

MADEIRA: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES



Julio Eustaquio de Melo

República Federativa do Brasil
Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério do Meio Ambiente - MMA
José Carlos Carvalho
Ministro

Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos
Humanos - SQA
Regina Elena Crespo Gualda
Secretária

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
Renováveis - IBAMA
Rômulo José Fernandes Barreto Mello
Presidente

Diretoria de Florestas - DIREF
Humberto Candeias Cavalcanti
Diretor de Florestas

Laboratório de Produtos Florestais - LPF
Marcus Vinicius da Silva Alves
Chefe

Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Diretoria de Florestas
Laboratório de Produtos Florestais

MADEIRA: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Julio Eustaquio de Melo

Brasília, 2002

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
Renováveis - IBAMA
Laboratório de Produtos Florestais - LPF

SAIN Av. L4 - Lote 4
70818-900 Brasília, DF - Brasil
Tel.: (61) 316-1209/316-1526
Fax: (61) 316-1515/225-1182
site: <http://www.ibama.gov.br>
e-mail: lpf@lpf.ibama.gov.br

Esta publicação do curso para capacitação de agentes multiplicadores em valorização da madeira e resíduos vegetais, tornou-se viável por intermédio do convênio MMA/IBAMA/2001-06, da Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos, convênio esse que tem a coordenação, pelo MMA, de Paulo Brum Ferreira e pelo LPF/IBAMA de Waldir Ferreira Quirino.

Conteúdo Técnico

Julio Eustaquio de Melo

Coordenação Editorial

João Humberto de Azevedo

Tratamento Redacional

Guido Heleno

Diagramação e Arte Final

Felipe Venâncio Alves

Projeto Editorial/impressão



O material desta publicação pode ser reproduzido, desde que citada a fonte.
O conteúdo é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

1ª Edição: 1ª Impressão (2002): 1.800 exemplares

M529m Melo, Julio Eustaquio.
Madeira: características e aplicações / Julio Eustaquio de Melo. - Brasília: LPF, 2002.
30 p. :il. ; 21x27 cm.

Curso para capacitação de agentes multiplicadores em valorização da madeira e resíduos vegetais

ISBN 85-7300-141-0

1. Madeira. 2. Características e aplicações. 3. Produto Florestal. 4. Tecnologia da madeira I. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. II. Laboratório de Produtos Florestais. III. Título.

CDU 674

Apresentação

O Brasil Joga Limpo é um programa de governo elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, com a finalidade de desenvolver ações de melhor gestão dos resíduos nas cidades e no campo por meio de um trabalho conjunto e participativo, integrando governo e comunidade com vantagens no aspecto ambiental e social. O Brasil Joga Limpo é um dos 305 programas que integram o Plano Plurianual 2000-2003, o Avança Brasil. São objetivos deste programa: diminuir a geração de resíduos, aumentar a reciclagem e o reaproveitamento dos mesmos, em consonância com as normas ambientais.

Esta publicação é parte integrante de um conjunto de oito módulos que formam o curso "Capacitação de Agentes Multiplicadores em Valorização da Madeira e dos Resíduos Vegetais". Essa ação educativa foi proposta pela Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos - SQA, cuja execução está sobre a responsabilidade do Laboratório de Produtos Florestais - LPF.

O conteúdo do curso está lastreado na experiência desse Laboratório, acumulada em vários anos de pesquisa e aborda o correto processamento da madeira. Com isso, se pode reduzir, significativamente, a geração de resíduos, além de possibilitar a reciclagem e transformação dos mesmos em novas matérias-primas ou insumos agrícolas, gerando energia e também uma infinidade de outros produtos de boa qualidade.

Dentro desse programa de capacitação serão apresentadas as tecnologias de manejo de resíduos, exemplificando, também, os processos disponíveis no Brasil e em outros países. Essas tecnologias podem ser utilizadas para valorização de resíduos da indústria madeireira, bem como para todos os oriundos da agricultura.

A expectativa é que, integrando gestão ambiental com valorização e conservação dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, considerando possíveis adequações em função das características regionais, este material favoreça a adoção das tecnologias apropriadas. E assim, gradativamente, é possível que se consiga promover um maior e melhor aproveitamento dos potenciais agroflorestais, agregando valor a esses produtos, gerando empregos e promovendo avanços no bem-estar social e ambiental das comunidades.

Regina Elena Crespo Gualda
Secretária de Qualidade Ambiental
nos Assentamentos Humanos
do Ministério do Meio Ambiente



Sumário

Introdução	7
Propriedades físicas e mecânicas	7
Propriedades físicas	7
Caracteres gerais	8
Teor de umidade	9
Densidade	10
Estabilidade dimensional	12
Comportamento térmico	14
Coeficiente de dilatação térmica	15
Calor específico	15
Comportamento acústico	16
Condutibilidade elétrica	16
Propriedades mecânicas	16
Tipos de ensaios	17
Fatores que afetam a resistência da madeira	20
Madeira na construção	22
Características importantes por uso específico	22
Seções comerciais de madeira serrada	22
Coberturas convencionais	23
Dados técnicos - cobertura	24
Características de telhas cerâmicas	24
Indicação de usos específicos de espécies de madeira	27
Bibliografia	30



Introdução

A madeira é utilizada no Brasil de forma empírica e tradicional, sem a preocupação com o emprego de novas técnicas construtivas e de manutenção já desenvolvidas, o que possibilitaria sua utilização mais racional, tornando-a mais competitiva em relação aos outros materiais de construção. A grande extensão territorial brasileira, aliada às diferenças regionais de desenvolvimento econômico, social e disponibilidade de matéria-prima, exige que sejam utilizados os recursos naturais presentes em cada região, para atender as suas próprias necessidades.

Dentre os materiais de construção utilizados, a madeira tem uso restrito às obras provisórias, cimbramentos, postes, dormentes, estacas e cruzetas. A razão do papel secundário da madeira na construção se deve a nossa tradição cultural, falta de conhecimento e divulgação de suas propriedades. O conhecimento técnico que se tem é insuficiente em relação à infraestrutura e produção, assim como as normas existentes são escassas, rudimentares e ignoradas com frequência. Poucos são os técnicos e profissionais familiarizados com a tecnologia da madeira em razão do número inexpressivo e, até mesmo inexistente, de disciplinas nas escolas brasileiras.

A madeira é o único recurso natural renovável com propriedades estruturais e um dos materiais mais resistente por unidade de peso. Além disso é fácil de se trabalhar, resultando em grande diversidade de formas e de seções. Por ser relativamente leve, implica em baixo custo de transporte e montagem e por ser biodegradável os resíduos podem ser totalmente aproveitados.

Numa época de crise energética e de preocupação com o meio ambiente é de se esperar um maior interesse por este material, cujo beneficiamento requer pouco consumo de energia, menor contaminação do ar e da água. Torna-se necessário, portanto, um tratamento diferenciado à madeira que vem, desde a antiguidade, servindo de matéria-prima para a proteção e bem estar do ser humano.

Este trabalho vem fornecer bases técnicas, no que se refere à utilização da madeira na construção, através do conhecimento de suas propriedades, comportamento e utilização, possibilitando maior economia e segurança nas suas aplicações.

Propriedades físicas e mecânicas

A quantidade, disposição, orientação e composição química dos elementos anatômicos da madeira, explica a sua natureza heterogênea e anisotrópica. Suas propriedades físicas e mecânicas apresentam comportamentos diferentes, principalmente entre espécies, entre árvores de uma mesma espécie e dentro de uma mesma árvore. Esta variabilidade pode, no entanto, ser medida através de um sistema de amostragem aleatória e representativa, com um erro mínimo de estimativa, realizando-se ensaios em corpos de prova isentos de defeitos tais como nós, fibras inclinadas, rachaduras, empenamentos etc. A caracterização física e mecânica da madeira tem como objetivo identificar os usos específicos de espécies pouco conhecidas ou desconhecidas, e estimar as tensões de cálculo e dimensionamento de estruturas.

Propriedades físicas

Para efeito de caracterização física, pode-se idealizar a madeira como um material ortotrópico, com três direções principais, perpendiculares entre si, coincidentes com a direção longitudinal (ao longo do comprimento da árvore), tangencial (tangente aos anéis de crescimento) e radial (em direção ao centro da árvore). A seguir, serão descritas as principais propriedades físicas da madeira.



Caracteres gerais

• Cor

É uma característica que auxilia na identificação de espécies e classificação em usos finais. A madeira serrada sofre alteração de cor com o passar do tempo, em exposição à luz solar, ataque de fungos e bactérias, ou variação do teor de umidade, pela oxidação de seus elementos orgânicos.

