

1. ANATOMIA DA MADEIRA

O termo anatomia vem de anatomé que quer dizer dissecação, corte.

A Anatomia da Madeira é o ramo da ciência botânica que se ocupa do estudo das variadas células que compõem o lenho, bem como sua organização, função e relação com a atividade biológica do vegetal. A anatomia constitui-se de elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar à madeira. O comportamento mecânico da madeira (secagem, colagem de peças, trabalhabilidade e outros) está intimamente associado a sua estrutura celular. Através da anatomia é possível diferenciar espécies, identificando corretamente a madeira.

A anatomia da madeira é ramo o da ciência botânica que procura conhecer o arranjo estrutural dos diversos elementos constituintes do lenho.

O estudo da anatomia do lenho, sem dúvida alguma, tem por principal finalidade o reconhecimento microscópico da madeira. As vantagens resultantes dessa verificação de identidade são de real alcance para o comércio e a indústria madeireira. Assim, dentre as numerosas madeiras semelhantes pelo aspecto, somente uma ou duas se prestam, freqüentemente, à determinada aplicação. O seu exame anatômico representa o único meio seguro para identificá-las, fornecendo, aos vendedores e compradores, a necessária garantia de que carecem, quanto à lisura da transação.

A madeira é um produto do tecido xilemático dos vegetais superiores, localizado em geral no tronco e galhos das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva. Do ponto de vista comercial, a madeira somente é encontrada em árvores com altura superior a 6 metros.

O xilema é um tecido estruturalmente complexo composto por um conjunto de células com forma e função diferenciadas e é o principal tecido condutor de água nas plantas vasculares. Possui ainda as propriedades de ser condutor de sais minerais, armazenar substâncias e sustentar o vegetal. É importante ressaltar que o xilema é encontrado em várias regiões dos vegetais, não só no caule, como raiz e ramos.

Nem todas as espécies que produzem tecido xilemático são reconhecidas comercialmente como produtoras de madeira. O xilema é um tecido característico das plantas superiores, incluindo nesta categoria vários tipos de plantas: arbustos, cipós e árvores. A presença de xilema na espécie não significa entretanto que a mesma está apta ao uso industrial, no que se refere a desdobro de toras. Para tanto, requer-se à espécie que possua volume necessário que justifique sua exploração. Portanto, toda madeira é proveniente de tecido xilemático, mas, sob a ótica comercial, nem todo tecido xilemático produz madeira.

As árvores são plantas superiores, de elevada complexidade anatômica e fisiológica. Botanicamente, estão contidas na Divisão das Fanerógamas. Estas, por sua vez, se subdividem em Gimnospermas e Angiospermas.

Nas Gimnospermas, a classe mais importante é a das Coníferas, também designadas na literatura internacional como softwoods, ou seja, madeiras moles. Nas árvores classificadas como Coníferas, as folhas em geral são perenes, têm formato de escamas ou agulhas. São árvores típicas dos climas temperados e frios, embora existam algumas espécies tropicais, de acordo com registros de HELLMEISTER [10]. As coníferas constituem, em particular no Hemisfério Norte, grandes áreas de florestas, fornecendo madeira para múltiplos usos, seja na construção civil, seja na indústria dos mais diferentes segmentos. Mais de quinhentas espécies de coníferas já foram classificadas, segundo HARLOW e HARRAR [9]. Na América do Sul se encontra uma Conífera típica: o Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*). Situa-se no Brasil uma parte expressiva da zona de crescimento dessa espécie, englobando os estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. O consumo interno e a exportação em larga escala promoveram grave redução das reservas nativa do Pinho do Paraná. Entretanto, experiências conduzidas em algumas áreas do oeste paranaense evidenciaram a possibilidade de reflorestamento com esta essência, e os resultados têm sido animadores. O gênero *Pinus*, com algumas dezenas de espécies, também pertence às Coníferas. Sua introdução no Brasil vem obtendo sucesso, com destaque para o *Pinus elliottii*, o *Pinus taeda*, o *Pinus oocarpa*, algumas variedades do *Pinus caribaea* (*hondurensis*, *bahamensis*, *caribaea*, *cubanensis*), entre outras.

