópolis

2021

Leonardo de Medeiros Cruz

**ANÁLISE DOS CRITÉRIOS NORMATIVOS E DA APLICAÇÃO DA
CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA DA MADEIRA DE FLORESTA
PLANTADA PARA FINS ESTRUTURAIS SEGUNDO O PROJETO DE NORMA
ABNT 7190:2021**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ângela do Valle

Florianópolis

2021

Cruz, Leonardo de Medeiros

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS NORMATIVOS E DA APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA DA MADEIRA DE FLORESTA PLANTADA PARA FINS ESTRUTURAIS SEGUNDO O PROJETO DE NORMA ABNT 7190:2021 / Leonardo de Medeiros Cruz; orientadora, Prof.ª Dr.ª Ângela do Valle, 2021.

64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Projeto de Norma. 3. Madeira. 4. Classificação. I. do Valle, Prof.ª Dr.ª Ângela. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Leonardo de Medeiros Cruz

**ANÁLISE DOS CRITÉRIOS NORMATIVOS E DA APLICAÇÃO DA
CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA DA MADEIRA DE FLORESTA
PLANTADA PARA FINS ESTRUTURAIS SEGUNDO O PROJETO DE NORMA
ABNT 7190:2021**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Civil” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Civil.

Florianópolis, 22 de setembro de 2021.

Prof.^a Liane Ramos da Silva, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Ângela do Valle, Dr.^a
Orientadora
Departamento de Engenharia Civil, UFSC

Prof. Tiago Morkis Siqueira, Dr.
Avaliador
Departamento de Engenharia Civil, UFSC

Prof. Rodrigo Figueiredo Terezo, Dr.
Avaliador
Departamento de Engenharia Florestal, UDESC

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha orientadora professora Ângela do Valle por ter aceitado conduzir o meu trabalho de pesquisa. Mas, mais do que apenas isso, por ter servido como uma amiga nos momentos de insegurança, pelos conselhos, por ter sido compreensiva quando necessário, embora firme para me ajudar a seguir o caminho até a finalização deste trabalho. Foi o tipo de orientação que me ajudou a superar medos que iam além da realização da pesquisa.

Não poderia deixar de agradecer a todos os professores do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina por sua didática e excelência técnica.

Continuo os agradecimentos à minha família. Minha mãe, Antônia, que nunca deixou de me apoiar; ao meu pai, José, que me perguntava constantemente como estava o andamento do Trabalho de Conclusão de Curso; ao meu irmão, Lucas, que vai passar pelo mesmo processo daqui alguns anos e a minha irmã, Júlia, que se dedica ao estudo de forma bela.

Gostaria de agradecer também ao meu parceiro de vida André, por ter sido compreensivo e paciente quando eu precisava desse apoio.

Por fim, agradeço à Deus pela oportunidade da vida em um momento tão complicado quanto o dos últimos anos.

RESUMO

A utilização de madeira para elementos estruturais demanda avaliações pertinentes à suas classificações visual e mecânica, com critérios apresentados pelas normas atuais, entre elas a ABNT NBR7190:1997 Projeto de estruturas de madeira. Existe uma revisão desta norma em andamento, o projeto de norma ABNT 7190:2021 Projeto de estruturas de madeira, que possui alterações em relação à edição da norma vigente. Para melhor compreensão da perspectiva de aceitação e da viabilidade da adoção dos critérios de normas para classificação, foi realizada uma prospecção do mercado, com entrevistas a 31 empresas localizadas nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Nestes contatos, foi questionado sobre o conhecimento das normas de classificação e de sua aplicação. Assim, compreende-se a importância da análise de viabilidade em sua aplicação com o intuito de compreender os processos que estão interligados diretamente à sua usabilidade. Diante das distintas metodologias normativas de classificação existentes, esse trabalho se enquadra como uma pesquisa bibliográfica e um levantamento de campo junto a empresas que comercializam madeira estrutural que busca avaliar a relação entre os critérios normativos e as práticas de mercado. Dentre as 31 empresas entrevistadas, apenas uma faz classificações visual e mecânica de parte de sua produção sob demanda de alguns clientes em particular. As normas técnicas de classificação não são de amplo conhecimento nas empresas entrevistadas e, quando conhecidas, não foi demonstrado interesse em aplicar seus critérios aos produtos comercializados. Como resultado também foi apresentado um questionário realizado com a única empresa que efetua a classificação do material comercializado, explanando sobre metodologia, abordagem e maquinário utilizado (GoldenEye e ViScan), assim como a receptividade do mercado, dificuldades existentes, motivação para execução desse serviço, demanda e questões financeiras. Conclui-se que regulamentar o setor de comercialização de madeira classificada demandará a superação de interesses envolvendo a parte financeira e a ausência de cobrança de madeira classificada visual e mecanicamente da parte dos consumidores e dos fornecedores.

Palavras-chave: Madeira. Classificação visual e mecânica. Análise de norma. ABNT 7190:2021. Levantamento de mercado.

ABSTRACT

The use of wood for structural elements requires evaluations relevant to its visual and mechanical classification, with criteria presented by current standards, including ABNT NBR7190:1997 Design of wood structures. There is a review of this standard in progress, the draft standard ABNT 7190:2021 Design of wooden structures, which has changes in relation to the current standard edition. To better understand the perspective of acceptance and feasibility of the adoption of the criteria of standards for classification, a market prospection was carried out, with interviews with 31 companies located in the states of São Paulo, Paraná and Santa Catarina. In these contacts, he was asked about the knowledge of classification standards and their application. Thus, it is understood the importance of feasibility analysis in its application in order to understand the processes that are directly linked to its usability. Given the different existing normative classification methodologies, this work is framed as bibliographic research and a field survey with companies that sell structural wood that seeks to evaluate the relationship between normative criteria and market practices. Among the 31 companies interviewed, only one makes visual and mechanical classification of part of their on-demand production of some particular customers. The technical classification standards are not widely known in the companies interviewed and, when known, no interest was shown in applying their criteria to the products marketed. As a result, a questionnaire was presented with the only company that performs the classification of the commercialized material, explaining about methodology, approach and machinery used (GoldenEye and ViScan), as well as market receptivity, existing difficulties, motivation to perform this service, demand and financial issues. It is concluded that regulating the classified wood marketing sector will require overcoming interests between the financial part and the absence of collection of classified visual and mechanical wood on the part of consumers and suppliers.

Keywords: Wood. Visual and mechanical classification. Standard analysis. ABNT 7190:2021. Market survey.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de uma peça de madeira com a presença de Medula	27
Figura 2 – Representação de uma peça de madeira com a presença de nó cariado	28
Figura 3 – Representação de uma peça de madeira com a presença de nó solto	28
Figura 4 – Representação de uma peça de madeira com a presença de nó vazado	29
Figura 5 – Medição do diâmetro de um nó firme	29
Figura 6 – Medição do diâmetro de conjunto de nós firmes	30
Figura 7 – Nós individuais próximos, com fibras inclinadas em torno de cada um, com ocorrência de dois deles na mesma seção transversal	30
Figura 8 – Medição da inclinação das Fibras da Madeira	31
Figura 9 – Racha	32
Figura 10 – Fissura não passante	32
Figura 11 – Fissura passante	33
Figura 12 – Encurvamento da madeira	34
Figura 13 – Encanoamento da madeira	34
Figura 14 – Encanoamento da madeira	35
Figura 15 – Torcimento	36
Figura 16 – Esmoado (comprimento e dimensão transversal do esmoado ao longo da largura)	37
Figura 17 – Esmoado (dimensão transversal do esmoado ao longo da espessura)	37
Figura 18 – Análise evolutiva da probabilidade de rotura num período de 50 anos sob ataque biológico por fungos	38
Figura 19 – Crescimento excêntrico de madeiras de reação	41
Figura 20 – Seção transversal da madeira de reação com compressão distinta	42
Figura 21 – Ensaio de flexão com pontos de aplicação de força	43
Figura 22 – Esquema de combinação da GoldenEye com ViScan.....	48
Figura 23 – Representação do Mapa Conceitual	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nomenclaturas de peças de madeira serrada	18
Quadro 2 – Dimensões de madeira serrada	19
Quadro 3 – Classes de resistência para coníferas	24
Quadro 4 – Classes de resistência para folhosas	25
Quadro 5 – Redução Máxima da dimensão da face com o aplainamento	26
Quadro 6 – Classificação visual para <i>Pinus spp</i>	39
Quadro 7 – Classificação Visual para <i>E. urophylla</i> e <i>E. grandis</i> (urograndis)	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação mecânica para <i>Pinus spp</i>	44
Tabela 2 – Classificação mecânica para <i>E. urophylla</i> e <i>E. grandis</i> (urograndis).....	44
Tabela 3 – Classes de resistência para <i>Pinus spp</i>	45
Tabela 4 – Classes de Resistência para <i>E. urophylla</i> e <i>E. grandis</i> (urograndis)	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBDF Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

NBR Norma Brasileira

SKU *Stock Keeping Unit*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	ESTADO DA ARTE	17
2.1	DISPOSIÇÕES GERAIS DA NBR 7190:1997 PARA ESTRUTURAS DE MADEIRA17	
2.1.1	Exigências quanto à durabilidade da madeira.....	18
2.1.2	Padronização de nomenclaturas e bitolas no Brasil	18
2.1.3	Cuidados na execução das estruturas	19
2.2	MADEIRA CERTIFICADA	19
2.3	CLASSIFICAÇÃO MECÂNICA E VISUAL EM OUTROS PAÍSES	20
2.4	NORMA PARA CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE MADEIRA SERRADA DE FOLHOSAS DO IBDF.....	21
2.5	CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA SEGUNDO A NBR 7190:1997 ...	23
2.6	PROJETO DE NORMA NBR 7190:2021.....	25
2.6.1	Classificação Visual	26
2.6.1.1	<i>Presença de Medula</i>	26
2.6.1.2	<i>Nós</i>	27
2.6.1.3	<i>Inclinação das Fibras</i>	31
2.6.1.4	<i>Fissuras</i>	31
2.6.1.5	<i>Encurvamento</i>	33
2.6.1.6	<i>Encanoamento</i>	34
2.6.1.7	<i>Arqueamento.....</i>	35
2.6.1.8	<i>Torcimento.....</i>	35
2.6.1.9	<i>Esmoado</i>	36

2.6.1.10	<i>Efeitos do ataque biológico na segurança estrutural</i>	37
2.6.1.11	<i>Definição da classe da peça de madeira</i>	38
2.6.1.12	<i>Classificação Visual - Discussão</i>	40
2.6.2	Classificação Mecânica	42
2.6.3	Resultados	45
2.7	CLASSIFICAÇÃO ESTRUTURAL COM USO DE EQUIPAMENTO.....	46
2.7.1	GoldenEye e ViScan	47
3	METODOLOGIA	49
3.1	Objeto de pesquisa.....	50
3.2	FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE DE DADOS	50
3.2.1	Análise dos critérios de classificação visual e mecânica	51
4	RESULTADOS E ANÁLISES	53
4.1	EMPRESAS QUE NÃO REALIZAM CLASSIFICAÇÃO VISUAL OU MECÂNICA.....	53
4.2	EMPRESA QUE REALIZA CLASSIFICAÇÃO MECÂNICA E VISUAL.....	55
5	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A – Entrevistas com empresas que não realizam classificação visual e mecânica	61
	ANEXO B – Entrevista com empresa que realiza classificação mecânica e visual	63

1 INTRODUÇÃO

A utilização da madeira serrada no Brasil para a realização de projetos estruturais é uma das vias mais promissoras considerando a expansão do uso de madeira de floresta plantada. Para selecionar essas peças de madeira para fins estruturais, é importante que seja averiguada a existência de possíveis defeitos e seja obtido conhecimento das suas propriedades mecânicas como módulo de elasticidade, densidade, resistência característica à flexão, à compressão paralela e ao cisalhamento. Considerando este cenário, a norma brasileira em vigor que aborda estruturas de madeira, a NBR 7190:1997 cita madeira de 1ª categoria quando realizada classificação visual e mecânica e de 2ª categoria quando uma das duas classificações não é realizada. Embora cite a classificação visual em seu texto, a norma não oferece formas de realizar essa classificação. Existe uma norma anterior à NBR 7190:1997, desenvolvida pelo ministério da agricultura em 1983, que, embora não seja citada na NBR, oferece critérios para classificação visual limitada a espécies folhosas. Já no caso da classificação mecânica, na NBR 7190:1997 há ensaios para determinar as resistências da madeira, porém apenas considerando lotes homogêneos e utilizando corpos de prova. No ano de 2021, entretanto, há um projeto de norma em aprovação pela ABNT, a NBR 7190:2021 e neste novo texto há critérios para classificar tanto mecanicamente quanto visualmente todas as peças de madeira serrada de floresta plantada de pinus e eucalipto com finalidade estrutural. É estabelecido nesta norma que seja realizada uma inspeção visual de defeitos na peça e ensaios para verificar seu módulo de elasticidade e densidade. A partir da realização de ambas as classificações, é obtida uma classe de resistência para a peça de madeira. Levando em conta que o projeto de norma é um tema ainda em discussão, este trabalho propõe fazer uma análise da inserção dessas classificações no mercado brasileiro.