A variação da cor natural da madeira se deve, principalmente, à presença de extrativos (taninos, resinas, óleos etc) nas células e nas paredes celulares, que se depositam, de forma mais acentuada, no cerne. Geralmente, as madeiras de cores escuras apresentam maior durabilidade natural, porque alguns destes extrativos são tóxicos aos fungos e insetos. A descrição de cor da madeira era feita, utilizando a tabela de cores de Munsell, para solos. Atualmente se adota o sistema CIE (Comissão Internacional de Iluminantes), cujo método define a sensação de cor baseada em três elementos (luminosidade, tonalidade e cromaticidade). Os dados colorimétricos são obtidos através de um Espectrofotômetro.

• Cheiro

O cheiro ocorre em algumas espécies, sendo mais evidente em madeiras com alto teor de umidade. É consequência da presença de substâncias, na sua maioria voláteis, que tendem a desaparecer com o passar do tempo. É uma característica importante na identificação de espécies e na classificação em usos finais, devido a possibilidade de desprender odor desagradável. Devido a isso, como exemplo, engradados para transporte de gêneros alimentícios devem ser fabricados com madeiras inodoras.

• Grã

É o termo usado para descrever a direção longitudinal dos elementos anatômicos estruturais da madeira (fibras, vasos e traqueídes) na árvore, em relação ao crescimento axial e na madeira serrada, em relação a uma superfície em exposição. De forma prática, quando se racha uma peça de madeira na direção longitudinal, ela se parte seguindo a direção dos elementos anatômicos, isto é, na direção da grã.

No processo de crescimento da árvore, são vários os fatores que influenciam no arranjo e orientação destes elementos. Devido à diversificação dos tipos de grã e sua importância na utilização da madeira, a grã é classificada em grã direita (reta) e grã irregular. Na grã direita, existe o paralelismo dos elementos anatômicos, com a direção longitudinal do tronco ou da peça serrada. Esta é a orientação mais comum e desejável, por fornecer madeira serrada de maior qualidade, tanto em termos de resistência estrutural, quanto de processamento primário e secundário e estabilidade dimensional no processo de secagem. Na grã irregular, os elementos anatômicos podem estar orientados de forma inclinada, em espiral, ondulada ou entrecruzados, em relação ao eixo longitudinal do tronco. Neste tipo de grã, a madeira apresenta uma maior variabilidade de comportamento, dificultando assim, nos processos de caracterização. Porém fornece figuras decorativas bastante interessantes, que são exploradas, quando o aspecto visual é fator decisivo na escolha de uma determinada espécie. A Figura 1 mostra os principais tipos de grã.

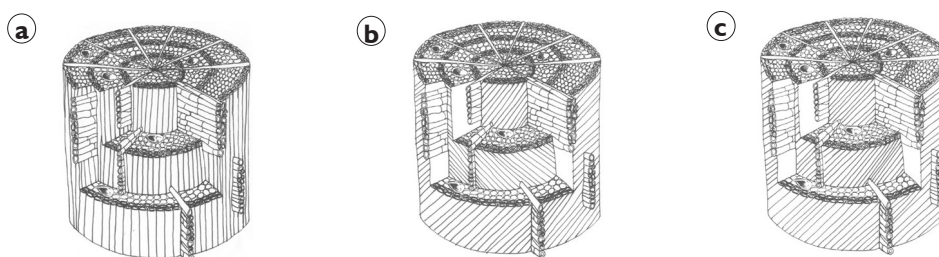


Figura 1 - Principais tipos de grã: a) Direita; b) Reversa; c) inclinada.

• Textura

É o termo utilizado para se referir ao efeito produzido na madeira, pelas dimensões, distribuição e abundância relativa dos elementos anatômicos estruturais da madeira. Geralmente é classificada em textura fina, média e grossa, de acordo com o grau de uniformidade da madeira. Nas folhosas, a medida da textura se refere ao diâmetro e número de vasos e à largura dos raios e nas coníferas, pelo diâmetro na direção tangencial dos traqueídes. Conforme o próprio nome diz, a madeira de textura fina, apresenta uma superfície uniforme e lisa, ideal para usos, onde um bom acabamento é essencial.

• Figura

O conceito de figura ou desenho que se obtém com a orientação de corte na madeira é bastante subjetivo, sob o ponto de vista estético, sendo consequência de características naturais da espécie, presentes no cerne e alburno, tais como anéis de crescimento distintos, raios diferenciados, cor, tipo de grã etc.

Teor de umidade

Sendo um material higroscópico, a madeira entra em equilíbrio com o ambiente, perdendo ou absorvendo água, em função da umidade relativa e temperatura do ar. Esta sensibilidade em perder ou ganhar umidade e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas, comportamento na secagem, eficiência nos processos de preservação, durabilidade natural, trabalhabilidade, acabamento e produtos derivados, faz desta característica, uma das mais importantes no estudo do comportamento da madeira.

Os vasos ou traqueídes fazem o transporte da seiva bruta das raízes até as folhas e a seiva elaborada desce pela camada entre o alburno e a casca (floema), alimentando as células da madeira, através dos raios. A maior parte da seiva é constituída de água, que está, portanto, preenchendo os vazios dos traqueídes, vasos, raios, fibras e espaços intercelulares. Esta água é chamada de água livre e se mantém, por meio de forças capilares. Pode ser retirada com relativa facilidade, por algum processo de secagem, sem alterar suas características dimensionais e propriedades físicas e mecânicas. Existe também, a água de impregnação ou capilaridade, que se encontra nas paredes destas células, estando sujeitas a forças eletrostáticas a nível molecular, por estarem ligadas aos grupos hidroxilas das moléculas de celulose, holocelulose e lignina. A retirada desta água requer maior consumo de energia do que o da água livre, ocorrendo o fenômeno de retração, devido à aproximação das cadeias de celulose e, conseqüentemente, alterações significativas nas propriedades da madeira.

A madeira é considerada verde quando contém água livre e água de impregnação. Quando somente a água livre é removida, permanecendo a água de impregnação, diz-se que a madeira está com um teor de umidade correspondente ao ponto de saturação das fibras. O ponto de saturação das fibras varia de espécie para espécie, porém, permanecendo em torno de 30% para a maioria das espécies. Abaixo do ponto de saturação das fibras (a madeira já perdeu toda a água livre e teve início à perda de água de impregnação), a madeira tende a estabilizar-se, quando seu teor de umidade entra em equilíbrio com a temperatura e umidade relativa do ar. Este ponto é chamado de teor de umidade de equilíbrio. Como exemplo, em ambiente com temperatura de 20 °C e umidade relativa do ar de 65% a madeira tende a atingir um teor de umidade de equilíbrio de 12%.

Assim, pode-se concluir que num país com dimensões territoriais como o Brasil, o teor de umidade de equilíbrio da madeira com o ambiente é bastante variável.

Como exemplo, o teor de umidade de equilíbrio médio anual da madeira em Porto Alegre é de 14,9% ; em São Paulo, 15,4% ; Belo Horizonte, 13,6% ; Manaus, 17,1% e Belém, 18,8%.

O teor de umidade (T_u) é definido como a relação entre o peso de água livre e de impregnação contida na madeira e o seu peso seco (sem água livre e de impregnação), expresso em porcentagem. Para uma peça de madeira, temos:

Onde o peso úmido, se refere ao peso da madeira, na umidade em que se encontra

$$T_u = \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco em estufa}}{\text{Peso seco em estufa}} \times 100$$

e o peso seco em estufa, ao seu peso após secar em estufa a uma temperatura de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, até atingir peso constante. Este é o processo mais exato de se determinar o teor de umidade.

É muito comum, o uso de medidores portáteis, que não são tão precisos, porém possuem as vantagens de ser práticos e rápidos, por permitirem estimar o teor de umidade no local, sem necessidade de cortar e transportar o material para laboratórios. Esses medidores se baseiam nas propriedades elétricas da madeira, que funciona como resistência elétrica para fechar o circuito, quando da penetração de agulhas na peça de madeira.

Em função do uso a que se destina, é muito importante que a madeira, esteja próximo ao teor de umidade de equilíbrio da região, para que sejam evitados problemas indesejáveis, conseqüentes de alterações nas suas formas e dimensões originais. Para fins estruturais, se considera a resistência da madeira em condição seca, quando se encontra com teor de umidade de equilíbrio regional. À medida que o teor de umidade aumenta, a madeira vai perdendo resistência até atingir o ponto de saturação, onde permanece estabilizado, conforme mostra o gráfico esquemático da Figura 2.

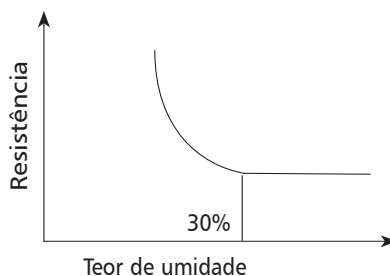


Figura 2 - Gráfico esquemático da resistência x teor de umidade.