Nas Angiospermas, os mais organizados vegetais, distinguem-se as Dicotiledôneas, usualmente designadas na literatura internacional como hardwoods, ou seja, madeiras duras. Produzem árvores com folhas de diferentes formatos, renovadas periodicamente, e constituem a quase totalidade das espécies das florestas tropicais. No Brasil, diversas essências das Dicotiledôneas são consagradas no mercado madeireiro, mencionando-se algumas delas: Aroeira do Sertão (*Astronium urundeuva*), Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*), Ipê (*Tabebuia serratifolia*), Mogno (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrella fissilis*), Imbuia (*Ocotea porosa*),

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

Caviúna (*Machaerium scleroxylon*), Pau Marfim (*Balfourodendron riedelianum*), Cerejeira (*Torrosea acreana*), Cabriúva (*Myroxylon balsamum*), Amendoim (*Pterogyne nitens*), Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*), Virola (*Virola surinamensis*), Jequitibá Rosa (*Cariniana legalis*), Copaíba (*Copaifera langsdorffii*), Pau Brasil (*Caesalpinia echinata*), Peroba do Campo (*Paratecoma Peroba*), Sucupira (*Bowdichia nitida*). Os nomes científicos foram retirados do trabalho de MAINIERI [15].

Também pertence às Dicotiledôneas o gênero *Eucalyptus*, com suas centenas de espécies. Originárias da Austrália, dezenas delas estão perfeitamente aclimatada nas regiões sul e sudeste do Brasil, com predominância do *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus dunii*, *Eucalyptus microcorys*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus deglupta*.

Modificações estruturais para SUPORTAR OS ESTRESSES DOS AMBIENTES TERRESTRES são consideradas um dos mais significativos avanços no reino vegetal.

As primeiras PLANTAS VASCULARES apareceram no período Siluriano-Devoniano (468-367 milhões de anos). Registros fósseis de plantas deste período indicam alturas máximas de 2m. Somente com a evolução do CÂMBIO as árvores chegaram ao porte atual. Seu aparecimento, estimado em mais de 300 milhões de anos, proporcionou a rica flora do carbonífero (350 milhões de anos).

CRESCIMENTO EM DIÂMETRO

CÂMBIO VASCULAR (zona cambial): meristema cilíndrico lateral localizado ENTRE o floema (Líber) e o xilema (Lenho), no caule, galhos e nas raízes. O Câmbio é composto pelas células iniciais fusiformes (longas) e pelas células iniciais dos raios (isodiamétricas). Sua largura varia de uma a 10 células no período de DORMÊNCIA (outono-inverno) e é bastante variável no período de CRESCIMENTO (primavera-verão).

ATIVIDADE DO CÂMBIO - produção de hormônios (Auxinas/Giberelinas) pelo meristema apical, que se movem para baixo no caule. (Retirada das gemas inibe crescimento cambial).

PROPORÇÃO XILEMA/FLOEMA - mais de 100 filas de células do xilema para 10-12 filas de células de floema.

DIFERENCIAÇÃO DO XILEMA - após a divisão celular inicia-se:

FORMAÇÃO DA PAREDE SECUNDÁRIA com a deposição de celulose, componentes fibrilares e outras substâncias encrustantes como lignina, hemicelulose, proteínas e etc. que dão rigidez a parede para suportar a pressão da água durante a subida.

PERDA DO PROTOPLASTO - citoplasma e organelas. todas as organelas, membranas vacuolares, citoplasma e etc. desintegram-se nos estágios finais da maturação.

ELEMENTOS FORMADOS -

VASOS - condução de água e nutrientes das raízes para a copa nas ANGIOSPERMAS, onde as células são mais curtas, de maior diâmetro e com muitas pontuações nas paredes horizontais.

TRAQUEÍDEOS - condução de água e nutrientes das raízes para a copa e suporte nas GIMNOSPERMAS, onde as células são mais longas, de menor diâmetro e com menor número de pontuações.

FIBRAS E PARÊNQUIMA DO XILEMA - em ambas ANGIOSPERMAS e GIMNOSPERMAS como tecido de preenchimento e sustentação.

O **ALONGAMENTO DAS CÉLULAS** produzidas é bastante grande entre as ANGIOSPERMAS (500%) e muito menor entre as GIMNOSPERMAS (120%).