1.1 PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de responder a seguinte problemática: como o mercado reagiria à aplicação do projeto de norma ABNT 7190:2021 em relação à classificação visual e mecânica de peças de madeira de floresta plantada (madeira pinus e eucalipto) para fins estruturais?

1.1.1 Objetivo Geral

Assim, é vista a necessidade de estabelecer a intenção da referida pesquisa, tendo como objetivo geral compreender a importância do entendimento de determinadas características da madeira, sua contribuição na possibilidade de utilização ou não da norma citada como base de aplicação do referido estudo e como as empresas madeireiras reagem atualmente à execução da classificação visual e da classificação mecânica da madeira de floresta plantada para uso estrutural, com destaque para pinus e eucalipto.

1.1.2 Objetivos Específicos

Enquanto isso, os objetivos específicos são a contrapartida para alcance do geral relatado anteriormente, sendo eles: fornecer informações que comprovem a ocorrência atualmente de classificação mecânica e classificação visual das madeiras de floresta plantadas de pinus e eucalipto para uso estrutural pelas madeireiras, se há e quais são as diferenças econômicas entre a comercialização de madeira não classificadas e classificadas visual e mecanicamente, discutir suas classificações, níveis de resistência e demais propriedades que afetam de forma direta ou indireta a sua aplicação para fins estruturais em projeto.

2 ESTADO DA ARTE

Possuir conhecimento referente às propriedades mecânicas, visuais e resistência da madeira é extremamente importante para que assim se possa efetuar uma correta aplicação da mesma em sua função estrutural almejada. Deve-se levar em consideração que diversos fatores irão auxiliar para o aumento da resistência da madeira, sabendo, por exemplo, que a umidade é uma influência direta nessa característica. A partir desse preceito, por exemplo, pode-se afirmar que, ao trabalhar-se com umidade de equilíbrio abaixo do ponto de saturação das fibras da madeira, quanto maior for o nível de umidade no material, conseqüentemente a sua resistência e seu módulo de elasticidade serão menores.

Para que a estrutura de madeira seja segura, as propriedades mecânicas devem ser conhecidas com uma variabilidade razoável segundo os critérios de normas. Para que se conheçam essas propriedades, são feitos testes mecânicos que medem sua resistência, levando em consideração solicitações de compressão, tração, flexão, cisalhamento, além da densidade e demais características que influenciarão o comportamento do conjunto estrutural por completo.

Ademais, segundo Gesualdo (2003), existem vantagens equiparadas a sua utilização por se caracterizar como um tipo de material renovável e abundante. Contudo, os níveis alarmantes de desmatamento pode ser um questionamento sobre uma possível ausência do material, mas o uso de material proveniente de florestas plantadas colabora no ciclo reutilizável da madeira. A sua utilização é facilitada de acordo com suas definições de formas e demais dimensões, onde, sua aquisição acontece por tora, e o desdobro é facilmente executado, dependendo apenas de acabamento.

2.1 DISPOSIÇÕES GERAIS DA NBR 7190:1997 PARA ESTRUTURAS DE MADEIRA

Há alguns aspectos que são abordados pela NBR7190:1997 para colaborar que as estruturas tenham uma durabilidade coerente com os projetos a serem realizados, além de prescrever cuidados e precauções que devem ser tomados na execução de projetos estruturais, e algumas dimensões mínimas envolvendo elementos estruturais e conectores.

2.1.1 Exigências quanto à durabilidade da madeira

Segundo a NBR:7190:1997, o projetista deve pensar no projeto considerando garantir a durabilidade da madeira, tomando precauções como utilizar tratamento preservativo adequado, facilitar o escoamento das águas, com arejamento das faces vizinhas e paralelas, além de serem projetadas para que possam ser inspecionadas com facilidade. Deve-se considerar também que as peças que possam estar sujeitas a um processo de deterioração mais intenso que o resto da estrutura possam ser trocadas facilmente, tomando a precaução de criar o projeto de modo a tornar essas operações práticas.

2.1.2 Padronização de nomenclaturas e bitolas no Brasil

A norma em vigor que padroniza a nomenclatura e as dimensões das peças de madeira serrada é a NBR 7203:1982. Segundo a norma, as nomenclaturas variam entre pranchões, prancha, viga, vigota, caibro, tábuas, sarrafo e ripa de acordo com a espessura e a largura da peça. Além disso, a mesma norma padroniza dimensões da seção transversal de cada tipo de peça. Essa normatização vai ser retomada futuramente na pesquisa para discutir alguns dos resultados obtidos. O Quadro 1 apresenta as nomenclaturas de peças de madeira serrada e o Quadro 2 apresenta as dimensões para as determinadas peças.

Quadro 1 – Nomenclaturas de peças de madeira serrada

Nome da peça	Espessura (cm)	Largura (cm)	Nome da peça	Espessura (cm)	Largura (cm)
Pranchões	>7,0	>20,0	Caibro	4,0 – 8,0	5,0 – 8,0
Prancha	4,0 - 7,0	>20,0	Tábua	4,0 – 8,0	>10,0
Viga	>4,0	11,0 – 20,0	Sarrafo	2,0 – 4,0	2,0 – 10,0
Vigota	4,0 – 8,0	8,0 – 11,0	Ripa	<2,0	< 10,0

Fonte: NBR 7203:1982

Quadro 2 – Dimensões de madeira serrada

Nome da peça	Dimensões da seção transversal em centímetros
Pranchão	15,0 x 23,0 ou 10,0 x 20,0 ou 7,5 x 23,0
Vigas	15,0 x 15,0 ou 7,5 x 15,0 ou 7,5 x 11,5 ou 5,0 x 20,0 ou 5,0 x 15,0
Caibros	7,5 x 7,5 ou 7,5 x 5,0 ou 5,0 x 7,0 ou 5,0 x 6,0
Sarrafos	3,8 x 7,5 ou 2,2 x 7,5
Tábuas	2,5 x 23,0 ou 2,5 x 15,0 ou 2,5 x 11,5
Ripas	1,2 x 5,0

Fonte: NBR 7203:1982

É válido apontar que essas nomenclaturas e bitolas são para madeira serrada, não se aplicando para madeiras engenheiradas como madeira lamelada colada, madeira lamelada colada ou madeira microlaminada.

2.1.3 Cuidados na execução das estruturas

Segundo a norma brasileira NBR 7190:1997, é preciso se atentar ao processo de execução das estruturas de madeira quanto à sua concepção e projeto em seus distintos tipos de sistemas construtivos, visando uma projeção correta do que foi previamente dimensionado afim de evitar falhas de execução que podem surgir por meio da incorreta execução desses elementos.

Ainda, é visto que esse processo pode ocorrer de forma incorreta devido às inadequadas ligações que possam envolver a geometria adotada para as peças, devendo sempre se dar uma atenção redobrada para os elementos afim de sanar possíveis implicações.

2.2 MADEIRA CERTIFICADA

Tendo em vista que há a necessidade de compreender a diferença entre madeira classificada e certificada, a definição de madeira certificada, segundo Santos (2011), é sobre as peças de madeira que possuem origem vinda de um manejo legal e correto perante a sua procedência ambiental, permitindo assim que sejam definidos níveis de qualidade e empregabilidade do material para os clientes. Além disso, as peças certificadas não causam degradação no meio ambiente e contribuem diretamente com o crescimento socioeconômico dos locais de extração. Ainda, no caso de florestas nativas, existe um plano direcionado a esse manejo definindo o período de retirada dessa madeira, sendo no máximo três árvores para cada

hectare da localidade, isso ocorrendo em pelo menos 25 anos. No caso de florestas plantadas, segundo o Conselho de Manejo Florestal do Brasil, leva-se em consideração a manutenção e aumento do bem-estar de comunidades e trabalhadores envolvidos na extração do material e as áreas plantadas devem complementar o manejo e auxiliar a conservação das florestas nativas.

Dessa forma, é possível compreender que a classificação das madeiras é algo distinto de sua certificação. Na classificação, busca-se direcionar aos distintos usos do material. Enquanto isso, a certificação da madeira se refere à sua origem, aos processos legais e ao respeito ao meio ambiente (SANTOS, 2011).

2.3 CLASSIFICAÇÃO MECÂNICA E VISUAL EM OUTROS PAÍSES

Servindo como uma comparação direta sobre as distintas formas de classificação mecânica e visual das madeiras entre o Brasil e outros países, segundo a norma americana, *National Design Specification for Wood Construction (2015 EDITION)*, existem ensaios estáticos para as madeiras que terão função estrutural e que se baseiam na norma ASTM D198, que especifica todo o processo envolvendo os ensaios de flexão. Além dessa, as vigas passam pelo teste de flexão em quatro pontos distintos, onde existe a aplicação de cargas em dois pontos, seguindo a razão entre o vão e a espessura da peça entre 18 e 21 vezes, que resulta em um momento constante, excluindo a possibilidade de ocorrer cisalhamento na seção testada. As dimensões adotadas para o corpo de prova utilizado no teste em questão eram 50 x 50mm, mas sofrem uma redução em sua seção transversal para de 25 x 25 mm. Ademais, existem métodos que definem módulos de elasticidade, medição de frequência natural, ensaios de vibração (BODIG, JAYNE; 1993).

Enquanto isso, a normatização europeia segue a norma EN 518:1995, que define os processos de testes das peças, e se tratando de sua classificação visual há uma avaliação quanto aos nós, inclinação, empenos, fendas, levando em consideração o pior estado de desempenho do material. Ainda, existem também as classificações mecânicas desses elementos e seus valores estabelecidos, que devem ser seguidos como forma de garantia de usabilidade do material. Os ensaios efetuados no material em questão se direcionam ao de flexão, similar a norma americana descrita anteriormente, assim como o de compressão, ambos responsáveis por definir o nível de resistência da peça de madeira utilizada. O ensaio utilizado é o de quatro pontos.

Afim de concluir o processo de comparação citado anteriormente, a seguir serão descritos os critérios estabelecidos por normas brasileiras.

2.4 NORMA PARA CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE MADEIRA SERRADA DE FOLHOSAS DO IBDF

Embora a NBR 7190:1997 não detalhe como deve ser realizada a classificação visual, há uma norma do IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), desenvolvida pelo Ministério da Agricultura, chamada “Norma para classificação visual de madeira serrada de folhosas (1983)”. A norma possui grande importância histórica pois, por muito tempo, foi a principal normativa existente no Brasil. A norma é dividida em quatro capítulos. O capítulo 1, chamado de generalidades, oferece diversas orientações sobre preparação da madeira para a comercialização (forma correta de serrar e cortar as peças, tratamento preventivo contra fungos e insetos, proteção final pós corte, como realizar secagem e forma de armazenamento), quais os tamanhos das peças (espessura e comprimento), tolerâncias para irregularidades devido ao processo de serragem e os métodos de classificação utilizados. Considerando este último aspecto, a norma cita dois métodos de classificação diferentes, o primeiro se chama “Classificação baseado no rendimento de corte limpo” e o segundo se chama “Classificação baseada no número e importância dos defeitos da peça”. O princípio do primeiro método é considerar as áreas livres de defeitos na face, separa-se porções retangulares dispostas paralelamente às bordas da peça e relacionando-as à área total da peça, somam-se essas áreas retangulares e compara-se com o tamanho total da peça para obter uma classificação.

No segundo método, utiliza-se o princípio de determinar o número e a importância dos defeitos da peça para obter uma classificação. O método baseado nas áreas livres de defeitos é recomendado para peças de madeira destinadas a serem serradas novamente antes do seu uso final (chamado pela norma de mercado geral); já o método de medição dos defeitos é recomendado para peças usadas para propósitos particulares ou que já possuem seu tamanho de uso final (chamado pela norma de mercado especial).

O capítulo 2 da norma faz especificações sobre o método de classificação para o mercado geral – a classificação é baseada no rendimento de corte limpo. Neste caso, há condições gerais a serem levadas em conta: não são permitidas ruptura por compressão, danos de qualquer grau na madeira, medula, cerne fendilhado, furos causados por insetos ativos e rachaduras nas bordas. Há, após essas considerações, quatro classes possíveis para a peça.

Primeira classe, segunda classe, terceira classe e quarta classe. Para cada classe, há itens específicos com requerimentos sobre os tamanhos das peças, tamanho das áreas livres de defeitos, e requerimentos de qualidade. Este último aspecto leva em consideração diversos fatores, como a presença de alburno, fissuras e nós. A 1ª classe engloba peças de madeira com 90% ou mais da área livre de defeitos, a 2ª classe, com 80% ou mais da área livre de defeitos, 3ª classe com 60% ou mais da área livre de defeitos e 4ª classe quando há menos de 60% da área livre de defeitos.

O capítulo 3 oferece orientações sobre como realizar as classificações para o mercado especial – a classificação é baseada nos defeitos presentes na peça. Neste caso, também há condições gerais a serem levadas em conta: não são permitidas ruptura por compressão, danos de qualquer grau na madeira, medula, cerne fendilhado, furos causados por insetos ativos, mas rachaduras nas bordas são permitidas se o seu tamanho acumulado não ultrapassar 0,05 m. Neste caso há apenas três classes possíveis para a peça de madeira. Dependendo da quantidade de nós, da inclinação das fibras, dos furos causados por insetos não ativos, encontra-se uma classe para a madeira.