Densidade

É definida como massa da amostra por unidade de volume. Por coincidência de definição de unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI), onde as grandezas básicas são o comprimento, a massa e tempo e no Sistema MKS e MKS técnico as grandezas básicas são o comprimento, a força e o tempo, o valor numérico de massa, em unidades do SI, é praticamente igual ao valor numérico de peso, em unidades do MKS técnico. Desta forma, é comum expressar a densidade ou massa específica, como a relação entre peso e volume de uma amostra. Como a massa e o volume, representam a parte sólida (madeira), líquida (água) e vazios celulares e intercelulares, foram definidos quatro valores de densidades para uma mesma amostra de madeira. Isto se faz, pela importância da densidade como parâmetro referencial de qualidade da madeira em relação a usos específicos, devido à sua alta correlação com várias outras propriedades (Figura 3). Portanto, a palavra densidade, pode trazer dúvidas ou interpretações errôneas, se não vier acompanhada das condições de umidade em que foi obtida. A densidade do material lenhoso (somente madeira) é de aproximadamente 1500 kg/m^3 , independente da espécie, porém este valor nada representa em condições normais de utilização.

O peso específico é definido como sendo a relação entre o peso da amostra de madeira e o peso do volume de água deslocada, pela imersão da amostra. Portanto, é adimensional. Como no sistema métrico a densidade da água é aproximadamente igual a um, o valor numérico da densidade e peso específico é o mesmo.

As normas de caracterização especificam os procedimentos para obtenção do peso da amostra (dimensões, precisão de balança, etc.) e seu volume (medidas diretas com paquímetro, imersão em água ou mercúrio, etc.), na determinação dos valores da densidade.

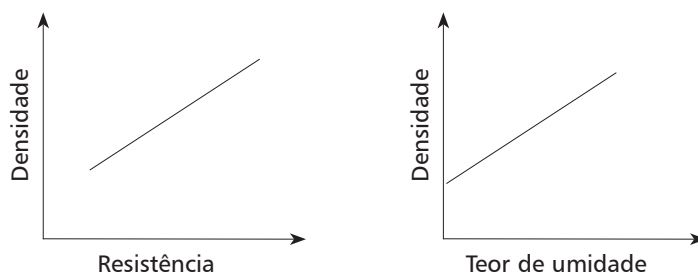


Figura 3 - Gráficos esquemáticos: densidade x resistência mecânica e densidade x teor de umidade.

• Densidade verde

É a relação entre a massa (m_v) e o volume (v_v), ambos em condição de saturação das fibras e vazios celulares e intercelulares. Nestas condições, se diz simplesmente madeira saturada. Como acima de ponto de saturação das fibras, o volume permanece constante, o mesmo não acontece com o peso, considerando a quantidade de água livre que se encontra nos vazios celulares e intercelulares. Daí, a importância de verificar se a densidade verde é saturada ou está a um determinado teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras, principalmente para madeiras de baixa densidade. Esta determinação é utilizada na estimativa de peso para transporte, peso próprio de estruturas e na aplicação de programas de secagem de madeira. Normalmente, a densidade verde encontrada na bibliografia é em condição saturada, isto é, também os vazios internos estão completamente cheios de água.

$$D_v = \frac{m_v}{V_v} \text{ (expresso em g/cm}^3 \text{ ou kg/m}^3\text{)}$$

• Densidade seca

É a relação entre a massa (m_s) e o volume (V_s), ambos em condição seca em estufa, a 0% de teor de umidade. É uma característica importante na escolha de espécies de madeira para fins energéticos.

$$D_s = \frac{m_s}{V_s} \text{ (expresso em g/cm}^3 \text{ ou kg/m}^3\text{)}$$

• Densidade básica

É a relação entre a massa (m_s) seca em estufa a 0 % de teor de umidade e o volume (v_v) verde (saturado). Por ser mais fácil de determinar, ser mais precisa em termos de condições de umidade e através dela ser possível estimar a densidade aparente, a densidade básica é muito usada na comparação entre propriedades de espécies e na condução de programas de secagem.

$$D_b = \frac{m_s}{V_v} \text{ (expresso em g/cm}^3\text{)}$$

• Densidade aparente

É a relação entre a massa (m_{ap}) e o volume (V_{ap}), ambos a um teor de umidade definido. Normalmente, a densidade aparente é determinada a 12% ou 15% de teor de umidade. É a densidade mais difícil de se obter, pela necessidade de condicionar a madeira em ambiente climatizado, sendo, portanto um processo demorado, além de muitas vezes, ser necessário corrigir os valores obtidos, devido à variação que normalmente ocorrem em torno do teor de umidade desejado. É utilizada na avaliação do peso próprio de estruturas em viga laminada colada, em madeira maciça e comparação de espécies para usos específicos.

$$D_{ap} = \frac{m_{ap}}{V_{ap}} \text{ (expresso em g/cm}^3\text{ ou kg/m}^3\text{)}$$

A densidade aparente (D_{ap}) pode ser determinada através da densidade básica (D_b) e contração volumétrica, de acordo com as equações seguintes,

$$D_{ap} = \left(\frac{1 + \frac{U_i}{100}}{1 - \frac{CV_{U_i}}{100}} \right) D_b \quad \text{com } U_i < 30\%$$

$$D_{ap} = \left(1 + \frac{U_i}{100} \right) D_b \quad \text{com } U_i > \text{ ou } = 30\%$$

onde, U_i é o teor de umidade desejado em porcentagem e CV_U o valor da contração volumétrica da madeira saturada até o teor de umidade U_i .

Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional é a capacidade que a madeira possui de retrain-se ou expandir-se com a perda ou ganho de umidade. Conhecer bem esta característica é de grande importância na definição de usos finais, tais como portas, janelas, móveis, pisos, forros, etc. e no estabelecimento de programas de secagem adequados.

Abaixo do ponto de saturação das fibras, a variação no teor de umidade, é acompanhada de alterações nas dimensões da peça de madeira, devido ao ganho ou perda da água de impregnação das paredes celulares. Estas alterações são medidas quantitativamente, segundo os três eixos principais: tangencial (CT), radial (CR) e longitudinal (CL), conforme mostra a Figura 4. A estabilidade dimensional da madeira se aproxima de uma função linear em relação ao teor de umidade. A contração na direção tangencial é sempre maior do que na direção radial e na direção longitudinal é bastante pequena, variando em torno de 0,5%. Madeiras mais estáveis possuem baixos valores de contração e relação entre contração tangencial e radial menor ou igual a dois. Podemos determinar a contração tangencial, radial, longitudinal e volumétrica da madeira, entre o ponto de saturação das fibras e 0% de teor de umidade, por meio da equação:

$$\text{Contração dimensional (\%)} = \frac{\text{Valor dimensional verde} - \text{Valor dimensional seco em estufa}}{\text{Valor dimensional seco em estufa}} \times 100$$

Da mesma forma a expansão ou inchamento é determinado pela equação:

$$\text{Inchamento dimensional (\%)} = \frac{\text{Valor dimensional seco em estufa} - \text{Valor dimensional verde}}{\text{Valor dimensional verde}} \times 100$$

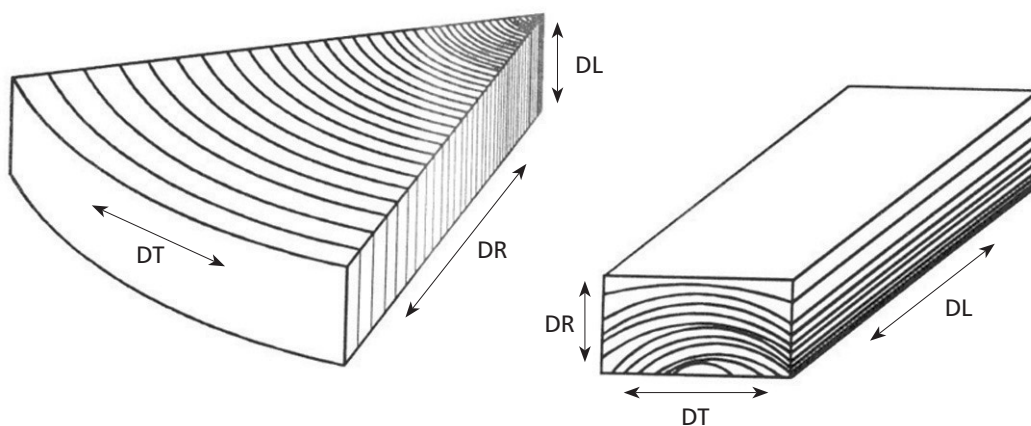


Figura 4 - Direções principais.

A relação entre a contração e o teor de umidade é aproximadamente linear, conforme mostra o gráfico esquemático da Figura 5.