DIFERENCIAÇÃO DO FLOEMA - Formam-se:

TUBOS CRIVADOS - elementos de condução com crivos nas paredes transversais entre células contíguas.

CÉLULAS COMPANHEIRAS - células fisiologicamente ativas para a produção de energia para as atividades de transporte.

FIBRAS E PARÊNQUIMA DO FLOEMA - em ambas ANGIOSPERMAS e GIMNOSPERMAS como tecido de preenchimento e sustentação.

DÚVIDAS QUANTO AO TRANSPORTE NO FLOEMA - velocidade do transporte; transporte nas duas direções; parada do transporte sob a ação de venenos metabólicos; passagem de material pelas placas crivadas.

FELOGÊNIO (meristema secundário) - originado na epiderme ou células corticais - forma o Feloma para a periferia (tecido protetor - suber ou cortiça) e a Feloderme tecido parenquimático vivo formado para o centro. O Felogênio e o Floema formam o RITIDOMA (tudo para fora do câmbio) que é distinto da casca viva.

CRESCIMENTO DO CÂMBIO - para o acompanhamento do crescimento do diâmetro do tronco o câmbio divide-se de duas formas:

1- **AUMENTO DO COMPRIMENTO DO CÂMBIO** - no sentido da altura da árvore, pela adição de novas células produzidas pelos meristemas apicais das raízes e da copa.

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

2- DIVISÃO DAS CÉLULAS DO CÂMBIO - crescimento em diâmetro.

VARIAÇÕES - o crescimento cambial não é contínuo no espaço e no tempo. Períodos de SECA, diferenças de EXPOSIÇÃO À LUZ e ESTRESSES AMBIENTAIS (insetos, fungos, incêndios, desfolhamento da copa, metade da copa exposta) podem provocar a variação na taxa de crescimento formado os anéis múltiplos ou falsos.

DURAÇÃO DO PERÍODO DE CRESCIMENTO - varia com o CLIMA, ESPÉCIE, CLASSE E COPA e nas diferentes partes da copa e dos galhos; em algumas espécies, diferentes partes do CÂMBIO são ativos em taxas e épocas diferentes produzindo formas irregulares (Carapanaúba - *Aspidosperma* sp., - Apocynaceae).

CRESCIMENTO EM RESPOSTA À FERIMENTOS - uma árvore sadia apresenta respostas dinâmicas e vigorosas contra ferimentos. Muitos compostos secundários do metabolismo são utilizados como BARREIRAS QUÍMICAS para a entrada de doenças e pragas. Algumas BARREIRAS FÍSICAS com a obstrução de vasos, formação de paredes espessas também são formas de defesa.

ANÉIS DE CRESCIMENTO - LENHO PRIMAVERIL (claro) e LENHO TARDIO (escuro) dependem do fotoperíodo, intensidade de luz e do suprimento de água.

1.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO ESTUDO DO XILEMA SECUNDÁRIO (MADEIRA)

"... nunca deve ser esquecido que a madeira é a única matéria prima renovável, que pode servir a várias finalidades industriais, e é inconcebível que tal material seja cultivado ou utilizado sem a devida consideração aos conhecimentos científicos relativos à sua natureza." Montana (1997)

O xilema secundário (lenho) do caule tem sido vastamente estudado como subsídio para a pesquisa básica ou aplicada. Na pesquisa básica tem colaborado na solução de problemas taxionômicos, e para avaliação da inter-relação planta/meio ambiente. Como pesquisa aplicada é utilizado nos inventários florestais, fornece subsídios à ação dos órgãos de fiscalização, auxílio em trabalhos de tecnologia da madeira como qualificação de madeiras para produção de energia e papel, e madeiras para a construção, e na Dendrocronologia.