O capítulo 4 completa a norma, sendo o capítulo que possui os apêndices. O apêndice 1 apresenta as espécies de madeira comercializadas que o cerne não é resistente a fungos e ataques de insetos. O apêndice 2 apresenta as espécies que possuem defeitos intrínsecos. O apêndice 3 apresenta dimensões de corte acima da final recomendadas para compensar a retração da peça da madeira na secagem. O apêndice 4 apresenta as definições dos principais termos utilizados na norma, já o apêndice 5 apresenta as figuras que ilustram alguns dos processos citados na norma. O apêndice 6, que finaliza a norma, traz um sumário para todos os tipos de classificações citadas anteriormente.

É válido apontar que esta norma não considera as coníferas, como o pinus, e nem madeiras obtidas em florestas plantadas. Também é importante constatar que esta norma não está incluída no catálogo da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A norma do IBDF difere-se do projeto de norma NBR 7190:2021 por possuir mais variações e mais métodos para a classificação da peça da madeira. Além disso, a norma considera contextos específicos de várias espécies diferentes de folhosas.

2.5 CLASSIFICAÇÃO VISUAL E MECÂNICA SEGUNDO A NBR 7190:1997

As classificações visual e mecânica da madeira são abordadas pela NBR 7190:1997, para estimarem-se os valores de cálculos das resistências mecânicas de peças de madeira. Os valores de cálculos das resistências são dados pela expressão 1, retirada da NBR 7190:1997:

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

onde f_{wk} é o valor característico de resistência e γ_w é o coeficiente de ponderação de segurança do material. Já o k_{mod} é um coeficiente de modificação obtido através da seguinte expressão, também retirada da NBR 7190 (1997):

$$k_{mod} = k_{mod1} \cdot k_{mod2} \cdot k_{mod3}; \quad (2)$$

onde k_{mod1} leva em consideração a classe de carregamento e o tipo de material empregado, k_{mod2} é obtido levando em consideração a classe de umidade e o tipo de material empregado, já o k_{mod3} é obtido quando se analisa a qualidade da madeira.

O k_{mod3} tem o valor de 1,0 quando a madeira passa por classificação mecânica e visual (considerada de primeira categoria) e 0,8 quando não passa por ambas as classificações (considerada, então, de segunda categoria).

Dessa forma, embora a norma em vigor não especifique como a classificação visual deve ser realizada e nem referencie uma outra norma para realização desta, ela considera a possibilidade de existência da classificação.

Já considerando a classificação mecânica, a NBR 7190:1997 fornece indicações para realizar ensaios que determinam as diversas resistências da madeira para lotes homogêneos e com seleção de corpos de prova. A caracterização completa da resistência da madeira serrada é feita de acordo com vários métodos de ensaios especificados no anexo B da NBR 7190:1997. Devem-se realizar procedimentos para medir o teor de umidade (Anexo B.5 da NBR 7190:1997), a densidade aparente (Anexo B.6 da NBR 7190:1997), a resistência e o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras (Anexo B.8 da NBR 7190:1997), a resistência à tração paralela às fibras (Anexo B.9 da NBR 7190:1997), a resistência à compressão perpendicular às fibras (Anexo B.10 da NBR 7190:1997), a resistência à tração perpendicular

às fibras (Anexo B.11 da NBR 7190:1997), a resistência ao cisalhamento (Anexo B.12 da NBR 7190:1997) e a resistência ao embutimento (Anexo B.17 da NBR 7190:1997).

Além disso, a norma também aborda a possibilidade de se realizar uma caracterização simplificada das resistências da madeira de espécies usais, a partir do ensaio de compressão paralela às fibras (Anexo B.8 da NBR 7190:1997). Após obtido o valor experimental de resistência característica de compressão paralela às fibras, a norma oferece relações para se estimar as resistências de tração, de cisalhamento, de flexão e de embutimento. Pode-se observar que é uma abordagem diferente da norma americana, que utiliza ensaio à flexão para estimar as demais propriedades mecânicas da amostra.

Como citado anteriormente, o parâmetro de classificação da resistência é o valor $f_{c0,k}$ chamado de resistência característica de compressão paralela às fibras. A seguir, apresenta-se o Quadro 3, com as classes de resistência para espécies de coníferas (todos os pinus, por exemplo) e o Quadro 4, com as classes de resistência para folhosas ou dicotiledôneas (eucalipto, por exemplo), segundo a NBR7190:1997. Nos quadros abaixo, as classes correspondem ao valor mínimo do $f_{c0,k}$; portanto, por exemplo, para que a classe seja considerada C 20, é necessário que o lote tenha $f_{c0,k}$ maior ou igual a 20 MPa. Complementando as informações dos quadros, o parâmetro f_{vk} é a resistência característica ao cisalhamento, $E_{c0,m}$ é o módulo de elasticidade médio na compressão paralela às fibras, $\rho_{bas,m}$ é a densidade média básica e $\rho_{aparente}$ é a densidade aparente.

Quadro 3 – Classes de resistência para coníferas

Coníferas (Valores na condição-padrão de referência de umidade em 12%)					
Classes	f_{c0k} MPa	f_{vk} MPa	$E_{c0,m}$ MPa	$\rho_{bas,m}$ Kg/m ³	$\rho_{aparente}$ 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: NBR 7190:1997

Quadro 4 – Classes de resistência para folhosas

Folhosas (Valores na condição-padrão de referência de umidade em 12%)					
Classes	f_{c0k} MPa	f_{vk} MPa	$E_{c0,m}$ MPa	$\rho_{bas,m}$ Kg/m ³	$\rho_{aparente}$ Kg/m ³
C 20	20	4	9500	500	650
C 30	30	5	14500	650	800
C 40	40	6	19500	750	950
C 60	60	8	24500	800	1000

Fonte: NBR 7190:1997

2.6 PROJETO DE NORMA NBR 7190:2021

O Projeto de Norma ABNT NBR 7190:2021 oferece uma visão diferente da NBR7190:1997 sobre a classificação visual e mecânica. Segundo o texto provisório, para lotes considerados homogêneos de florestas nativas, permite-se utilizar uma amostra para representar todo o lote. No caso de espécies de florestas plantadas, o Projeto de Norma ABNT NBR 7190:2021 exige que os ensaios para determinar as propriedades de resistência e rigidez da madeira sejam realizados em todas as peças de madeira para fins estruturais, cujas dimensões máximas da seção transversal não ultrapassem 60 mm para a menor dimensão e 300 mm para a maior dimensão. Como o foco deste trabalho está voltado para madeiras de florestas plantadas (*Pinus spp* e híbrido interespecífico de *E. urophylla* e *E. grandis*), significa que todas as peças para fim estrutural devem passar por classificação visual e mecânica antes do uso na construção. Dessa forma, o k_{mod3} da Expressão 2 (citada no subcapítulo 2.4 deste trabalho) presente na norma NBR 7190:1997, é retirado do cálculo do k_{mod} , sendo exigida a realização da classificação visual e mecânica de todas as peças.

Após apontada essa mudança na norma brasileira, apresenta-se o critério para se classificar cada peça de uso estrutural de madeiras de floresta plantadas; o ABNT PNBR 002:126.010-001: Critérios de classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira.

O objetivo do critério de classificação visual e mecânica de madeira serrada, PNBR 002:126.010-001, é atribuir uma classe de resistência à peça de madeira que terá um fim estrutural utilizando tanto a classificação mecânica quanto a classificação visual. Será considerada como a classe de resistência de cada uma das peças que compõem o lote, a menor das duas classes de classificação (visual e mecânica) obtidas através da aplicação do critério. É válido destacar a necessidade de que ambas as classificações sejam feitas, não sendo permitido

encontrar a classe da madeira realizando apenas uma delas. Outro ponto a ser citado é que a norma não especifica qual classificação deve ser realizada primeiro, mas, pelo ponto de vista racional, é necessário que seja feita a classificação visual antes da classificação mecânica.

2.6.1 Classificação Visual

Segundo o PNBR 002:126.010-001, a classificação visual deve ser realizada através da inspeção visual das faces da peça de madeira, sendo observada a presença ou não dos principais defeitos que serão citados nos próximos tópicos.

É comum que seja realizado o chamado aplainamento da madeira (operação cujo principal objetivo é tornar a superfície da madeira regular). Se a classificação visual for realizada antes do aplainamento das peças, é necessário que seja feita novamente após a realização do mesmo. O PNBR 002:126.010-001 também fornece o Quadro 5 com as reduções máximas que podem ocorrer nas dimensões das faces das peças após o aplainamento.

Quadro 5 - Redução Máxima da dimensão da face com o aplainamento

Dimensão da Face	Até 49 mm	De 50 mm até 150 mm	Acima de 150 mm
Redução Máxima	4 mm	5 mm	6 mm

Fonte: Método de Ensaio ABNT PNBR 002:126.010-001

Os defeitos considerados no PNBR 002:126.010-001 são: presença de medula, nós, inclinação excessiva das fibras, fissuras passantes e não passantes, distorções dimensionais (encurvamento, arqueamento, encanoamento, torcimento, esmoado), ataques biológicos, entre outros problemas comuns às peças de madeira.

Em função da presença ou não e da gravidade dos defeitos, atribui-se uma classe visual à peça serrada de madeira de florestas plantadas: Classe 1, Classe 2 ou Classe 3.

2.6.1.1 Presença de Medula

A medula da madeira se trata da parte central do tronco da árvore. Esta região do lenho possui tecidos menos resistentes e, por isso, é considerada um defeito. Essa característica visual da madeira interfere diretamente a sua resistência, tendo esse aspecto identificado e verificado

por meio de testes de resistência. Essa avaliação é importante para que assim seja estabelecido os limites máximos em que a peça apresente os possíveis defeitos, que podem implicar o processo de fixação devido à redução de sua resistência (CRUZ, 2011). Na Imagem 1 pode ser verificado um exemplo.

Figura 1 - Representação de uma peça de madeira com a presença de Medula



Fonte: MAINIERI (1983)

2.6.1.2 Nós

O Projeto de Norma 02:126.010-001 prevê a medição apenas dos chamados nós firmes. Os nós serão avaliados nas duas faces e nas duas bordas da peça (excluindo-se o topo). É necessário medir o diâmetro do nó mais crítico (o nó com maior diâmetro da face).

Entretanto, caso haja presença de nós cariados, soltos e vazados, a peça deve ser descartada. O nó cariado é um nó que possui uma parte deteriorada por agentes biológicos (fungos ou insetos) ou mecânicos (pregos, parafusos e outros) (Figura 2).

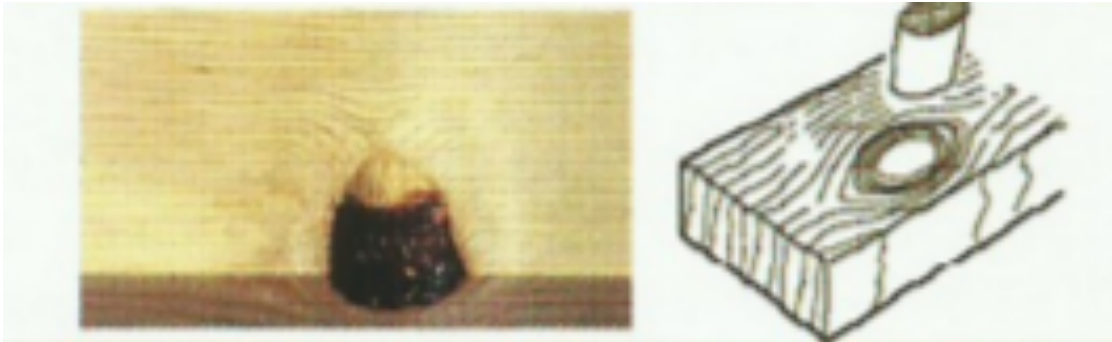
Figura 2 - Representação de uma peça de madeira com a presença de nó cariado



Fonte: Manual de classificação visual de peças estruturais de madeira tipo Pinus (PLETZ; MOURA)

O nó solto é um nó que se solta da madeira no processamento dela, durante ou depois da secagem da peça (Figura 3).

Figura 3 - Representação de uma peça de madeira com a presença de nó solto



Fonte: Manual de classificação visual de peças estruturais de madeira tipo Pinus (PLETZ; MOURA)

O nó vazado é a presença de um buraco na peça de madeira, deixado causado por um nó que se soltou da peça (Figura 4).