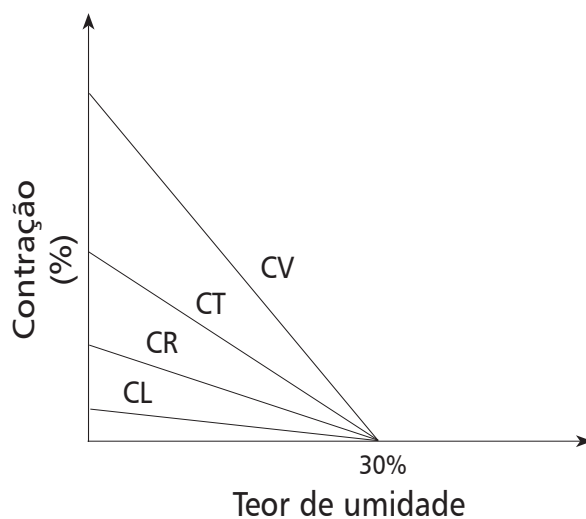


Figura 5 - Gráfico esquemático de contração x teor de umidade.

Exemplo:

Determinar a largura final de uma tábua tangencial (maior dimensão da seção transversal, tangente aos anéis de crescimento) de 2,5 cm x 30 cm, que se encontra saturada (verde), até atingir o teor de umidade de equilíbrio de 12%. A contração tangencial total (de saturada a 0% de teor de umidade) é de 8%. Utilizar o ponto de saturação das fibras (P.S) igual a 30%.

Resolução

Como a contração ocorre praticamente de forma linear, utiliza-se a regra de três simples,

(De 30% a 0% de teor de umidade) —————→ (Contraí 8%)

(De 30% a 12% de teor de umidade) —————→ (contraí x)

$$x = (30\% - 12\%) 8\% / 30\% = 4,8\%$$

$$30 \text{ cm} \times 4,8\% = 1,4 \text{ cm}$$

$$\text{largura final: } 30 \text{ cm} - 1,4 \text{ cm} = 28,6 \text{ cm}$$

Comportamento térmico

A seguir serão descritas algumas das propriedades térmicas da madeira. É importante relembrar que temperatura é o nível de atividades térmicas e calor é a energia térmica do material.

• Condutibilidade térmica

É a que mede a velocidade de transferência de calor ou energia térmica, que flui num determinado material, através de um gradiente de temperatura. É expresso pelo coeficiente de condutibilidade térmica (λ), que determina a quantidade de energia térmica ou calor Q , que flui no material de espessura d , por unidade de tempo, numa superfície de área A e intervalo de temperatura ΔT :

$$\lambda = \frac{Q d}{A t \Delta T} \quad (\text{em Kcal/m.h.}^\circ\text{C})$$

A conversão física do sistema M.K.S de unidades (cal/cm.s.°C) para o sistema inglês de unidades (BTU.in/h.ft².°Fs), multiplica-se por 0,80620. A conversão do sistema inglês para o sistema M.K.S, multiplica-se por 0,12404.

A condutibilidade térmica da madeira depende principalmente do teor de umidade, da densidade, dos extrativos e direção das fibras. É aproximadamente a mesma nas direções tangencial e radial e duas a três vezes maior na direção longitudinal ou axial. Madeiras de baixa densidade e baixo teor de umidade são melhores isolantes térmicos. Isto se explica, pelo preenchimento dos vazios intercelulares com o ar ou a água, considerando que a condutibilidade térmica do ar é menor do que a da água e esta menor do que a do material lenhoso. Da mesma forma, o calor flui com maior facilidade ao longo das paredes celulares (material lenhoso) na direção longitudinal, ao passo que nas direções transversais (tangencial e radial), o ar presente nos vazios intercelulares, dificulta a passagem do calor. A tabela a seguir, mostra o coeficiente de condutibilidade térmica de alguns materiais.

Tabela 1 - Coeficientes de condutibilidade térmica de alguns materiais.

Material	Condutibilidade λ em kcal/m.h.°C
Ar	0,0216
Água mineral	0,03
Madeira seca em estufa (Densidade seca = 0,4 g/cm ³)	0,03
Madeira seca em estufa (Densidade seca = 0,8 g/cm ³)	0,12
Gesso	0,30
Concreto	1,15 - 1,40
Aço	35,00 - 50,00
Cobre	350,00

Coeficiente de dilatação térmica

O coeficiente de dilatação térmica (α) é definido como a variação dimensional da madeira em função da variação de temperatura. A expansão é resultado do aumento da oscilação dos átomos, tornando a distância entre eles maior, quanto maior for a temperatura. O acréscimo de deformação (ΔL) é proporcional a mudança de temperatura (ΔT). Assim,

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \Delta T} \text{ (em } ^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

As poucas pesquisas desenvolvidas sobre a influência da dilatação térmica nas propriedades da madeira, evidenciam que o coeficiente de dilatação térmica de madeira seca em estufa, na direção axial é, independente da espécie e da densidade, variando de $3 \text{ a } 5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ e na direção transversal é linearmente dependente da densidade, variando de $25 \text{ a } 50 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ na direção tangencial e de $15 \text{ a } 30 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ na direção radial.

O coeficiente de dilatação térmica na direção longitudinal é de aproximadamente 1/3 do aço, 1/6 do alumínio, 1/3 do concreto e 1/2 do vidro.

Na maioria dos casos de dimensionamento de estruturas, o coeficiente de dilatação térmica é desprezado, pela compensação existente entre a dilatação devido ao aumento de temperatura e a conseqüente retração pela perda de umidade.

Calor específico

O calor específico de um material é sua capacidade de reter calor. No material madeira o calor específico depende da temperatura e do teor de umidade e, praticamente, independe da espécie e da densidade. O valor médio do calor específico da madeira seca em estufa, para um intervalo de temperatura de $0 ^\circ\text{C}$ a $100 ^\circ\text{C}$ é de $0,324 \text{ kcal/kg. } ^\circ\text{C}$ e é definido pela equação:

$$c = \frac{Q}{m \Delta T} \text{ (em kcal/kg } ^\circ\text{C)}$$



Comportamento acústico

As propriedades acústicas da madeira têm grande importância como material de construção, na fabricação de instrumentos musicais e ensaios não destrutivos, através de correlação entre vibração e propriedades de resistência. A velocidade (v) de propagação do som, na direção axial é dada pela relação entre o módulo de elasticidade dinâmico (E) e a densidade (D) da madeira:

$$v = \sqrt{\frac{E}{D}} \text{ (em m/s)}$$

Condutibilidade elétrica

A condutibilidade elétrica determina a intensidade da corrente elétrica que passa através do material, sujeito a um gradiente de voltagem. Apesar da madeira ser considerada um excelente isolante elétrico, este conceito deve ficar estreitamente ligado ao efeito do teor de umidade na condutibilidade. Madeira seca em estufa possui resistência elétrica na ordem de 1016 ohm.m, em temperatura ambiente. Com teor de umidade de 5% a resistência elétrica diminui para 104 ohm.m e no ponto de saturação das fibras fica em torno de 500 ohm.m. A resistência elétrica nas direções transversais é duas vezes maior que na direção axial.

A relação direta da resistência elétrica com o teor de umidade permite estimar a umidade da madeira através de aparelhos elétricos que relacionam esta propriedade com a quantidade de água presente na madeira. Estes aparelhos possuem maior precisão, quando a madeira se encontra com teor de umidade entre 5% a 25%.

Propriedades mecânicas

Um material que possui as mesmas propriedades em qualquer direção é chamado de material isotrópico. Quando as propriedades variam de uma direção para outra é denominado de anisotrópico. Quando um material apresenta simetria em três direções e suas propriedades não variam numa mesma direção, variando porém de uma direção para outra, são chamados de ortotrópicos. A existência de três direções ortogonais bem definidas e simétricas na madeira, que são as direções longitudinal, tangencial e radial, permite a concepção simplificada de se considerar a madeira como um material ortotrópico para efeito de determinação de suas propriedades de resistência. Desta forma, seria necessário determinar estas propriedades para cada um dos três eixos principais. Porém, como as propriedades de resistência não variam significativamente em relação às direções tangencial e radial, as normas de caracterização recomendam que os ensaios sejam realizados na direção mais desfavorável, de forma que, para efeitos práticos de cálculo e dimensionamento de estruturas, basta que se determine o esforço nas direções paralela e perpendicular às fibras.

As propriedades de resistência da madeira estão diretamente relacionadas com a densidade. De forma geral, madeiras mais densas são mais resistentes, mas podemos encontrar espécies de mesma densidade, nas quais algumas propriedades de resistência são maiores ou menores do que de outra espécie.

O gráfico, tensão x deformação, apresenta um trecho inicial, praticamente reto, ficando bem definido o limite de proporcionalidade (Figura 6). Nesse trecho, a madeira se comporta como um material linearmente elástico, onde as deformações se tornam nulas, quando se retira a carga aplicada. A inclinação da curva mostra que o módulo de elasticidade a tração paralela às fibras é um pouco superior ao módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras.