1.1 ECOLOGIA

Estudos anatômicos do lenho relacionados à ecologia têm sido atualmente realizados. Bass & Schweingruber (1987), observaram tendências ecológicas em anatomia de madeiras de algumas árvores e arbustos da Europa. Zang *et al.* (1992) fizeram estudos em Rosaceae relacionando a estrutura da madeira à ecologia, hábito e fenologia do vegetal. Gomes & Muniz (1988) estudaram alterações estruturais da madeira de *Prosopis caldenia*, *P. chilensis* e *P. juliflora*, das regiões dos Bamba e Catamarca - Argentina e semiárido de Pernambuco - Petrolina, Brasil, em função da influência de fatores ecológicos, enfocando a variação da estrutura anatômica em relação à pluviosidade dos locais de procedência. Verificaram que alta e baixa precipitação pluvial, elevação e abaixamento de temperatura, intensidade luminosa forte ou fraca, provocam, variação em volume de parênquima, tipo, predominância e distribuição de poros, ocorrência de cristais, fibras libriformes freqüentemente gelatinosas e extremamente curtas e de parede muito espessa nas 3 espécies que estudaram.

Existem, ainda, linhas de pesquisas em anatomia do lenho relacionadas com a poluição do ambiente. Baas (1985) tem realizado investigações sobre a interferência da poluição na estrutura da madeira. Alves (1995) demonstrou o efeito da poluição nos aspectos quantitativos do lenho de *Cecropia glaziovii* Sneth, Cecropiaceae, onde os vegetais da região mais afetada pelos poluentes apresentaram vasos e pontuações inter e radiovasculares com menores diâmetros e diminuição da freqüência da altura dos raios.

Estrutura e anatomia do caule

Na árvore, a madeira desempenha três funções: suprimento da planta em seiva bruta ascendente, estocagem de reserva e sustentação. Essas funções são desempenhadas pelos três principais tipos de tecidos, adaptados a cada uma delas: condução, estocagem e sustentação. Para se conhecer a estrutura da madeira, torna-se fundamental o exame de três cortes realizados nos três planos perpendiculares: corte transversal perpendicular ao eixo do caule, corte radial em um plano passando pela medula, corte tangencial efetuado em um plano excêntrico e paralelo ao eixo do caule. As três direções axial, radial e tangencial são as direções de anisotropia da madeira, interferindo de forma acentuada em suas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas. O exame dos três cortes efetuados sobre a madeira fornece uma vista do conjunto de sua estrutura anatômica e permite destacar as características morfológicas próprias ao plano lenhoso. De um modo geral pode-se considerar que o arranjo dos elementos anatômicos da madeira não apresenta grandes variações sendo:

- constante para uma dada espécie;
- apresenta analogia com espécies vizinhas;

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

- apresenta características gerais para uma família ou grupo.

O plano lenhoso permite reconhecer uma dada madeira, sendo um caractere sistemático da espécie. Seu estudo conduz à descrição das madeiras, ao seu reconhecimento, a estimar suas propriedades e permite precisar as relações entre a anatomia e as características desse material.

A madeira não é um material isotrópico, e por isso possui diferentes características de acordo com a direção considerada. Sua anatomia pode ser melhor descrita através de observação das três seções ou superfícies fundamentais de observação

Estudo do lenho na datação de árvores (Dendrocronologia):

Em geral nas zonas de clima temperado, os **anéis de crescimento** representam o incremento anual da árvore. Cada ano se forma um anel, razão pela qual são também chamados anuais, cuja contagem permite conhecer a idade da árvore. Uma análise dos anéis de crescimento dá informações se a árvore apresenta incremento rápido (anéis bem espaçados), ou incremento lento (pequeno espaço entre os anéis), e quais anos foram desfavoráveis ao crescimento da planta (espaços menores), quais os favoráveis (espaços maiores). Além de trazer referências valiosas sobre a vida da árvore, de grande interesse para a Silvicultura, Silvimetria e Ordenamento Florestal, por permitir através de análises de troncos a elaboração de tabelas de volume e fornecer bases para prognoses de produção, o estudo das larguras dos anéis de crescimento contribui com a Meteorologia, por permitir a avaliação de precipitações havidas durante o período de atividade vegetativa e o descobrimento de variações climáticas de épocas passadas. A Dendrocronologia, ciência que se desenvolveu do estudo dos anéis de crescimento, tem colaborado muito com a Arqueologia e a História da Técnica, possibilitando conhecer a época de corte de madeiras antigas de construção, e a determinação da idade de certas obras de arte e antiguidades históricas.

A distribuição dos anéis de crescimento é uma característica que permite uma rápida apreciação da classe e qualidade da madeira. Nas coníferas, por exemplo: o lenho inicial com seus elementos de paredes delgadas e grandes lumens, em vista da função primordial de condução, é menos denso. Já o lenho tardio, com suas células de paredes espessas e lumens pequenos, cuja função principal é a sustentação, é mais denso.