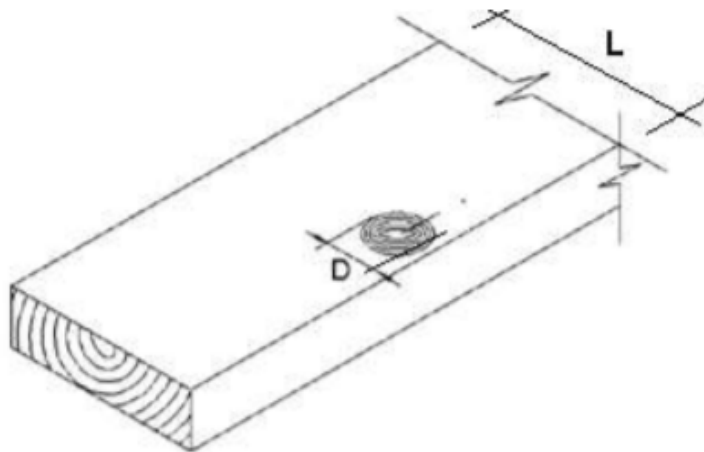
Figura 4 - Representação de uma peça de madeira com a presença de nó vazado



Fonte: Manual de classificação visual de peças estruturais de madeira tipo Pinus (PLETZ; MOURA)

Caso não tenha presença dos nós cariados, soltos e vazados, verifica-se a presença de nós firmes e realiza-se a medição do diâmetro do nó mais crítico (o que possui o maior diâmetro da face) (Figura 5).

Figura 5 – Medição do diâmetro de um nó firme

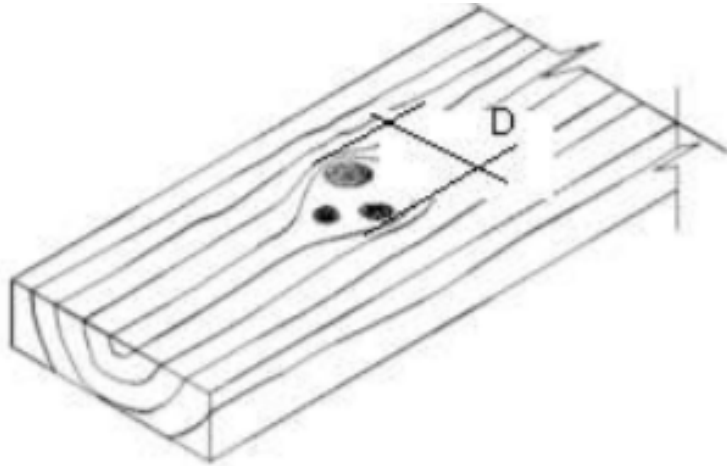


Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

O valor obtido deve ser expresso em mm/mm através da relação de L (dimensão da face considerada) e D (diâmetro do Nó).

Para o caso de um conjunto de nós, eles devem ser medidos como um nó individual, adotando-se o diâmetro D como a medida definida pelos limites mais extremos do conjunto (Figura 6).

Figura 6 – Medição do diâmetro de conjunto de nós firmes

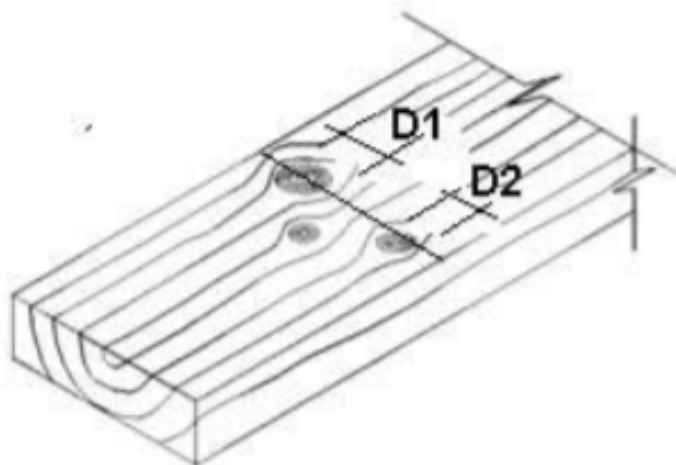


Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Caso existam dois ou mais nós próximos e numa mesma seção transversal, mas com as fibras inclinadas em torno de cada nó, eles devem ser considerados isoladamente, sendo D a soma do diâmetro individual de cada nó. (Figura 7)

É interessante apontar que existe uma lacuna no PNBR 002:126.010-001 sobre qual deve ser a proximidade dos nós para ser considerada a soma dos diâmetros.

Figura 7 – Nós individuais próximos, com fibras inclinadas em torno de cada um, com ocorrência de dois deles na mesma seção transversal



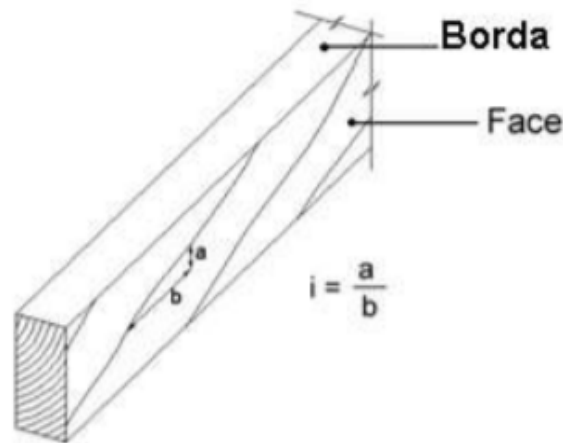
Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

O nós, de acordo com a sua dimensão, tipo, distribuição e localização, afetam diretamente o comportamento físico-mecânico do material, reduzindo sua resistência dependendo da gravidade deles (BRANCO; LOURENÇO, 2014).

2.6.1.3 Inclinação das Fibras

A inclinação das fibras é medida ao longo das faces da peça, na zona que apresentar a maior inclinação (desconsideram-se os desvios em tornos dos nós). O valor da inclinação é expresso em termos de proporção (1:3, 1:6, etc) (Figura 8).

Figura 8 – Medição da inclinação das Fibras da Madeira



Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Assim como os defeitos citados anteriormente, a inclinação das fibras interfere diretamente ao desempenho estrutural da peça de madeira, onde essa característica apresenta defeitos de diferentes classes reduzindo assim o seu potencial de utilização quando comparada às peças que não apresentam essa particularidade (ALMEIDA, 2013).

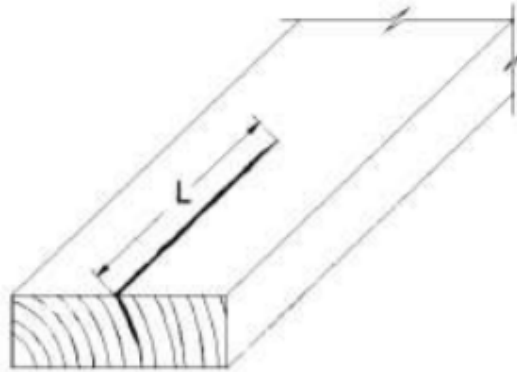
2.6.1.4 Fissuras

O Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001 aborda as seguintes fissuras: rachas, fissuras não passantes e fissuras passantes.

As rachas são fissuras mais superficiais e paralelas à grã (Figura 9); as fissuras não passantes são fissuras paralelas à grã com desenvolvimento através dos anéis de crescimento e

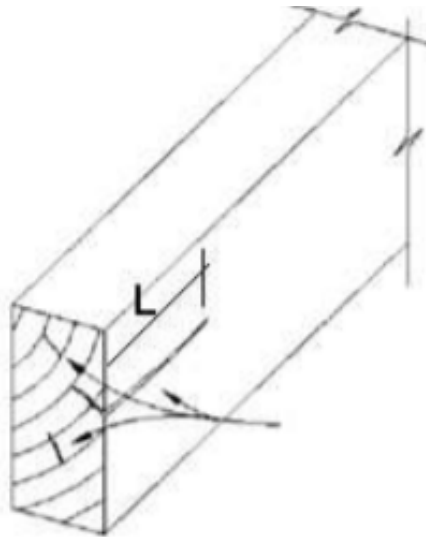
ao longo da seção (Figura 10); já as passantes se diferenciam por atravessarem a madeira de uma face à outra (Figura 11).

Figura 9 – Racha



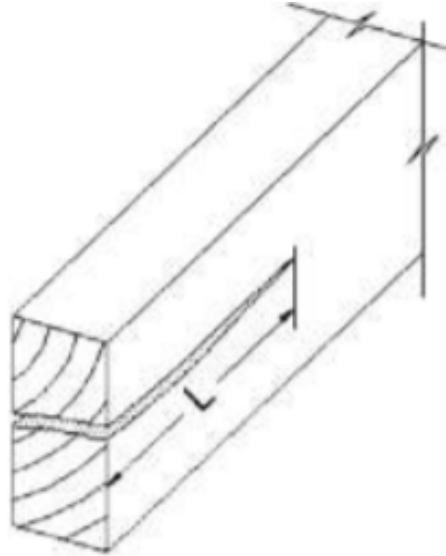
Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Figura 10 – Fissura não passante



Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Figura 11 – Fissura passante



Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

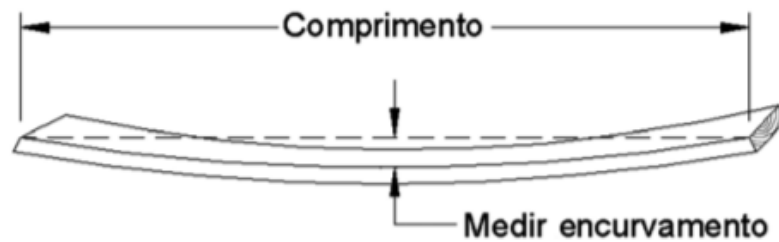
O valor obtido L é medido paralelamente ao comprimento da peça e a largura é mensurada ao longo da seção transversal da peça. Há uma lacuna no Método de Ensaio ABNT PNBR 002:126.010-001 que diz respeito à possibilidade de a fissura não ser paralela ao comprimento.

Segundo Moritani (2018), madeiras que possuam característica natural de crescimento acelerado, a exemplo das de floresta plantada, tendem a apresentar fissuras após o seu processamento e método de secagem serem executados de maneira incorreta, causando assim esse problema no material que irá interferir diretamente na sua resistência, e conseqüentemente, na sua usabilidade.

2.6.1.5 *Encurvamento*

O encurvamento é um empenamento/curvatura da peça ao longo do seu comprimento (a maior dimensão da peça), em relação ao seu eixo de maior inércia. Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça (Figura 12).

Figura 12 – Encurvamento da madeira



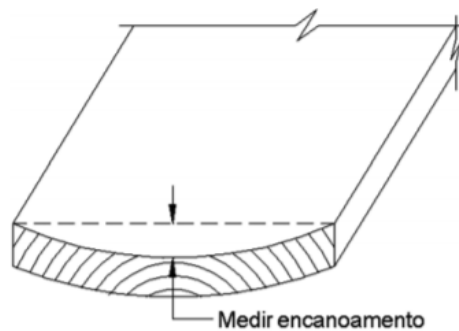
Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Outro aspecto relacionado ao processamento da peça de madeira pode resultar no seu encurvamento, que ocorre geralmente por conta da ausência de controle da variação existente no teor de umidade do material, ocasionando assim distintas proporções diante do seu comportamento anisotrópico. Esse problema se faz presente por conta das propriedades de retração e inchamento da madeira em suas direções axial, radial e tangencial, entendendo assim que a peça terá característica estável em relação à suas dimensões quando o teor de umidade for inferior ao de saturação (MORITANI, 2018).

2.6.1.6 Encanoamento

O encanoamento é a ocorrência de uma curvatura da peça ao longo da largura da mesma. Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça (Figura 13).

Figura 13 – Encanoamento da madeira



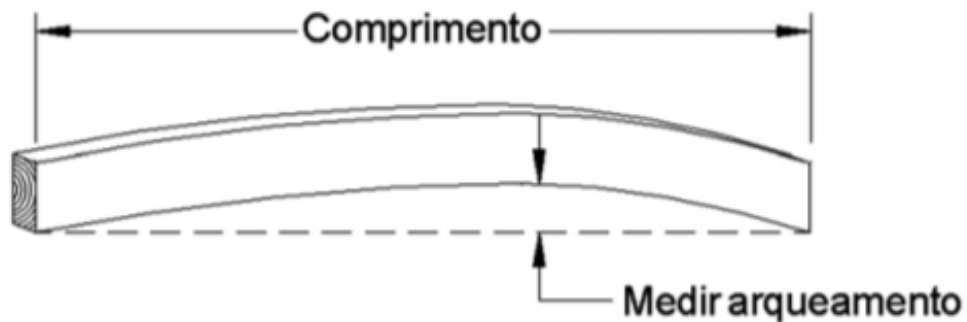
Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Segundo Moritani (2018), esse defeito da madeira, segue a mesma linha de raciocínio do encurvamento, que ocorre de acordo com o incorreto processamento da peça no processo de secagem, e, vale citar também que a etapa de armazenamento interfere nessa ocorrência, devido ao nível de umidade presente no local, afetando assim o desempenho estrutural do material.

2.6.1.7 Arqueamento

O arqueamento é um empenamento/curvatura da peça ao longo do seu comprimento, em relação ao seu eixo de menor inércia. Deve ser medido no ponto de maior deslocamento em relação à linha reta que une as duas extremidades da peça (Figura 14).