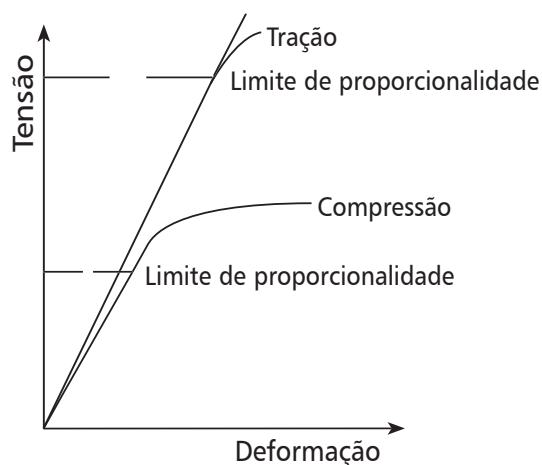


Figura 6 - Gráfico esquemático da resistência a tração e compressão paralela às fibras.

Tipos de ensaios

Os ensaios de caracterização em pequenos corpos de prova sem defeitos, têm como objetivo determinar o potencial de usos das espécies de madeiras, seja através de análise destas propriedades ou pela comparação com espécies já tradicionalmente utilizadas no mercado. O alto custo de caracterização de peças em tamanho estrutural, fez com que a maioria das normas de dimensionamento de estruturas utilizassem os valores destes ensaios para determinar as tensões de cálculo de estruturas. As peças estruturais passam por um processo de classificação visual e/ou mecânico de resistência e a partir dos ensaios em pequenos corpos de prova sem defeitos, são determinadas as tensões de cálculo.

O uso de pequenos corpos de prova sem defeitos, permite eliminar a influência de defeitos tais como nós, rachaduras, inclinação das fibras, teor de umidade, etc. na caracterização de madeiras.

Assim, as espécies de madeiras podem ser comparadas, sem a influência destas variáveis, que alteram significativamente as propriedades de resistência de forma aleatória, dificultando a análise das reais características físicas e mecânicas de uma determinada espécie de madeira.

Os ensaios de caracterização descritos a seguir são realizados em corpos de prova com teor de umidade na condição verde e a 12% ou 15%, conforme metodologia de normas específicas, onde é definido o sistema de amostragem, a velocidade de carregamento, dimensão do corpo de prova, esquema estático e número de corpos de prova em função da precisão desejada.

• Tração paralela às fibras

Existem poucas informações disponíveis sobre a resistência à tração paralela às fibras. Por ser o corpo de prova de difícil execução, a possibilidade das garras da máquina de ensaios esmagar as fibras na compressão perpendicular, leva a resultados de ensaios pouco confiáveis. Outro fator relevante é que, nas estruturas correntes, normalmente são as conexões de extremidade que definem a área necessária para resistir a esforços. Esta propriedade tem importância no dimensionamento de treliças, comparação entre espécies etc.

Na tração perpendicular às fibras a madeira possui baixa resistência, apresentando um alto coeficiente de variação nos resultados de ensaios. A resistência na direção radial é um pouco superior à resistência na direção tangencial, porém pode chegar a quase 40 vezes maior na direção paralela às fibras. O resultado desse ensaio é utilizado nas estruturas em arco.

• Compressão paralela às fibras

Normalmente o ensaio é realizado em corpos de prova de seção quadrada, cuja altura é de quatro vezes a largura da seção (peças curtas) determinando a tensão de ruptura e o módulo de elasticidade. Esta propriedade é usada para dimensionamento de pilares ou colunas, comparação entre espécies, ligações, etc. O módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras é aproximadamente igual ao módulo de elasticidade na flexão para madeira tropical, com teor de umidade acima do ponto de saturação as fibras.

• Flexão estática

Normalmente o ensaio é realizado em corpos de prova de seção quadrada, com esquema estático de viga isostática biapoiada com carga concentrada central ou dois pontos de carga equidistantes dos apoios determinando a tensão de ruptura e o módulo de elasticidade. A relação vão livre/altura da peça fica em torno de 18 a 20. Estas propriedades são usadas para dimensionamento de peças fletidas, comparação entre espécies, arqueamento, etc.

• Compressão perpendicular às fibras

Como o esforço é perpendicular ao eixo das fibras, o que ocorre é a compactação das fibras (eliminação dos vazios) e, conseqüentemente, o aumento da capacidade de carga da peça de madeira. Sob a ação de cargas pontuais (parafusos, por exemplo) a resistência da madeira aumenta devido à contribuição das fibras adjacentes livres de esforços. Devido às deformações, a resistência máxima é caracterizada pela capacidade de carga no limite proporcional. A carga no limite proporcional na compressão perpendicular às fibras é de aproximadamente cinco vezes menor que a tensão de ruptura na compressão paralela às fibras, para madeiras tropicais, com teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras. Esta propriedade é usada no dimensionamento do apoio de vigas, treliças, dormentes, comparação entre espécies, etc.

• Cisalhamento paralelo às fibras

Considerando as três direções principais na madeira, temos o cisalhamento paralelo às fibras que ocorre no plano radial ou tangencial, perpendicular às fibras que ocorre no plano radial ou tangencial (deslizar as fibras sobre si mesmas) e perpendicular às fibras no plano de corte das fibras. Normalmente não se considera o cisalhamento perpendicular às fibras no plano de corte, devido à alta resistência de corte das fibras, cujo esforço necessário, com certeza, já terá causado a ruptura por outro tipo de solicitação, como por exemplo na compressão perpendicular às fibras ou flexão. Apesar de que algumas normas recomendam que os ensaios de cisalhamento paralelo às fibras sejam feitos com 50% dos corpos de prova no plano tangencial e 50% no plano radial, a variação da resistência não é significativa, em termos de utilização estrutural. Esta propriedade tem importância no dimensionamento de vigas, ligações, comparação entre espécies, etc.

• Resistência ao impacto

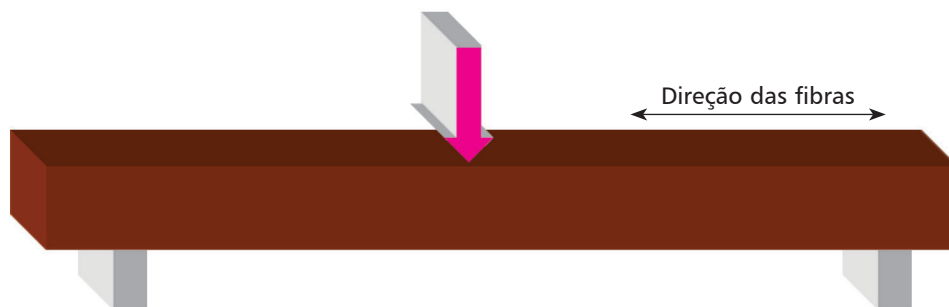
Em relação à madeira existem dois tipos de ensaios de determinação da sua resistência ao impacto. A flexão dinâmica que se caracteriza pela aplicação de cargas rápidas e sucessivas e a tenacidade, que utiliza o princípio básico do pêndulo. O ensaio de tenacidade fornece dados mais confiáveis. Sabe-se que o comportamento da madeira sob impacto é diferente quando comparado com o carregamento estático. O estudo do comportamento dinâmico da madeira, tem aplicação em aeronaves, máquinas, equipamentos esportivos, dormentes, embalagens, escadas, carrocerias em geral, cabos de ferramentas, etc.

• Dureza

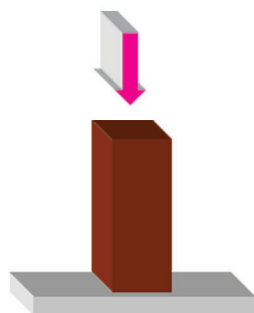
Consiste na penetração de uma semi-esfera, na direção paralela e perpendicular às fibras. Esta propriedade possui uma boa correlação com as outras propriedades de resistência da madeira e é utilizada na comparação de propriedades entre espécies.

• Fendilhamento

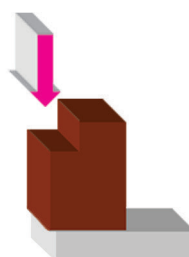
Mede a resistência da madeira quanto a possíveis rachaduras no sentido longitudinal. Tem importância nos entalhes de apoio de vigas, rachaduras com a penetração e resistência com a extração de pregos.