ESTRUTURA E ANATOMIA DO CAULE

Na árvore, a madeira desempenha três funções: suprimento da planta em seiva bruta ascendente, estocagem de reserva e sustentação. Essas funções são desempenhadas pelos três principais tipos de tecidos, adaptados a cada uma delas: condução, estocagem e sustentação. Para se conhecer a estrutura da madeira, torna-se fundamental o exame de três cortes realizados nos três planos perpendiculares: corte transversal perpendicular ao eixo do caule, corte radial em um plano passando pela medula, corte tangencial efetuado em um plano excêntrico e paralelo ao eixo do caule. As três direções axial, radial e tangencial são as direções de anisotropia da madeira, interferindo de forma acentuada em suas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas.

O exame dos três cortes efetuados sobre a madeira fornece uma vista do conjunto de sua estrutura anatômica e permite destacar as características morfológicas próprias ao plano lenhoso. De um modo geral pode-se considerar que o arranjo dos elementos anatômicos da madeira não apresenta grandes variações sendo:

- constante para uma dada espécie;
- apresenta analogia com espécies vizinhas;
- apresenta características gerais para uma família ou grupo.

O plano lenhoso permite reconhecer uma dada madeira, sendo um caráter sistemático da espécie. Seu estudo conduz à descrição das madeiras, ao seu reconhecimento, a estimar suas propriedades e permite precisar as relações entre a anatomia e as características desse material.

A madeira não é um material isotrópico, e por isso possui diferentes características de acordo com a direção considerada. Sua anatomia pode ser melhor descrita através de observação das três seções ou superfícies fundamentais de observação

2. ESTRUTURA MACROSCÓPICA DO TRONCO

Observando um corte transversal do tronco de uma árvore é possível notar seus elementos constituintes.

Medula - É a parte central do caule, região inicial de crescimento de uma árvore (tecido primário ou meristemático). É uma região muito susceptível ao ataque de microorganismos xilófagos e por isso encontram-se toras com a medula deteriorada. Sua função é a de armazenar substância nutritiva para a planta, durante a fase inicial de crescimento.

Alburno - É constituído por células vivas que conduzem a seiva bruta em movimento ascendente. Possui baixa resistência ao ataque de fungos e insetos; no entanto, esta é a região da madeira que permite grande penetração dos líquidos possibilitando maior penetração durante o tratamento preservativo. Em geral possui coloração mais clara que o cerne.

Cerne - Nada mais é do que a camada mais interna do alburno que perdeu a atividade fisiológica. Na grande maioria das madeiras esta região apresenta coloração mais escura e elementos anatômicos fechados devido à deposição de corantes naturais, denominados de óleo-resina; em outras espécies ocorre a formação de tilas nos vasos, obstruindo total ou parcialmente o lúmen dos mesmos e propiciando uma permeabilidade muito baixa às soluções preservativas. Sua função para a planta é apenas de sustentação do tronco.

Casca - Proteção externa da árvore, formada por duas camadas; uma externa morta (ritidoma) de espessura variável com a idade e com a espécie, uma fina camada interna (floema) de tecido vivo e macio, que conduz o alimento sintetizado nas folhas para as partes em crescimento.

Constituída interiormente pelo floema, conjunto de tecidos vivos especializados para a condução da seiva elaborada e externamente pelo córtex, periderme e ritidoma*, tecidos que revestem o tronco.

IMPORTÂNCIA:

- identificação de árvores vivas; anatomia da madeira; distinção de espécies semelhantes; exploração comercial - carvalho; cortiça; alimento para gado; extensores para colas; produtos farmacêuticos e de perfumaria; armazenamento e condução de nutrientes exercidos pelo floema; proteção vegetal contra o ressecamento, ataque fúngico, variações climáticas
- ✓ CÓRTEX: parte + externa de um órgão ou corpo. casca, na estrutura dos caules e raízes das plantas dicotiledôneas
- ✓ PERIDERME: parte da casca dos caules das plantas espermatófitas composta pelo felogênio e tecidos por ele produzidos, ou seja, o conjunto de súber, felogênio e feloderma (de fora para dentro).
- ✓ RITIDOMA: revestimento externo do caule, nos vegetais lenhosos, formado pelo conjunto de súber, felogênio e feloderma. só observado nos caules velhos, onde o felogênio teve seu máximo desenvolvimento e, portanto, corresponde a uma camada espessa e heterogênea da estrutura secundária dos caules.