Figura 14 – Encanoamento da madeira



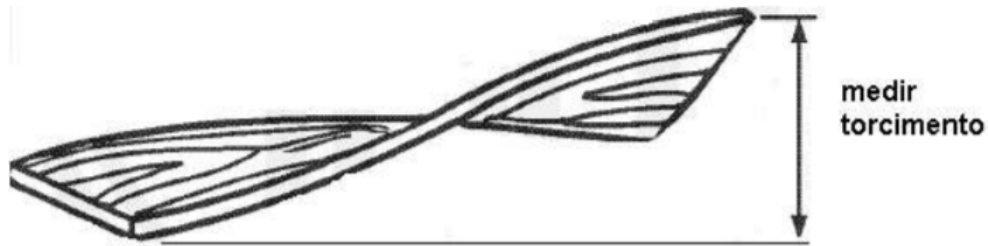
Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Apresentando similaridade quanto ao surgimento dos defeitos visuais da peça com o encurvamento e o encanoamento, o arqueamento influencia significativamente a definição de classes visuais, surgindo também por meio do incorreto processamento do material, do seu teor de umidade, armazenamento e outros (MORITANI, 2018).

2.6.1.8 Torcimento

É uma combinação de empenamentos em relação aos eixos de maior e de menor inércia fazendo com que a peça de madeira fique com forma espiralada (Figura 15)

Figura 15 – Torcimento



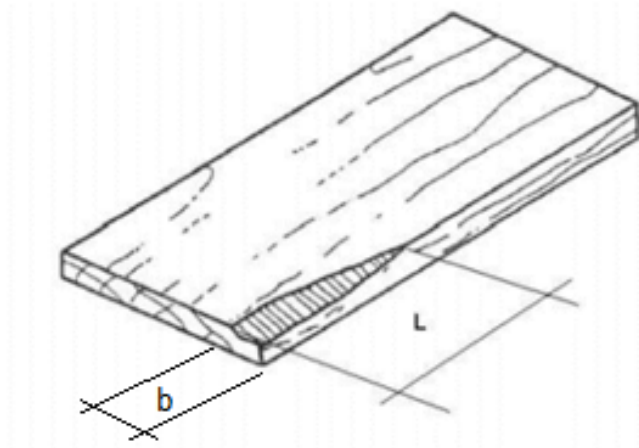
Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Caracterizado pela junção de empenamentos ocorrentes em relação aos eixos que apresentam maior e menor inércia, o torcimento apresenta forma espiral da peça de madeira, sendo essa uma deformação característica da instabilidade elevada do material quanto ao processo de encaamento e torcimento, ambos citados anteriormente (MORITANI, 2018).

2.6.1.9 Esmoado

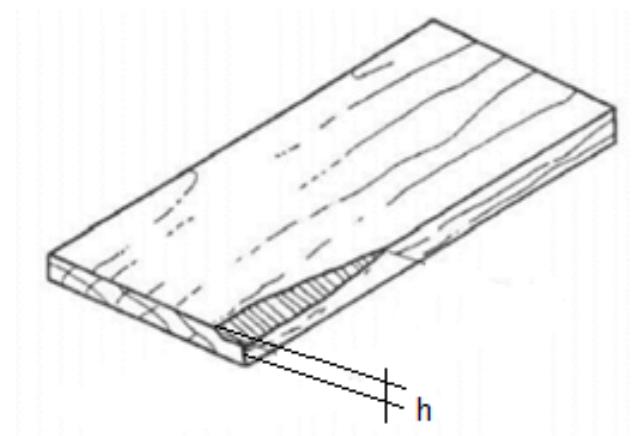
O esmoado é uma quina da madeira danificada por qualquer motivo, onde se nota a ausência de madeira. É comum ocorrer, por exemplo, no desdobramento da tora de madeira, uma vez que nem todas as peças ficam com seção transversal retangular devido ao formato do tronco da árvore. Assim como as anteriores, o esmoado pode ocorrer também por meio de secagem incorreta, assim como pelo seu comportamento mecânico, que vai interferir diretamente o seu desempenho estrutural ou inviabilizá-lo (MORITANI, 2018). O comprimento L é medido paralelamente ao comprimento da peça, já as dimensões transversais são medidas ao longo da largura (b) (Figura 16) e espessura da seção transversal (h) (Figura 17).

Figura 16 – Esmoado (comprimento e dimensão transversal do esmoado ao longo da largura)



Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Figura 17 – Esmoado (dimensão transversal do esmoado ao longo da espessura)



Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

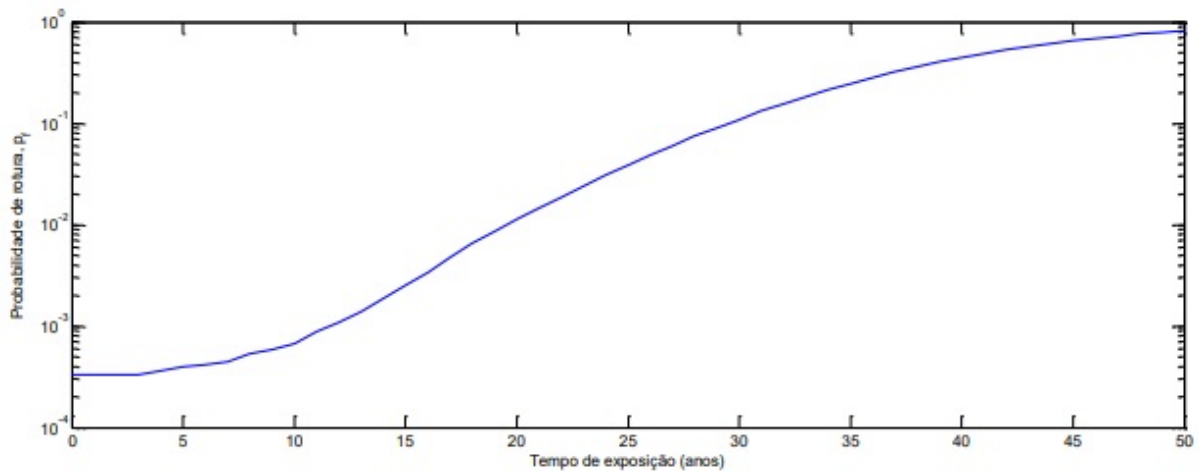
2.6.1.10 Efeitos do ataque biológico na segurança estrutural

O aspecto biológico da madeira leva em consideração a sua origem e o ataque, onde, existem situações relacionadas à deterioração e ruptura corriqueiras relacionadas aos elementos destinados a edificações, ocasionando algumas situações com deficiências ocorridas na estrutura dimensionada, além de estarem correlacionadas aos esforços em que estão submetidas, solicitando intervenções de correção igualitárias (CRUZ, 2001).

Um exemplo da influência que o ataque biológico por fungos pode causar na probabilidade de ruptura estrutural está ilustrado na figura 18, que mostra a incidência de fungos no material, dentro de um modelo de previsão no período de 50 anos, relacionando a propagação

dos fungos ao decorrer do tempo analisado, com a probabilidade de ruptura no tempo de exposição.

Figura 18 – Análise evolutiva da probabilidade de ruptura num período de 50 anos sob ataque biológico por fungos



Fonte: BRITES (2008)

2.6.1.11 Definição da classe da peça de madeira

Após a coleta de dados das peças a serem classificadas, considerando os defeitos citados anteriormente, o Método de Ensaio PNBR 002:126.010-001 prevê uma classificação da madeira para *Pinus spp* através do Quadro 6 a seguir:

Quadro 6 – Classificação visual para *Pinus spp*

Defeito	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Medula	Não se admite		
Nós face	1/4	1/3	1/2
Nós de borda	1/5	1/4	1/3
Inclin. das fibras (mm/mm)	1:9	1:6	1:3
Fissuras não passantes	O comprimento das fissuras não deve ser maior do que 1,0 m e nem $\frac{1}{4}$ do comprimento da peça		
Fissuras Passantes	Somente se permitem fissuras passantes nos extremos e o comprimento não deve ser maior que a largura da peça		
Encurvamento (mm)	Menor que 8 mm para cada 3 m de comprimento		
Arqueamento (mm)	Menor que 3 mm para cada 2 m de comprimento		
Torcimento (mm)	Menor que 5 mm para cada 1 m de comprimento		
Encanoamento	Sem restrições		
Esmoado	Transversalmente menor que $\frac{1}{4}$ da espessura ou largura da peça. Sem restrições para o comprimento		
Ataques biológicos	Não se admitem zonas atacadas por fungos causadores da podridão. Admitem-se zonas atacadas por fungos cromógenes Admitem-se orifícios causados por insetos com diâmetro inferior à 2mm		
Outros	Danos mecânicos, presença de bolsa de resina e outros defeitos se limitam por analogia com alguma característica similar		

Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Já para clones híbridos interespecífico de *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis), o Método de Ensaio PNBR 002:126.010-001 prevê a classificação da madeira através do Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 – Classificação Visual para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

Defeito	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Medula	Não se admite		
Nós face	1/5	1/3	1/2
Nós de borda	1/5	1/3	1/2
Inclin. das fibras (mm/mm)	1:12	1:9	1:6
Fissuras não passantes	O comprimento das fissuras não deve ser maior do que 1,0 m e nem $\frac{1}{4}$ do comprimento da peça		
Fissuras Passantes	Somente se permitem fissuras passantes nos extremos e o comprimento não deve ser maior que a largura da peça		
Encurvamento (mm)	Menor que 8 mm para cada 3 m de comprimento		
Arqueamento (mm)	Menor que 3 mm para cada 2 m de comprimento		
Torcimento (mm)	Menor que 5 mm para cada 1 m de comprimento		
Encanoamento	Sem restrições		
Esmoado	Transversalmente menor que $\frac{1}{4}$ da espessura ou largura da peça. Sem restrições para o comprimento		
Ataques biológicos	Não se admitem zonas atacadas por fungos causadores da podridão. Admitem-se zonas atacadas por fungos cromógenes Admitem-se orifícios causados por insetos com diâmetro inferior à 2mm		
Outros	Danos mecânicos, presença de bolsa de resina e outros defeitos se limitam por analogia com alguma característica similar		

Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

2.6.1.12 Classificação Visual - Discussão

De acordo com Santos (2019), a análise visual é o parâmetro inicial para detectar qualidade do material, principalmente a madeira que pode conter características naturais defeituosas, que podem ser reconhecidas a olho nu. Se tratando de madeiras que se destinam à utilização estrutural, é imprescindível que as mesmas tenham o menor nível de defeito possível, para que a sua resistência mecânica seja suficiente na posição onde será empregada. Dessa forma, é importante que passem pelos processos que definem a sua classificação e assim permitir a compreensão dos defeitos existentes e as limitações do material.

Ainda, é visto que esses defeitos afetam diretamente na redução da resistência do material pois os valores obtidos em peças de qualidade nos testes de aplicabilidade não são alcançados, concluindo assim que o material não pode ser utilizado nas mesmas condições por não atender a demanda solicitada para a função estrutural desejada (SANTOS, 2019).

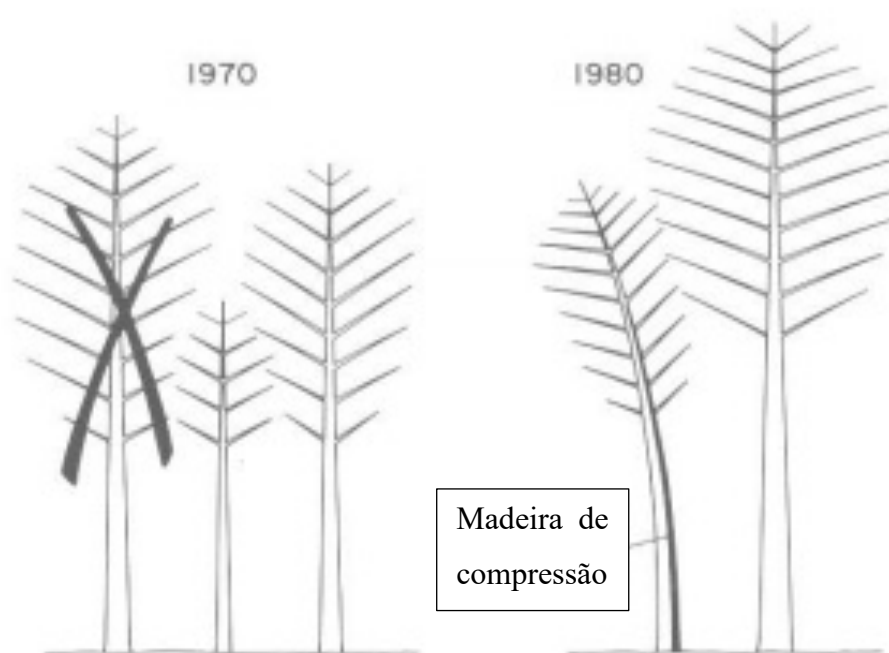
É válido apontar que a classificação visual deve ser realizada antes da classificação, visto que a presença de determinados defeitos já torna a peça inutilizada para uso estrutural.

Realizar a inspeção visual antes, portanto, evita que possíveis classificações mecânicas desnecessárias sejam realizadas.

Um aspecto desconsiderado pela classificação visual segundo o projeto de norma NBR 7190:2021 é a madeira de reação. A Madeira de reação se define como um tecido que é constituído por efeitos genotípicos ou estímulos mecânicos. Ademais, formar devida à ação da gravidade, podendo-se citar o exemplo da inclinação de árvores. Esse tipo de madeira sofre mudanças em sua composição fisiológica do câmbio, onde provavelmente, passa pela influência de distintas concentrações de elementos que ocasionam o seu crescimento. (VIDAURRE, 2013).