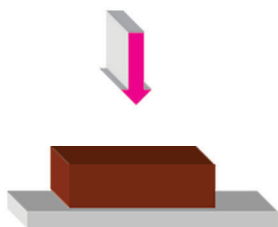
Flexão estática



Compressão paralela às fibras



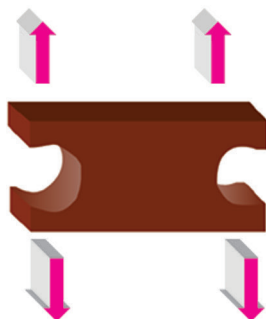
Cisalhamento paralelo às fibras



Compressão perpendicular às fibras

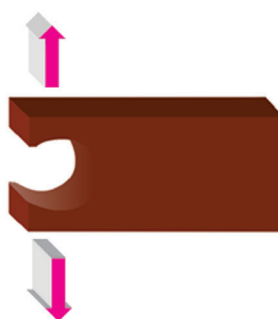


Tração paralela às fibras



Tração perpendicular às fibras

Direção das fibras



Fendilhamento paralelo às fibras

Fatores que afetam a resistência da madeira

• Variabilidade natural do material

Sendo de origem botânica, é de se esperar que a madeira apresente diferenças em relação às suas propriedades físicas e de resistência. As variações na sua composição e estrutura orgânica se refletem em diferenças significativas nas propriedades entre espécies distintas, entre árvores de uma mesma espécie e também dentro de uma mesma árvore. Para algumas propriedades esta variabilidade tende a ser maior do que para outras. Como as propriedades de resistência de uma mesma espécie tendem para uma distribuição normal, a variabilidade é medida através do coeficiente de variação. A Tabela 2 mostra o coeficiente médio de variação de algumas propriedades da madeira. Esses valores foram obtidos em ensaios normalizados com corpos de prova sem defeitos de 150 espécies caracterizadas pelo LPF/IBAMA. Para efeito de caracterização é importante que o sistema de amostragem leve em consideração toda essa variabilidade, para se conseguir uma representatividade significativa de uma determinada espécie de madeira.

Propriedade	Coeficiente de variação (%)	
	Verde	Seco
Módulo de elasticidade - flexão	14	12
Tensão de ruptura - Compressão paralela às fibras	15	13
Tensão de ruptura - Compressão perpendicular às fibras	23	18
Tensão de ruptura - Flexão estática	15	14
Tensão de ruptura - cisalhamento paralela às fibras	17	18
Densidade básica	9	

Tabela 2 - Coeficiente de variação médio de espécies da Amazônia.

• Teor de umidade

Varia consideravelmente as propriedades de resistência da madeira em função da variação do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras que fica em torno de 30%. À medida que a madeira vai secando, sua resistência aumenta. A resistência aumenta em, aproximadamente, 4%, e a rigidez em aproximadamente 2%, para um decréscimo de 1% no teor de umidade. Em geral isto acontece devido à aproximação das cadeias de celulose e à perda de água de impregnação, com o conseqüente aumento da rigidez e do atrito nos diversos elementos anatômicos da madeira.

O teor de umidade tem grande influência nas propriedades físicas e mecânicas, comportamento na secagem, eficiência nos processos de preservação, durabilidade natural, trabalhabilidade, acabamento e produtos derivados, tornando essencial a sua secagem até a umidade de equilíbrio regional para uma utilização racional e econômica.

• Defeitos naturais

Os ensaios em pequenos corpos de prova isentos de defeitos não refletem a realidade do comportamento de peças estruturais de madeira sob a ação de cargas, devido a características peculiares associadas ao processo de crescimento da árvore. Os nós, inclinação das fibras, rachaduras, defeitos de secagem, etc. são os defeitos mais comuns que têm influência diferenciada na resistência da madeira em função do tipo de solicitação. Daí a necessidade de se realizar ensaios específicos para determinar essa influência e, posteriormente, estabelecer um sistema de classificação visual ou mecânico não destrutivo, a ser empregado em peças estruturais comerciais.

Grã

Conforme foi visto anteriormente, o termo grã é usado para descrever a direção longitudinal dos elementos anatômicos estruturais da madeira. A grã inclinada afeta consideravelmente o comportamento estrutural de peças de madeira. Espécies de madeira com grã reta apresentam menor variabilidade nas suas propriedades de resistência, maior qualidade no processamento primário e secundário e maior estabilidade dimensional, sendo as mais indicadas para uso estrutural. Madeiras com grã reta racham com maior facilidade do que aquelas com grã entrecruzada, devido ao paralelismo de seus elementos anatômicos. Devido a isso, normalmente, é necessário fazer pré-furo com broca para penetração de pregos e, nos entalhes que sofrem esforço perpendicular às fibras, deve-se considerar a possibilidade de rachaduras por fendilhamento.

Nós

Os nós são consequência do surgimento dos galhos durante o crescimento da árvore. Se o galho é vivo, seus tecidos são contínuos com os tecidos do tronco da árvore. Se o galho morre, não existe mais continuidade dos tecidos, ficando o nó solto no tronco. A influência do nó no comportamento estrutural da madeira depende do seu tamanho, posição e tipo de esforço atuante. A influência do nó na tração é maior que na compressão, devido à descontinuidade e desvio da inclinação das fibras em relação às fibras do tronco. As normas de classificação visuais fornecem as dimensões e localizações dos nós considerados aceitáveis em peças estruturais.

Secagem

A secagem da madeira em estufa, se não for bem conduzida pode levar ao aparecimento de defeitos tais como empenamento, arqueamento, torcimento, acanoamento, colapso, etc. que influenciam na sua resistência e na sua qualidade. Conforme será visto posteriormente, tais defeitos podem ser minimizados, quando se utiliza programa adequado de secagem.

• Influência do tempo de carregamento

Normalmente os ensaios de caracterização mecânica de espécies de madeira são realizados com aplicação de carga num tempo relativamente curto, em torno de 5 minutos. Na prática, as peças estruturais são submetidas a carregamento de longa duração, ocorrendo deformações adicionais que dependem do tempo. Esse fenômeno, comum em outros materiais de construção, é denominado fluência da madeira. Devido às características viscoelásticas da madeira essas deformações podem crescer durante vários anos até estabilizar. A fluência tende a aumentar com o aumento do teor de umidade e do carregamento. Outro fenômeno viscoelástico da madeira é a relaxação que se manifesta quando, ao manter a deformação constante, os esforços necessários vão diminuindo ao longo do tempo.

• Biodeterioração

Por ser de origem orgânica e natural, a madeira quando fica exposta a certas condições de temperatura e umidade, pode ser degradada por agentes biológicos, agentes químicos e, em menor escala, por certas formas de energia. Os agentes biológicos são os fungos, que provocam a podridão, e os insetos, que formam galerias no interior da madeira, destruindo suas células. Alguns ácidos e álcalis causam a degradação da lignina e da celulose. A forma mais comum de energia na degradação da madeira é o calor. Todos os tipos de agentes afetam as propriedades físicas e mecânicas da madeira. Conforme será visto posteriormente, existem vários métodos de combate e controle dos agentes que afetam a qualidade da madeira.



Temperatura

A influência da temperatura nas propriedades de resistência da madeira é mais significativa quando fica exposta a temperaturas altas por um longo período de tempo. Para curtos períodos de duração, com a temperatura variando em torno de 220 °C a resistência da madeira diminui, porém recupera a resistência com a diminuição da temperatura. A madeira seca é menos sensível à variação de temperatura do que a madeira verde.

Madeira na construção

Características importantes por uso específico

- **Estruturas: Vigas/pilares**

Densidade básica alta (acima de 720 kg/m³);
Módulo de elasticidade;
Tensão de compressão paralela às fibras;
Tensão de tração paralela às fibras;
Tensão de cisalhamento paralelo às fibras;
Durabilidade natural (resistente ao ataque de fungos e insetos).

- **Esquadrias**

Densidade básica de média a alta (acima de 500 kg/m³);
Fácil de trabalhar - bom acabamento;
Contração volumétrica de baixa a média (menor que 14,0%);
Baixa razão de contração (ct/cr, menor que 2);
Durabilidade natural;
Aparência.

- **Pisos**

Densidade básica alta (maior que 720 kg/m³);
Contração volumétrica baixa (menor que 11,5%);
Baixa razão de contração (ct/cr, menor que 2);
Fácil de trabalhar, com bom acabamento;
Durabilidade natural;
Aparência.

- **Paredes internas e externas**

Densidade básica de média a alta (maior que 500 kg/m³);
Contração volumétrica baixa (menor que 11,5%);
Baixa razão de contração (ct/cr, menor que 2);
Fácil de trabalhar, com bom acabamento;
Durabilidade natural;
Aparência.

Seções comerciais de madeira serrada

As seções transversais da madeira serrada comercializada no Brasil, apresentam variações regionais que, geralmente, são estabelecidas pela maior demanda do mercado consumidor. A seguir são listadas a nomenclatura usual e seções mais comumente encontradas.