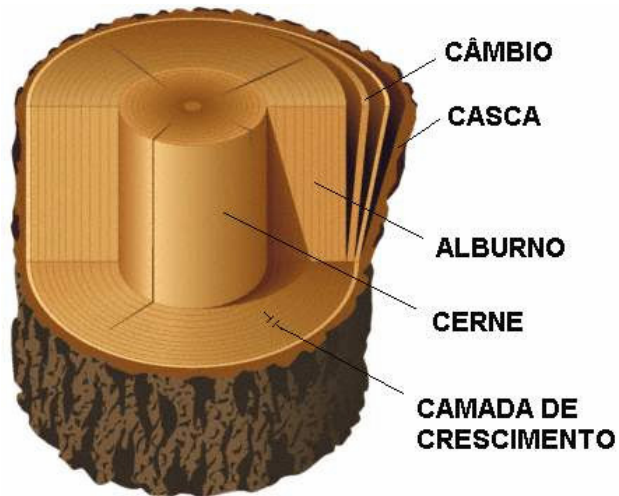
Câmbio - É uma região invisível a olho nu, constituída por uma faixa de células meristemáticas secundárias que são responsáveis pela formação das chamadas células mãe do xilema (lenho) e do floema (casca). tecido meristemático, isto é, apto a gerar novos elementos celulares, constituído por uma camada de células situadas entre o xilema e o floema (mo). permanece ativo durante toda a vida do vegetal e é responsável pela formação dos tecidos secundários que constituem o xilema e a casca. Camada de t. m. secundário que separa o floema (líber) do xilema (lenho), na estrutura dos caules e raízes das gimnospermas e dicotiledôneas. é responsável pelo crescimento em espessura do cilindro-central (estelo).

Camadas de crescimento – São círculos que começam no centro do tronco e vão até a casca. Nas espécies de clima frio e temperado a coloração das camadas são mais diferenciadas. Na primavera e início do verão, o crescimento da árvore é intenso, formando no tronco células claras de paredes finas e de grandes lumens, ao passo que, no inverno, surgem células escuras de paredes grossas e pequenos lumens. Já nas espécies de clima tropical é difícil a visualização das camadas de crescimento, pois as árvores apresentam um desenvolvimento praticamente uniforme, ao longo do ano.

AS ÁRVORES: As árvores são plantas superiores, de elevada complexidade anatômica e fisiológica. Botanicamente, estão contidas na Divisão das Fanerógamas. Estas, por sua vez, se subdividem em G. A .

Nas Gimnospermas, a classe mais importante é a das Coníferas, também designadas na literatura internacional como softwoods, ou seja, madeiras moles. Nas árvores classificadas como Coníferas, as folhas em geral são perenes, têm formato de escamas ou agulhas. São árvores típicas dos climas temperados e frios,

embora existam algumas espécies tropicais, de acordo com registros de HELLMEISTER [10]. As coníferas constituem, em particular no Hemisfério Norte, grandes áreas de florestas, fornecendo madeira para múltiplos usos, seja na construção civil, seja na indústria dos mais diferentes segmentos. Mais de quinhentas espécies de coníferas já foram classificadas, segundo HARLOW e HARRAR [9]. Na América do Sul se encontra uma Conífera típica: o Pinho do Paraná (*Araucaria angustifolia*). Situa-se no Brasil uma parte expressiva da zona de crescimento dessa espécie, englobando os estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. O consumo interno e a exportação em larga escala promoveram grave redução das reservas nativa do Pinho do Paraná. Entretanto, experiências conduzidas em algumas áreas do oeste paranaense evidenciaram a possibilidade de reflorestamento com esta essência, e os resultados têm sido animadores. O gênero *Pinus*, com algumas dezenas de espécies, também pertence às Coníferas. Sua introdução no Brasil vem obtendo sucesso, com destaque para o *Pinus elliottii*, o *Pinus taeda*, o *Pinus oocarpa*, algumas variedades do *Pinus caribaea* (*hondurensis*, *bahamensis*, *caribaea*, *cubanensis*), entre outras.