Um aspecto bastante evidente que agrega as características desse tipo de madeira ressalta um formato excêntrico ocorrido durante o seu processo de formação, quando a árvore procura a irradiação solar, e nessa busca acaba sendo suprimida pelas outras das proximidades, tendendo a crescer de maneira distinta. Tal situação é exemplificada na figura 19 a seguir.

Figura 19 – Crescimento excêntrico de madeiras de reação.

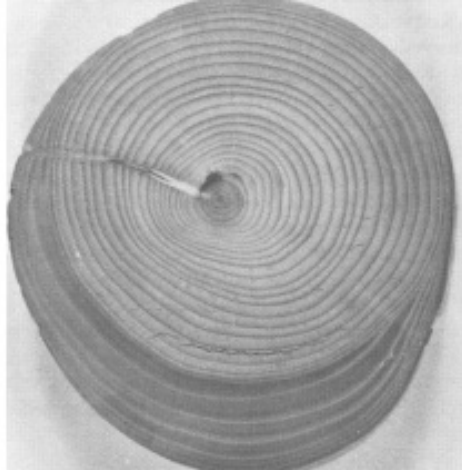


Fonte: WILCOX et, al. (1991)

Esse acontecimento é ocasionado pela nova orientação do tecido presente na madeira, que objetiva uma posição que garanta a sua sobrevivência, tendo uma das suas partes constituída e resistente a esforços de compressão, enquanto a outra é destinada aos esforços de

traças, definidos pela figura 20. É importante frisar que o Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001 desconsidera esse defeito no processo de classificação visual.

Figura 20 – Seção transversal da madeira de reação com compressão distinta.



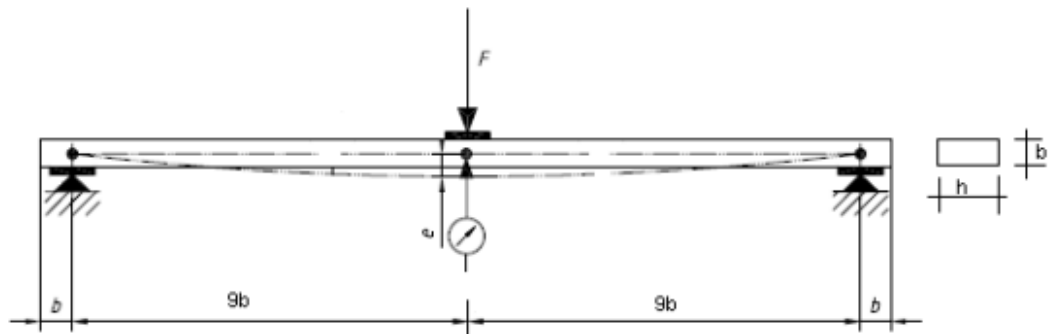
Fonte: WILCOX et, al. (1991)

2.6.2 Classificação Mecânica

O Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001 sugere, para a classificação mecânica das peças de madeira, a execução de ensaio à flexão estática em 3 pontos para avaliar o módulo de elasticidade (E_o) da peça. A força deve ser aplicada no meio do vão livre, sendo medida a flecha no meio do vão.

A peça deve ser ensaiada com seu comprimento e seção transversal integrais, na posição de menor inércia, mantendo-se um vão livre de 18 vezes a espessura nominal da seção transversal (b) como demonstra a Figura 21. Não são especificados valores para a maior dimensão da seção transversal (h) nem para a espessura (b), uma vez que o tamanho da seção transversal da peça varia bastante já que todas precisam ser testadas de forma não destrutiva, sem superar o regime elástico do material. Além disso, o projeto de norma não aborda como evitar que a peça supere o regime elástico e não cita qual deve ser o deslocamento máximo da flecha.

Figura 21 – Ensaio de flexão a 3 pontos de aplicação de força



Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Outros pontos abordados pelo Método de Ensaio ABNT PNBR 02:126.10-001-1, são que a borda tracionada deve ser escolhida de forma aleatória, o carregamento do ensaio deve ser monotônico crescente, de forma a ter acréscimo de tensão nas bordas da peça de 10 MPa/min. Já a flecha deverá ser medida com medidores de deslocamento com exatidão de 0,01 mm.

O módulo de elasticidade à flexão (E_o), será determinado dentro do regime elástico-linear do diagrama força x deslocamento, geralmente localizado entre 10% e 40% da força máxima.

O parâmetro a ser obtido a partir dos resultados do ensaio é o módulo de elasticidade utilizando a expressão (3), obtida no Método de Ensaio PNBR 002:126.010-001.

$$E_o = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{L}{b}\right)^3 \cdot \frac{\Delta F}{\Delta e} \cdot \frac{1}{h} \quad (3)$$

onde:

E_o é o módulo de elasticidade à flexão estática, obtido em MPa; b é a espessura nominal da peça em mm; h é a largura nominal da peça em mm; L é o vão de ensaio da peça; ΔF é o incremento de carga em N e Δe a medida do deslocamento vertical em mm (a flecha).

Para a classificação mecânica, também é necessário avaliar a densidade da madeira para cada peça, medindo seu comprimento e sua seção transversal após aplainamento, com condição referencial de umidade de 12%. A densidade é obtida pela razão entre a massa e o volume nesse teor de umidade. Segundo o Método de Ensaio PNBR 002:126.010-001, para casos de umidade de ensaios realizados em outras condições de umidade que não 12% (entre 10 e 20%), utiliza-se a expressão 4, citada a seguir:

$$\rho_{12} = \rho_{test} \cdot (1 - 0,5(U - 0,12)) \quad (4)$$

Sendo ρ_{test} a densidade inicial de ensaio, e U é o teor de umidade na condição inicial de ensaio, avaliada pelo método com amostragem de peça, pelo método de secagem completa em estufa até constância de massa. Alternativamente, o critério permite o uso de medidor portátil de umidade, baseado na medição de resistência elétrica.

Após a obtenção dos valores de módulo de elasticidade à flexão estática e densidade, é possível classificar a peça de madeira utilizando as Tabela 1 para *Pinus spp* e a Tabela 2 para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis).

Tabela 1 – Classificação mecânica para *Pinus spp*

Propriedade para 12% de umidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade (kg/m ³)	≥ 500	≥ 400	≥ 350
Eo	≥ 11000	≥ 8000	≥ 5000

Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Tabela 2 – Classificação mecânica para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

Propriedade Para 12% de umidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade (kg/m ³)	≥ 700	≥ 600	≥ 500
Eo	≥ 14000	≥ 13000	≥ 11000

Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

2.6.3 Resultados

Com os resultados obtidos através dos métodos citados anteriormente e, após a classificação da peça entre Classe 1, 2 ou 3, é possível utilizar a Tabela 3 (para *Pinus spp*) e a Tabela 4 (para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)) para obter as propriedades de densidade, módulo de elasticidade médio, resistência característica à flexão, resistência característica de compressão paralela e resistência característica de cisalhamento.

Tabela 3 – Classes de resistência para *Pinus spp*

Propriedade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade (kg/m ³)	500	400	350
Módulo de Elasticidade Médio (MPa)	11000	8000	5000
Resistência característica à flexão $f_{m,k}$ (MPa)	35	27	14
Resistência característica à compressão paralela $f_{c,0k}$ (MPa)	22	18	14
Resistência característica ao cisalhamento $f_{v,k}$ (MPa)	6	3,5	2,5

Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

Tabela 4 – Classes de Resistência para *E. urophylla* e *E. grandis* (urograndis)

Propriedade	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Densidade (kg/m ³)	700	600	500
Módulo de Elasticidade Médio (MPa)	14000	13000	11000
Resistência característica à flexão $f_{m,k}$ (MPa)	50	40	30
Resistência característica à compressão paralela $f_{c,0k}$ (MPa)	35	30	25
Resistência característica ao cisalhamento $f_{v,k}$ (MPa)	4	4	4

Fonte: Projeto de Norma PNBR 002:126.010-001

2.7 CLASSIFICAÇÃO ESTRUTURAL COM USO DE EQUIPAMENTO

A madeira é um material heterogêneo com uma estrutura anatômica e anisotrópica complexa, que está associada a defeitos comuns, alguns dos quais estão associados ao processamento, enquanto outros surgem como resultado de processos biológicos. Com isso, a seleção de métodos de teste adequados para classificar sua estrutura é essencial para garantir a segurança e confiabilidade do material. Com o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas, a evolução de dispositivos e sensores tem permitido gerar informações mais rápidas e confiáveis relacionadas à classificação visual, elástica e geométrica, acompanhados de estudos de detalhes de inspeção visual (SANTOS, 2019), justificando a utilização do maquinário citado a seguir.

Este tipo de identificação dá uma boa correlação de resultados em relação aos ensaios destrutivos convencionais, o que é de grande importância: todas as características das peças individuais podem ser obtidas usando esse maquinário, enquanto a definição humana avalia os

resultados da amostra para obter uma média ou análise estatística, subestimando suas propriedades (SANTOS, 2019).

Na coleta de dados para o trabalho em questão, a máquina com uma combinação entre a GoldenEye e ViScan foi citada como ferramenta principal na classificação mecânica das peças de madeira, além de ser a única mencionada pelas empresas entrevistadas, informações essas estarão contidas na metodologia do mesmo. Contudo, existe uma máquina desenvolvida pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), onde, a partir dela, é possível identificar qual tipo de viga o consumidor irá comprar, além de compreender a sua utilização, para que seja aplicada de forma adequada. Ainda, esse maquinário permite a identificação de defeitos existentes no material que não sejam visíveis a olho nu, proporcionando assim praticidade, economia e principalmente segurança na escolha de peças de madeira.

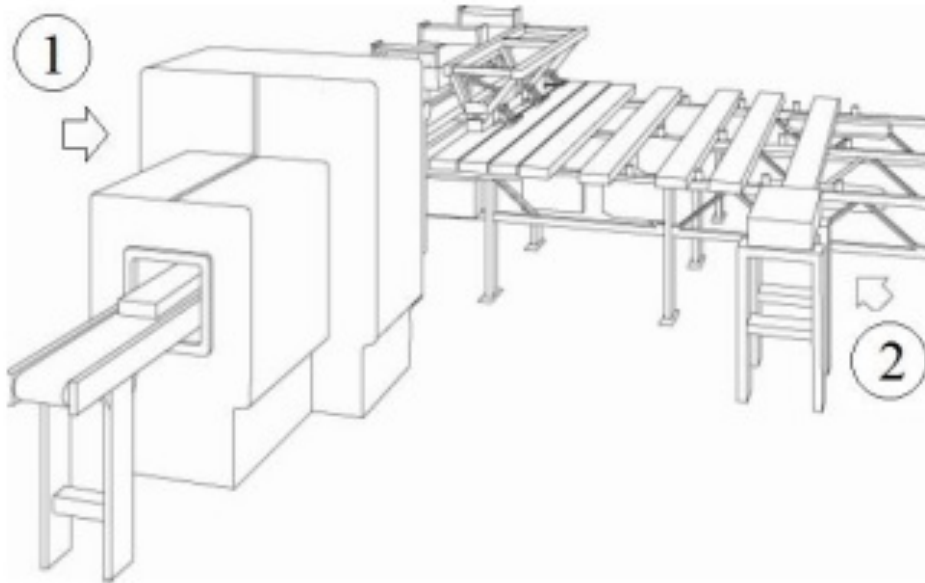
2.7.1 GoldenEye e ViScan

Segundo Gomes (2019), os instrumentos usados na indústria podem medir as propriedades físicas de densidade e umidade. O ViScan mede a frequência de vibração para determinar o módulo de elasticidade dinâmico e a GoldenEye é utilizada para calcular a densidade no transporte longitudinal, além de informações obtidas através do raio X sobre defeitos na madeira, como nós. O autor enfatiza a possibilidade de que a combinação de técnicas pode fornecer uma variedade de informações sobre as preferências de classificação da madeira.

Mesmo que os resultados obtidos sobre densidade, umidade e elasticidade sejam importantes, uma das informações essenciais e que é obtida a partir de um scanner é uma imagem de raios X, em que a radiação emitida pelo instrumento é parcialmente absorvida por um pedaço de madeira, dependendo de suas propriedades físicas, permitindo o mapeamento de nós germinativos e anéis. Quanto maior a densidade do material, menor a intensidade de radiação que o atravessa. O aparelho possui uma série de câmeras e sensores que permitem a criação de imagens que podem substituir a classificação visual, geralmente realizada de acordo com os padrões geralmente aceitos, pelo julgamento humano (GOMES, 2019).

A disposição da combinação entre GoldenEye e ViScan está exemplificado na Figura 22 a seguir, tendo o módulo de Scanner de Raio-X identificado como (1), onde entram as peças de madeira, e o módulo do processo de análise de densidade e elasticidades como (2).