Ripa - 1,5cm x 5cm

Ripão - 2cm x 5cm ; 2,5cm x 5cm

Sarrafos - 2cm x 10cm; 2,5cm x 10cm x 3cm x 10cm

Caibros - 5cm x 6cm; 6cm x 7,5cm

Pontaletes - 7,5cm x 7,5cm

Vigas, vigotas - 5cm x 11cm; 5cm x 15cm; 6cm x 12cm; 6cm x 16cm; 6cm x 20cm; 8cm x 20cm

Tábuas - 2cm x 15cm; 2cm x 23cm; 2cm x 30cm; 2,5cm x 23cm; 2,5cm x 30cm

Lambri - 1cm x 10cm; 1,5cm x 10cm

Tábua corrida - 2cm x 10cm; 2cm x 15cm; 2cm x 20cm

Pranchas - (4cm a 8cm x 20cm a 40cm)

Postes - 10cm x 10cm; 12cm x 12cm; 15cm x 15cm; 20cm x 20cm.

Coberturas convencionais

A cobertura de uma edificação é composta de uma estrutura, que tem a função de suportar o sistema de vedação (telhado), de forro e de isolamento térmico e acústico. No caso específico de cobertura com estrutura de madeira, o conjunto de componentes que são interligados entre si, apresenta denominações conceituais que são identificadas em relação a sua posição e função na cobertura .

A estrutura principal normalmente é constituída de treliças (tesouras), vigas e pontaletes e a estrutura secundária ou trama de ripas, por caibros e terças, conforme será definido a seguir:

• Ripa

Peças de madeira onde apóiam as telhas cerâmicas. Possui dimensão usual da seção transversal de 1,5x5 cm, sendo fixadas nos caibros com pregos 15x15 ou 13x18. São usadas para espaçamento de 40 a 50 cm entre caibros. As ripas de 2,5x5 cm são co-nhecidas como ripão. São fixados com pregos 17x21, cujo espaçamento entre caibros pode chegar a 100 cm dependendo da espécie de madeira e do peso da telha. Não existe dimensão padronizada de telha no Brasil. O espaçamento entre ripas (gauga) depende do tipo de telha e da origem de fabricação.

• Caibro

Recebe as ripas e se apóia nas terças. Caibros com seção transversal de 5x6 cm, espaçados de 50 cm, podem atingir um vão livre de até 180 cm dependendo do peso da telha e da espécie de madeira. Para uma seção transversal de 6x12 cm, a distância entre terças pode chegar a 300 cm, para espaçamentos de 50 cm. São fixados nas terças com pregos 17x21 ou 17x27, pregados nas laterais dos caibros de forma a penetrar pelo menos a metade de seu comprimento na terça.

• Terça

Recebe os caibros e se apóiam em tesouras, vigas, pontaletes ou diretamente sobre paredes.

• Terça de cumeeira

É a terça que fica na parte mais alta do telhado.

• Frechal

É uma denominação específica de terça que se apóia na parede da extremidade infe-



rior do telhado. Tem a função de distribuir a carga concentrada de caibros, diretamente sobre a parede e também possibilitar a extensão do telhado, criando o beiral.

- **Viga, tesoura, treliça**

Recebe as terças.

- **Mão francesa**

Peça disposta de forma inclinada com a finalidade de contraventar a estrutura e diminuir o vão livre de terças.

- **Espigão**

Possui a mesma função da terça, porém disposto de forma inclinada dividindo duas águas de telhado.

- **Rincão**

Possui a mesma função da terça, porém disposto de forma inclinada recebendo duas águas de telhado.

Dados técnicos - cobertura

- **Telha cerâmica - sem laje**

Convencional

Ripas, caibros e terças

Tesouras

Forro inclinado

Forro horizontal

Consumo aprox. de madeira - 0,016 a 0,018% m³/m² de construção

Uso de vigotas comerciais como caibros

Aspecto visual

Opções de uso de forros

Economia de mão de obra

Consumo aprox. de madeira - 0,018 a 0,022 m³/m² de construção

- **Telha cerâmica - com laje**

Tesouras convencionais

Sem tesouras (Mais econômico)

- **Telha de cimento amianto (úmida)**

4 mm - 8 kg/m²

5 mm - 15 kg/m²

6 mm - 18 kg/m²

8 mm - 23 kg/m²

Obs. Ver catálogo do fabricante

Características de telhas cerâmicas

É bastante diversificado o seu peso, quantidade por metro quadrado e, conseqüentemente, a distância entre ripas de um mesmo tipo de telha comercializada no Brasil. Cada cerâ-

mica possui seu próprio modelo. Portanto é mais seguro e econômico que, no projeto de arquitetura, seja especificado o tipo e a marca do fabricante.

A inclinação mínima é função do comprimento de escoamento da água, porém a maioria dos fabricantes fornece a inclinação mínima sem especificar esse detalhe. Para grandes inclinações é necessário fixar as telhas nas ripas com parafusos ou arame galvanizado ou arame de cobre. Alguns fabricantes não especificam o peso da telha úmida. Para efeito de dimensionamento, pode-se considerar absorção de água de 15% a 20%. A tabela 3 mostra as características de projeto e a Figura 7 os tipos de algumas telhas fabricadas em diferentes regiões do país.

Tabela 3 - Características de telhas cerâmicas

Cerâmica	Tipo de telha	Quantidade /m²	Peso (N/m²)	Inclinação mínima (%)	Espaçamento aprox. entre ripas (cm)
Campo Maior - PI	Canal	28	392**	22 a 32	-
	Colonial	28	392**	22 a 32	-
	Canal plana	22	286**	22 a 32	-
Forte/ Maristela - SP	Italiana	13,5	351**	20	-
	Portuguesa	16	384**	20	-
	Colonial	20	580**	20	-
Forte - SP	Francesa	16	416**	30	-
	Italiana	13,5	419**	30	-
	Romana	16	416**	30	-
	Portuguesa	16	416**	30	-
	Americana	11,5	357**	30	-
	Cumeeira	-	-	-	3 unid. / m
Santorini - MG	Portuguesa	17	451**	30	33
	Romana	16	416**	30	34
	Cumeeira	-	-	-	2,5 unid. / m
Miranda Corrêa - AM	Plan	28	500*	30 a 40	39
	Colonial	28	552*	30 a 40	39
	Romana	18	460*	30 a 40	35
	Portuguesa	18	430*	30 a 40	35
Baiúca - CE	Colonial	35	520*	30 a 40	39
	Paulista	35	520*	30 a 40	39
Carmelo - MG	Plan	27	420*	25 a 45	39
	Colonial	27	504*	25 a 45	37
	Super colonial	19	540*	25 a 45	44
	Cumeeira	-	-	-	3 unid. / m
Ibituruna - MG	Plan	26	560	28 a 40	40,5
Santa Bárbara - SP	Portuguesa	17	480	35 a 45	34
	Romana	17	480	35 a 45	34
	Cumeeira	-	-	-	3 unid. / m

Obs.: * - peso da telha com absorção de água

** - peso da telha sem absorção de água





Figura 7 - Tipos de telhas cerâmicas

Indicação de usos específicos de espécies de madeira

Pilares

Itauba - *Mezilaurus itauba* - $D_b = 700 \text{ kg/m}^3$
 Ipê - *Tabebuia serratifolia* - $D_b = 920 \text{ kg/m}^3$
 Cumaru - *Dipterix odorata* - $D_b = 910 \text{ kg/m}^3$
 Castanha sapucaia - *Lecythis pisonis* - $D_b = 840 \text{ kg/m}^3$
 Jutai-pororoca - *Dialium guianensis* - $D_b = 880 \text{ kg/m}^3$
 Jutai-mirim - *Hymanaea parvifolium* - $D_b = 900 \text{ kg/m}^3$
 Preciosa - *Aniba canelilla* - $D_b = 920 \text{ kg/m}^3$
 Muirapixuna - *Cassia scleroxylon* - $D_b = 1010 \text{ kg/m}^3$
 Maparajuba - *Manilkara amazonica* - $D_b = 830 \text{ kg/m}^3$
 Maçaranduba - *Manilkara huberi* - $D_b = 870 \text{ kg/m}^3$
 Fava de rosca - *Enterolobium schomburgkii* - $D_b = 840 \text{ kg/m}^3$
 Pracuuba da terra firme - *Trichilia lecontei* - $D_b = 900 \text{ kg/m}^3$

Vigas/estruturas de cobertura

Itauba - *Mezilaurus itauba* - $D_b = 700 \text{ kg/m}^3$
 Ipê - *Tabebuia serratifolia* - $D_b = 920 \text{ kg/m}^3$
 Cumaru - *Dipterix odorata* - $D_b = 910 \text{ kg/m}^3$
 Castanha sapucaia - *Lecythis pisonis* - $D_b = 840 \text{ kg/m}^3$
 Jutai-pororoca - *Dialium guianensis* - $D_b = 880 \text{ kg/m}^3$
 Jutai-mirim - *Hymanaea parvifolium* - $D_b = 900 \text{ kg/m}^3$
 Preciosa - *Aniba canelilla* - $D_b = 920 \text{ kg/m}^3$
 Muirapixuna - *Cassia scleroxylon* - $D_b = 1010 \text{ kg/m}^3$
 Maparajuba - *Manilkara amazonica* - $D_b = 830 \text{ kg/m}^3$
 Maçaranduba - *Manilkara huberi* - $D_b = 870 \text{ kg/m}^3$
 Fava de rosca - *Enterolobium schomburgkii* - $D_b = 840 \text{ kg/m}^3$
 Pracuuba da terra firme - *Trichilia lecontei* - $D_b = 900 \text{ kg/m}^3$
 Pau rainha - *Enterolobium paraense*
 Saboarana/Jacaranda do Pará - *Swartzia sp*
 Jutaica/tamarindo - *Marthiodendron elatum*
 Pau mulato - *Calycophyllum spruceanum*
 Macacauba - *Platymiscium ulei*
 Pau santo - *Zollernia paraensis* - $D_b = 970 \text{ kg/m}^3$
 Roxinho - *Peltogyne paniculata* - $D_b = 810 \text{ kg/m}^3$
 Pau-amarelo - *Euxylophora paraensis* - $D_b = 690 \text{ kg/m}^3$