Figura 22 – Esquema de combinação da GoldenEye com ViScan



Fonte: Bacher (2008)

3 METODOLOGIA

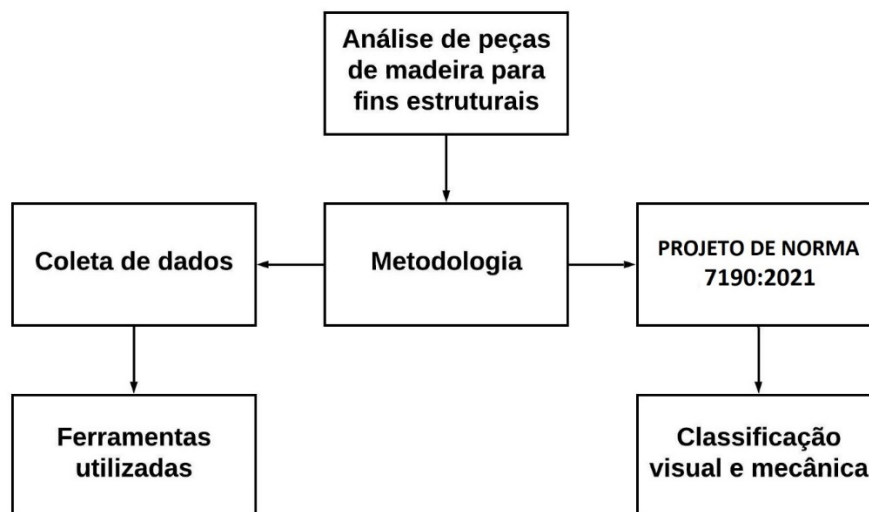
Assim como se faz uso da pesquisa bibliográfica, afim de dissertar sobre o tema tratado, o referido trabalho equivale à uma análise direcionada e com a finalidade de analisar a ABNT 7190:2021, o que tange à classificação visual e mecânica das peças de pinus e eucalipto com finalidade estrutural, assim como fazer uma análise crítica dos desafios de tornar o uso da norma comum entre as empresas que comercializam madeira, além de sugerir possíveis alterações para facilitar o seu uso.

Essa mesma pesquisa tem natureza descritiva, pelo fato de apresentar revisão da literatura existente e depois descrever os resultados das entrevistas feitas às empresas.

Tal etapa é responsável por validar o caminho adotado para o que está sendo proposto pela pesquisa, por isso a mesma ultrapassa os limites definidos de descrição dos procedimentos ao apontar a escolha teórica que se enquadre ao objeto de estudo (GERHARD; SILVEIRA, 2009).

Seguindo um raciocínio em forma de esquema ordenado, a elaboração dessa metodologia adotada ao desenvolvimento da pesquisa em questão segue os passos descritos no mapa conceitual exibido na Figura 23 abaixo.

Figura 23 – Representação do Mapa Conceitual



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A construção desse mapa conceitual permitiu a assimilação de indicadores e demais critérios que estabelecem os caminhos de entendimento dos processos que influenciam

diretamente a análise de funcionamento das peças de madeira em suas distintas situações de utilização quanto às suas propriedades e aspectos, enfatizando elementos que auxiliam o processo como um todo.

3.1 OBJETO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada através do contato com diversas madeiras que comercializam madeira para uso estrutural nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, com entrevistas realizadas via telefone/e-mail com algum colaborador da empresa quanto à comercialização ou não de madeiras para uso estrutural classificadas visualmente e mecanicamente. Em algumas situações, caso não fosse obtida resposta pelos meios citados anteriormente, foram enviadas perguntas através dos sites das empresas pelo canal “Fale Conosco” (quando existente) ou até mesmo através da caixa de mensagens de redes sociais como Facebook e Instagram. Esse levantamento de posições de várias empresas é fundamental para que pudesse verificar se o mercado possui a tendência de realizar essa classificação e, conseqüentemente, facilidade de se adequar ao que é estabelecido pelo projeto de norma ABNT 7190:2021.

Para alcançar um panorama mais completo do cenário a ser estudado, foi planejado realizar entrevistas com algumas empresas paulistas, paranaenses e catarinenses, além de encontrar uma variedade entre empresas de pequeno, médio e grande porte. Foram selecionadas 27 empresas do Estado de São Paulo, 24 empresas do Estado de Santa Catarina e 6 do Estado do Paraná, totalizando 57 entrevistas planejadas.

3.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE DE DADOS

Por se tratar de uma análise mercadológica de um material com função estrutural, é importante enfatizar os quesitos relacionados ao detalhamento de informações utilizadas para obtenção de conhecimento, descrevendo com maior quantidade de detalhes do contexto abordado para a investigação, além de apresentar teorias e explicações para o que for apresentado.

A pesquisa usa como base fontes bibliográficas que conceituam sobre o assunto tratado, além de funcionar por meio da realização de procedimentos reais, que relacionam a observação de fatores, juntamente com levantamento de dados diretos junto às madeiras,

desde a forma como comercializam suas peças até a comparação de valores entre madeiras classificadas mecanicamente e visualmente com madeiras não classificadas.

Para a referida situação, em relação às ferramentas utilizadas para obtenção dos resultados, quando via telefone, foi citada a norma NBR 7190:2021 explicando para o colaborador da madeireira como uma atualização da NBR 7190:1997 que define como a classificação visual e mecânica será realizada através do método de ensaio PNBR 002:126.010-001. Foi questionado, primeiramente, se existem processos de classificação mecânica e visual dentro da empresa atualmente. Caso a resposta fosse positiva, foi questionada qual a familiaridade da empresa com a norma NBR 7190:1997, sobre a quantidade de clientes que exigem peças de madeira classificadas mecanicamente e visualmente, o que levou a empresa a começar a realizar as classificações, qual metodologia é utilizada para realizar as classificações (com algum detalhamento, desde a quantidade de colaboradores até o maquinário utilizado), quais as principais dificuldades de inserir o processo dentro da empresa e qual a diferença de valor entre peças não classificadas e peças classificadas. Caso a empresa não realizasse qualquer processo de classificação visual e mecânica, foi questionado quão familiarizada a empresa está com a norma NBR 7190:1997, qual o motivo para que as classificações não sejam realizadas, se há clientes que procurem peças de madeira classificadas, se há interesse para inserir algum processo envolvendo classificação mecânica e visual no futuro e, caso o projeto de norma NBR 7190:2021 seja aprovado, se há interesse de segui-lo no que tange às classificações mecânicas e visuais das peças de madeira para uso estrutural.

Considerando o questionário enviado por e-mail, as perguntas seguirão a mesma tendência, mas de forma um pouco mais resumida e buscando marcar um horário para que a entrevista seja realizada via telefone, já que permite que as respostas sejam obtidas de forma mais completa.

3.2.1 Análise dos critérios de classificação visual e mecânica

Outros aspectos que precisam ser levados em consideração ao processo destinado se relacionam à análise crítica do critério de classificação visual e mecânica PNBR 002:126.010-001.

É preciso compreender também que a norma utilizada como base de análise dos resultados é relativamente nova, o que impossibilitaria que estivesse em aplicação em todos os campos de atuação e comercialização do material abordado.

Após a coleta dos dados relacionados à forma como as madeiras lidam com a classificação visual e mecânica, foi possível discutir quais os desafios existentes para a real aplicação do projeto de norma ABNT 7190:2021 e do método de ensaio PN-01-126.10-001-1.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Como apontado no capítulo anterior, foram selecionadas inicialmente 57 empresas que vendem madeira para uso estrutural. Dessas 57, foram obtidas respostas de 31 empresas. É válido descrever que em 26 empresas (45,6%) não foram obtidas respostas satisfatórias para a execução da análise. Descrevendo brevemente quais foram as principais dificuldades que levaram a não obtenção de respostas nessas empresas, vale destacar tentativas feitas através de telefone que não eram bem-sucedidas porque o colaborador da empresa que atendeu não sabia responder as perguntas. Nessas situações, era solicitado o contato de um colaborador que fosse apto, mas depois não houve resposta da mesma forma. Foram feitas tentativas através dos websites também, assim como por meio da caixa de mensagem de redes sociais como Instagram e Facebook, e o resultado foi o mesmo. Acredita-se que algumas empresas não tiveram interesse de responder um questionário envolvendo um trabalho de conclusão de curso de graduação e que não oferecia a possibilidade imediata de comercializar algum produto e obtenção de lucro.

4.1 EMPRESAS QUE NÃO REALIZAM CLASSIFICAÇÃO VISUAL OU MECÂNICA

Para fins de organização, as respostas das entrevistas serão analisadas divididas em subseções diferentes. Nesta subseção, serão abordados os casos das empresas que informaram não realizar classificações mecânicas ou visuais de seus produtos, a pesquisa completa está localizada no Anexo A.

Das 31 empresas que responderam ao questionário planejado na metodologia, 30 disseram não realizar nenhum tipo de classificação visual e mecânica para a venda de peças de madeira pinus e eucalipto com fins estruturais, correspondendo à cerca de 96,8% das empresas que responderam às perguntas.

Dentro desse cenário de empresas que não realizam classificação visual e classificação mecânica, 25 empresas afirmaram conhecer a norma NBR 7190:1997, que corresponde a 83,3%. Por outro lado, essas mesmas 30 empresas, 96,8% do número de empresas que responderam, informaram não saber o que a norma diz sobre classificação visual e mecânica.

Quando questionadas sobre o motivo de não realizarem qualquer tipo de classificação, 27 (90%) das 30 empresas responderam que seus clientes não pedem esse tipo de solicitação ao comprar material com eles.

Além disso, 25 das 30 empresas disseram não conhecer orientações sobre como realizar essas classificações, cerca de 83,3% das respostas. Das 30 empresas, 9 empresas (30%, das respostas), informaram que não sabem o que é classificação mecânica ou visual.

Continuando a apresentação dos resultados, 30 empresas responderam que, neste momento, não têm interesse em inserir qualquer processo de classificação na empresa, seja visual ou mecânica, cerca de 97% do total de empresas entrevistadas.

Foi questionado durante a entrevista, após a citação do projeto de Norma NBR 7190:2021 e de sua abordagem na classificação mecânica e visual de madeiras de floresta plantada para uso estrutural, se a empresa teria interesse em seguir as orientações desse projeto de norma. As 30 empresas responderam que, neste momento, não possuem interesse em seguir o projeto de norma.

Após isso, foi questionado durante a entrevista, quais motivos poderiam estimular a empresa a seguir o projeto de norma NBR 7190:2021. As 30 empresas responderam que, caso percebessem que muitos clientes exigissem essas classificações, passariam a fazer. Além disso, as mesmas 30 empresas concordam que, caso percebessem que a classificação visual e mecânica trouxessem benefícios econômicos, como aumento de suas vendas, implantariam o processo de classificação visual e mecânica na empresa.

Considerando essas respostas, é possível interpretar que as empresas que não comercializam produtos com classificação visual ou mecânica não possuem interesse em passar a classificar principalmente porque não sentem a necessidade vinda de seus clientes. O mercado consumidor de peças estruturais de madeira parece não reconhecer a necessidade de peças de madeira classificadas visualmente ou mecanicamente. Um ponto interessante que foi percebido é a existência de um grande desconhecimento de parte das empresas entrevistadas sobre as normas brasileiras de madeira. Como citado anteriormente, muitas não conheciam a norma e mesmo depois de apresentada, disseram não ter interesse em segui-las. Seria interessante que fossem estudadas formas de tornar as normas mais divulgadas no meio empresarial e chegassem em todas as empresas.

Além disso, é importante apontar que os responsáveis pela compra de madeira estrutural, por exemplo os engenheiros ou arquitetos, não estão cobrando a madeira classificada das empresas. É preciso que esses profissionais conheçam melhor as normas brasileiras, suas importâncias na elaboração de bons projetos e reconheçam quando for necessário o uso de madeira classificada.

4.2 EMPRESA QUE REALIZA CLASSIFICAÇÃO MECÂNICA E VISUAL

Nesta subseção, será dado foco a única empresa das 31 que foram entrevistadas que respondeu que realiza classificação mecânica e visual de parte de seus produtos. Nesse caso, a troca de informações acabou sendo mais completa e interessante do que nas outras entrevistas. É importante apontar que esta entrevistada é uma das maiores empresas em território brasileiro, atuando há quase 70 anos e, segundo website da empresa, é uma das três maiores produtoras de madeira do país. O questionário completo realizado com a empresa pode ser verificado no Anexo B.

Considerando as respostas dadas, eles não possuem madeira classificada visualmente e mecanicamente como produto à venda comum, porém fazem classificação visual e mecânica da madeira para alguns clientes que assim solicitam. A classificação é feita através de um scanner multissensorial, GoldenEye e ViScan. Como apresentado anteriormente, o equipamento fornece valores referentes ao módulo de elasticidade da peça de madeira (E_0). Além disso, há um colaborador para verificar os defeitos visuais da peça. Não foi informado se a busca por estes defeitos visuais segue alguma normativa existente.

A principal motivação para a empresa realizar essas classificações foi a percepção de que há demanda, embora pequena, de madeira estrutural no Brasil. Embora, para a empresa, a classificação visual e mecânica não seja um aspecto absolutamente fundamental, eles possuem alguns clientes específicos que fazem esse tipo de requerimento e são esses que possuem aplicações sólidas para madeira estrutural, porém ainda são poucos. A empresa citou apenas dois clientes que fazem compras recorrentes de madeira classificada mecanicamente e visualmente, ambos utilizando essas peças de madeira para fabricar madeira lamelada colada e madeira laminada cruzada.

Segundo a mesma, o principal impasse na realização da classificação visual e mecânica é a ausência de normas e padrões brasileiros a serem seguidos para realizar essas classificações. Segundo ela, a situação piora porque cada cliente possui uma largura e espessura de consumo diferente e que, considerando um lote de madeira classificado, nem todas as peças podem ser usadas pra uso estrutural e fica difícil repassar para outras aplicações por conta dessa variedade de medidas. Entretanto, como citado anteriormente na subseção 2.1.2, existe uma norma brasileira que padroniza essas medidas, a NBR 7203:1982. Isso demonstra que o entrevistado não possuía conhecimento da citada norma.

Ainda, foi visto que o processo não demandou uma grande quantidade de colaboradores para ser realizado, porém, quando é necessário que as classificações sejam feitas, a linha de produção possui velocidade reduzida, sendo entre 30% e 40% mais lenta que as peças de madeira que não necessitam de classificação. Dessa forma, a diminuição na velocidade também resulta em um aumento de custo de processamento, fazendo com que as peças de madeira sejam cerca de 40% mais caras do que as que não precisam de classificação. Além do uso do scanner durante a produção, é necessário que ele seja aferido constantemente para que os resultados obtidos sejam precisos, o que causa parada da linha de produção de madeira classificada. Além disso, é necessário medir a umidade das peças, o que também diminui a velocidade na linha de produção.

Questões financeiras devem ser apontadas nessa situação, já que a velocidade da linha de produção mais lenta e as paradas têm um preço e a empresa acredita que o mercado não está desenvolvido o suficiente para absorver esse custo. A empresa também deixou claro que a madeira classificada visualmente e mecanicamente é um produto “pré-comercial”, que não consta nas vendas comuns da empresa e que é algo realizado em pequena escala e para poucos consumidores mais exigentes e que provavelmente estão dispostos a pagar um valor mais elevado e repassar este maior custo para seus clientes. Nessas situações, eles classificam individualmente o lote inteiro e o enviam classificado por classes e o cliente leva tanto o material ideal para uso estrutural quanto o material não indicado para uso estrutural.

Considerando as respostas dadas nas entrevistas, fica possível identificar que, quando o mercado faz a solicitação, a empresa busca uma forma de suprir essa necessidade. Mesmo nas respostas das empresas que não comercializam madeira classificada, também ficou claro que não há demanda deste tipo de material pelo mercado e, se houvessem passariam a considerar a possibilidade de classificar a madeira. No caso desta última empresa, mesmo sem conhecimento dos critérios da NBR 7190:1997 de como realizar as classificações mecânicas e sem uma orientação de normativa técnica brasileira de como realizar as visuais, eles buscaram uma forma de realizar essas identificações e suprir a necessidade de seus clientes. É interessante notar que a empresa apontou o aumento do custo de produção que as peças de madeira classificadas visualmente e mecanicamente possuem em relação às peças de madeira não classificadas. Ela consegue colocar maior valor agregado no seu produto, mas também fica claro que é necessário que o cliente esteja disposto a pagar. Além disso, foi notado o desconhecimento por parte do entrevistado da existência da norma NBR 7203:1982 que padroniza medidas das peças de

madeira, demonstrando mais uma vez o desconhecimento do empresário em relação as normas em vigor do país.

É válido notar que a empresa está disposta a seguir o projeto de norma envolvendo a classificação visual e mecânica, mas parece alheia a existência de algumas delas, como a que normatiza os tamanhos das peças de madeira.

Para corrigir esse problema, seria importante que houvesse maior divulgação das normas técnicas aplicadas à madeira, além da formação de profissionais que reconheçam na normatização uma oportunidade de realizar os processos e que demandem pela madeira classificada para suas conclusões.

5 CONCLUSÃO

Partindo-se do projeto de norma NBR 7190:2021 como ferramenta norteadora da pesquisa em questão, foram necessários estudos referentes a todos os assuntos que a envolvem para o preparo do questionário enviado às empresas.

Para o procedimento de classificação do material, existe maquinário destinado e que agiliza a execução, mas o seu custo elevado pode ser citado como ponto negativo. Vários fatores estão relacionados ao processo de regulamentação e aplicação da norma em questão, aplicadas à utilização da madeira como matéria prima de elementos estruturais. Contudo, a sua utilização é possibilitada por meio das orientações previstas na norma, mesmo que existam pontos negativos.

É válido também apontar que foi notado um desconhecimento considerável das empresas contatadas em relação às normas brasileiras que envolvem madeira. As entrevistas realizadas apontaram que, na realidade, muitas empresas não conhecem e não acompanham as normas brasileiras existentes. Além disso, foi verificado que a aplicação correta da normatização por essas empresas está fortemente atrelada ao que os clientes das mesmas solicitam. É importante que tanto os compradores de madeira quanto os fornecedores enxerguem na normatização uma oportunidade de realizar os melhores processos profissionais e de obter obras de maior qualidade e mais duráveis. É necessário que exista maior divulgação das normas técnicas envolvendo a madeira, mas não apenas isso, é necessário que o profissional comprador da madeira cobre que essas classificações sejam feitas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Diego Henrique de et al. **Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá** (*Schizolobium amazonicum* HERB) em peças de dimensões estruturais. *Revista Árvore*, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **PROJETO DE NORMA - NBR 7190:2013**. Projeto de Estrutura de Madeira. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MÉTODO DE ENSAIO ABNT PNBR 02:126.10-001-1** – Critérios de classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira de florestas plantadas. Rio de Janeiro, 2015.
- BACHER, Martin. **Comparison of different machine strength grading principles**. 2008
- BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of Wood and Wood Composites**. New York: van Nostrand Reinhold, 1993. 712 p.
- BRANCO, Jorge M.; LOURENÇO, Paulo B. **Coberturas tradicionais de madeira: caracterização, inspeção e classificação**. 2014.
- BRITES, Ricardo D. et al. **Avaliação da segurança de cobertura tradicional de madeira sujeita a degradação biológica**. In: 4th International Conference on Structural Defects and Repair. 2008. p.
- CRUZ, Helena. **Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira**. Curso livre internacional de património, 2001.
- CRUZ, HELENA. **Inspeção, avaliação e conservação de estruturas de madeira**. 1. as Jornadas de Materiais na Construção, p. 215-227, 2011.
- EN 518:1995, **Structural timber** – Grading – Requirements for visual strength grading standards. CEN, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (organizadoras). **Métodos de Pesquisa**. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GESUALDO, Francisco A. Romero. **Estruturas de madeira**. Uberlândia, UFU, 2003.
- GOMES, Roger Cristhian. **Aplicação de Deep Learning na classificação de tábuas de madeira por meio de análise de imagens digitais**. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Norma para classificação de madeira serrada de folhosas. Brasília, 1983.
- MORITANI, Fabiana Yukiko. **Proposta de classes de resistência para peças estruturais de madeira: Eucalyptus urograndis, Pinus taeda e Schizolobium amazonicum (Paricá)**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.

MAINIERI, C. **Manual de Identificação das principais madeiras comerciais brasileiras.** São Paulo. IPT, 1983.

PLETZ, Everaldo; MOURA, Jorge Daniel de Melo. **Manual de classificação visual de peças de madeira tipo pinus.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2011.

SANTOS, Adriana da Silva et al. **Panorama do comércio de madeira serrada e perspectivas para o comércio de madeira certificada na Microrregião Geográfica de Florianópolis.** 2011.

SANTOS, Lorenzo Lube dos. **Estabelecimento de classes de resistência para a madeira serrada de pinus spp.** 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SZÜCS, Carlos Alberto et al. **Estruturas de madeira.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, 2006.

VIDAURRE, Graziela Baptista et al. **Propriedades da madeira de reação.** *Floresta e Ambiente*, v. 20, n. 1, p. 26-37, 2013.

WILCOX, W. W.; BOTSAL, E. E. e KUBLER, H. **Wood as a building material: a guide for designers and builders.** John Wiley & Sons. New York, EUA, 1991. 215 p. ISBN: 0- 471-52722-10.

ANEXO A – Entrevistas com empresas que não realizam classificação visual e mecânica

Empresa	Estado	Realiza Classificação Mec. ou Visual	Conhece a NBR 7190:1997	Conhecimento Sobre o Que a NBR 7190:1997 Diz Sobre Classificação Visual e Mecânica	Algum Provável Cliente Já Pediu Algum Tipo De Classificação	Sabe o Que é Classificação Visual e Mecânica	Possui Interesse Em Inserir Algum Processo De Classificação Na Empresa	Motivo Que Levaria a Empresa a Seguir o Projeto De Norma NBR 7190:2021	Implementariam Classificação Visual e Mecânica Caso Trouxesse Impactos Econômicos Positivos
1	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
2	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
3	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
4	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
5	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
6	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
7	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
8	SP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
9	SC	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
10	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
11	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
12	PR	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
13	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
14	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
15	SP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
16	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
17	SP	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
18	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
19	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
20	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
21	SP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM

22	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
23	SP	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
24	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
25	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
26	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
27	SP	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
28	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
29	SC	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM
30	SP	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	PEDIDOS DOS CLIENTES	SIM

ANEXO B – Entrevista com empresa que realiza classificação mecânica e visual

Pergunta: A empresa possui algum processo interno de classificação visual e mecânica de peças de madeira?

Resposta: Apesar da empresa hoje não ter um produto com SKU (*Stock Keeping Unit*, que significa número de referência único, um código que diferencia um material de outro) distinto hoje e descrito como estrutural, já fazemos sim a classificação estrutural da nossa madeira para alguns clientes, nos moldes da 7190. Nosso processo de classificação hoje, é feito em apenas uma de nossas serrarias através de um “scanner” multissensorial. Este equipamento reúne diversas informações de vários sensores diferentes, e usa uma capacidade de processamento de dados para dar uma nota estrutural para a peça de madeira em questão, baseada em seu Eo, ele se chama GoldenEye e ViScan. Além disso, há verificação visual dos possíveis defeitos presentes na peça.

Pergunta: Qual a motivação para que a empresa passasse a fazer essas classificações?

Resposta: Hoje, apesar de pequena, existe uma demanda por madeira estrutural no Brasil. O mercado está se desenvolvendo e a produção de produtos de madeira engenheirada vem crescendo. A empresa identificou que o mercado não cresce mais por falta da matéria prima “madeira industrial” e para suprir e fomentar este mercado, estamos produzindo uma pequena parcela para este mercado.

Pergunta: Em questão de receptividade de mercado, acredita que classificar madeiras foi um diferencial em termos de vendas?

Resposta: Embora não seja um aspecto absolutamente fundamental, hoje vendemos para alguns clientes que fazem esse tipo de requerimento e que possuem aplicações sólidas para a madeira estrutural. É sempre um desejo dos clientes receber a madeira classificada estruturalmente para estes mercados.

Pergunta: Quais foram as principais dificuldades para que o processo de classificação mecânica e classificação visual fosse implementado? Maior quantidade de colabores, treinamentos?

Resposta: O maior impasse enxergado hoje, é a ausência de normas e padrões Brasileiros. Seria desejável que existisse uma norma padronizando essa classificação. Além disso, cada cliente

tem uma largura e espessura de consumo diferente. Considerando que um lote de madeira que foi classificada, tem uma parcela grande de madeira que não é considerada estrutural, estas peças tem que ser vendidas para outras aplicações, e tem que ter medida compatível com estas outras aplicações. Em tendo uma norma para medidas, todos que trabalham com madeira estrutural, teriam um produto padrão de mercado a disposição e trabalhariam com a mesma medida, facilitando o trabalho do produtor. Um mercado paralelo seria desenvolvido também para absorver esta madeira com a mesma medida da estrutural que não atinge características mínimas estruturais.

Para a quantidade de colaboradores, neste processo não exige nada muito diferente do que já é feito hoje sem a classificação estrutural. O problema é que quando se é classificado estruturalmente, a linha roda uns 30-40% mais lenta, por conta do processo de classificação, o que eleva o nosso custo de processamento. Idealmente, os processos de controle têm que estar bem desenvolvidos e instituídos, ou seja, tem que se tirar peças da produção constantemente para aferir o Scanner e ter a certeza da validade da correlação. Tem que se medir umidade das peças e fazer os testes destrutivos periodicamente. Tudo isto tem um preço, e, estima-se que a classificação torne a madeira cerca de 40% mais cara e o mercado infelizmente hoje ainda não está desenvolvido o suficiente para absorver este custo.

Pergunta: Se possuírem algum tipo de material da empresa exemplificando sobre esse processo seria interessante e de muita ajuda também

Resposta: Infelizmente não há nenhum material oficial da empresa, por se tratar de um produto que é “pré” comercial, ou seja, existe ele e é feito em uma escala muito pequena para clientes limitados. Hoje são classificados todos os lotes para o cliente, que são enviados classificados por classe, mas os clientes levam o material estrutural e não estrutural também.