Pisos e paredes

Amoreira *Maclura tinctoria* - $D_b = 730 \text{ kg/m}^3$
 Cabreúva-parda *Myrcarpus flondosus* - $D_b = 780 \text{ kg/m}^3$
 Pau-amarelo *Euxylophora paraensis* - $D_b = 690 \text{ kg/m}^3$
 Roxinho *Peltogyne paniculata* - $D_b = 1030 \text{ kg/m}^3$
 Tanimbuca - *Buchenavia capitata* - $D_b = 700 \text{ kg/m}^3$
 Cuilarana - *Terminalia amazônica* - $D_b = 800 \text{ kg/m}^3$
 Timborana - *Piptadenia communis* - $D_b = 680 \text{ kg/m}^3$



Timborana - *Piptadenia suaveolens* - Db = 760 kg/m³
 Itaúba-amarela - *Mezilaurus itaub* - Db = 680 kg/m³
 Breu-manga - *Tetragastris altíssima* - Db = 740 kg/m³
 Sucupira-amarela - *Enterolobium schomburgkii* - Db = 840 kg/m³
 Muiracatiara - *Astronium lecointei* - Db = 790 kg/m³
 Muiracatiara - *Astronium ulei* - Db = 710 kg/m³
 Muirapixuna - *Cassia scleroxylon* - Db = 1010 kg/m³
 Pracuúba-da-terra-firma - *Trichilia lecointei* - Db = 900 kg/m³
 Preciosa - *Aniba canellila* - Db = 920 kg/m³
 Jacareúba - *Calophyllum brasiliense* - Db = 540 kg/m³

Portas/caixilhos/portas/janelas

Angelim da mata - *Hymenolobium sp* - Db = 600kgf/cm³
 Guariuba - *Clarisia racemosa* - Db = 600kgf/cm³
 Angelim pedra - *Hymenolobiumm petraeum* - Db = 590kgf/cm³
 Itauba - *Mezilaurus itauba* - Db = 700kgf/cm³
 Cabreuva parda - *Myrocarpus frondosus* - Db = 780kgf/cm³
 Jatobá - *Hymenaea courbaril* - Db = 760kgf/cm³
 Mandioqueira - *Qualea cf. lancifolia* - Db = 580kgf/cm³
 Itauba - *Mezilaurus lindaviana* - Db = 680kgf/cm³
 Seru - *Allantoma lineata* - Db = 600kgf/cm³
 Maragonçalo - *Pouteria obscura* - Db = 640kgf/cm³
 Muiracatiara - *Astronium gracile* - Db = 730kgf/cm³
 Muiracatiara - *Astronium lecointei* - Db = 790kgf/cm³
 Breu - *Protium tenuifolium* - Db = 630kgf/cm³
 Glicia - *Glycydendron amazonicum* - Db = 660kgf/cm³
 Ingarana - *Ingá sp* - Db = 580kgf/cm³
 Tachi - *Sclerolobium chrysophyllum* - Db = 610kgf/cm³

Forro

Fava - *Enterolobium maximum* - Db = 370 kg/m³
 Açacu - *Hura creptans* - Db = 390 kg/m³
 Fava-arara-tucupi - *Parkia oppositifolia* - Db = 420 kg/m³
 Marupá - *Simaruba amara* - Db = 370 kg/m³
 Urucu da mata - *Bixa arbórea* - Db = 320 kg/m³
 Caju-açu - *Anacardium spruceanum* - Db = 420 kg/m³
 Castanha-de-arara - *Joannesia heveoides* - Db = 340 kg/m³
 Paricá gde. t. firme - *Parkia multijuga* - Db = 380 kg/m³
 Guariúba - *Clarisia racemosa* - Db = 600 kg/m³
 Louro - *Ocotea neesiana* - Db = 550 kg/m³
 Cajá - *Spondias lútea* - Db = 380 kg/m³
 Tauari - *Couratari guianensis* - Db = 520 kg/m³
 Faveira bolota - *Parkia pendula* - Db = 500 kg/m³
 Freijó - *Cordia goeldiana* - Db = 480 kg/m³
 Amapá-amargoso - *Parahancornia amapa* - Db = 460 kg/m³
 Ucuubarana - *Osteophloeum platyspermum* - Db = 500 kg/m³

Burra-leiteira - *Sapium marmieri* - Db = 390 kg/m³
 Tauari - *Couratari oblongifolia* - Db = 500 kg/m³
 Ingá-de-porco - *Macrosamanea pedicellaris* - Db = 490 kg/m³
 Fava-branca - *Stryphnodendron pulcherrimum* - Db = 480 kg/m³
 Tachi-preto - *Tachigalia myrmecophylla* - Db = 560 kg/m³
 Louro-vermelho - *Nectandra rubra* - Db = 550 kg/m³
 Freijó - *Cordia sagotii* - Db = 500 kg/m³
 Maminha-de-porca - *Zanthoxylon regnelianum* - Db = 500 kg/m³
 Tatapiririca - *Tapirira guianensis* - Db = 500 kg/m³
 Seru - *Allantoma lineata* - Db = 600 kg/m³
 Breu - *Trattinickia burseraefolia* - Db = 440 kg/m³
 Mururé - *Brosimum acutifolium* - Db = 550 kg/m³
 Tauari - *Couratari stellata* - Db = 650 kg/m³
 Ucuubarana - *Iryanthera grandis* - Db = 630 kg/m³
 Obs.: Db = Densidade básica (peso seco em estufa/volume saturado em água)

Neste trabalho foi dada uma abordagem geral sobre as características da madeira e sua importância nas mais diversas aplicações na construção civil. Caso tenha interesse em aprofundar os conhecimentos num tema específico, recomendamos que se manifeste durante a apresentação do curso ou entre em contato com o autor através do endereço eletrônico melo@lpf.ibama.gov.br.



Bibliografia

BURGER, L. M. & RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. Nobel, São Paulo, 1991.

CORADIN, V. T. R. **Noções sobre identificação de madeiras**. Laboratório de Produtos Florestais - IBAMA (Apostila). Brasília - DF, 1990.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. **Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino**., Peru, Lima, 1982.

FERNÁNDEZ-VILLEGAS, F. R. & ECHENIQUE-MANRIQUE, R. **Estructuras de Maderas**. Ed. Limusa, Mexico, 1983.

HOYLE, R. J. **Wood Technology in the Design of Structures**. College of Engineering. Washington State University. Pullman, Washington. 1971.

GALVÃO, A. P. M. **Estimativa de Umidade de Equilíbrio da Madeira em diferentes Cidades do Brasil**. ESALQ / USP. Piracicaba, SP. s.d.

BODIG, J. & JAYNE, B. A. **Mechanics of Wood and Wood Composites**. Ed. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 1982.

RESNICK, R. & HALLIDAY, D. Física 1. Ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 3ª ed. Rio de Janeiro, 1983.

FOREST PRODUCTS LABORATORY, FOREST SERVICE, USDA. F. F. **Wood: Its Structure and Properties**. Ed. Wangaard, USA, 1981.

HOADLEY, R. BRUCE. **Understanding Wood - A craftman's guide to wood technology**. Taunton Press, Connecticut, USA, 1994

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION. **Timber Contruction Manual**. Washington, 1966.

LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L. M & MELO, J. E. **Amostragem e Propriedades Físico-mecânicas de Madeiras da Amazônia**. Coleção Meio Ambiente - Floresta, no 1. Brasília: IBAMA, 1993.

RAMALHO, R. S. **Dendrologia**. Escola Superior de Florestas- Universidade Federal de Viçosa. Vol. 1. Viçosa-MG, 1976.

JUNIOR, C. C. ET ALLI. **Tecnologia da Madeira, Aspectos do Material e de durabilidade**. São Carlos-SP, 1978. (Apostila).

KATHERINE ESAU. **Anatomia das Plantas com Sementes**; Trad. Morretes, B. L. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 1976.



**MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE**



ISBN 85-7300-141-0