Nas Angiospermas, os mais organizados vegetais, distinguem-se as Dicotiledôneas, usualmente designadas na literatura internacional como hardwoods, ou seja, madeiras duras. Produzem árvores com folhas de diferentes formatos, renovadas periodicamente, e constituem a quase totalidade das espécies das florestas tropicais. No Brasil, diversas essências das Dicotiledôneas são consagradas no mercado madeireiro, mencionando-se algumas delas: Aroeira do Sertão (*Astronium urundeuva*), Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*), Ipê (*Tabebuia serratifolia*), Mogno (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrella fissilis*), Imbuia

(*Ocotea porosa*), Caviúna (*Machaerium scleroxylon*), Pau Marfim (*Balfourodendron riedelianum*), Cerejeira (*Torrosea acreana*), Cabriúva (*Myroxylon balsamum*), Amendoim (*Pterogyne nitens*), Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*), Virola (*Virola surinamensis*), Jequitibá Rosa (*Cariniana legalis*), Copaíba (*Copaifera langsdorfii*), Pau Brasil (*Caesalpinia echinata*), Peroba do Campo (*Paratecoma Peroba*), Sucupira (*Bowdichia nitida*). Os nomes científicos foram retirados do trabalho de MAINIERI [15].

Também pertence às Dicotiledôneas o gênero *Eucalyptus*, com suas centenas de espécies. Originárias da Austrália, dezenas delas estão perfeitamente aclimatada nas regiões sul e sudeste do Brasil, com predominância do *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus dunii*, *Eucalyptus microcorys*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus deglupta*.

2.1 E O QUE SÃO ANÉIS DE CRESCIMENTO?

Em um anel de crescimento típico distingue-se normalmente duas partes:

- lenho inicial (lenho primaveril)
- lenho tardio (lenho outonal ou estival)

O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente primavera, época em que as plantas saem do período de dormência em que se encontram e reiniciam sua atividade vital com toda intensidade. As células da madeira produzidas neste tempo, apresentam-se com paredes finas, lúmens grandes, e adquirem em conjunto uma coloração clara. A medida em que se aproxima o fim do período vegetativo, normalmente outono, as células vão diminuindo sua atividade vital, e conseqüentemente suas paredes se tornam mais espessas e seus lúmens menores, apresentando em conjunto um aspecto mais escuro. É esta alternância de cores que determina os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial das coníferas.

Em algumas madeiras de angiospermas (folhosas) os anéis de crescimento destacam-se pela presença de uma faixa de células parenquimáticas no limite dos anéis de crescimento (parênquima marginal) como visto em *Swietenia macrophylla* King, ou por uma concentração e ou dimensão especial dos poros no início do período vegetativo (porosidade em anel), como em *Cedrela fissilis*; sendo no entanto em outras espécies absolutamente indistintos como em *Symplocus revoluta*; uma análise microscópica pode ainda acusar, em certos casos, um alargamento dos raios nos limites dos anéis de crescimento por exemplo em *Balfourodendron riedelianum* ou um espessamento diferencial das paredes das fibras como em *Mimosa scabrella*.

Além da característica própria da espécie, é fácil compreender que árvores que crescem em regiões onde as estações do ano são bem definidas, devem conseqüentemente apresentar anéis de crescimento nítidos, enquanto que espécies que crescem em locais onde as condições climáticas se mantêm constantes durante grande parte do ano, terão anéis de crescimento pouco evidentes. Para muitas árvores tropicais, os anéis correspondem a períodos de seca e períodos de chuvas, ou queda das folhas, e aqui deve-se ressaltar, que nem sempre os anéis de crescimento são anuais.

Há cerca de 15 anos o Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA com o grupo coordenado pela Dra Maria Tereza Fernandez Piedade, pelo lado do Brasil e o Dr. Martin Worbes, pelo lado alemão, trabalha com anatomia da madeira e determinação de idade e crescimento de árvores de áreas alagáveis. Segundo a Dra. Maria Tereza muitas das árvores das áreas alagáveis da Amazônia formam anéis de crescimento, como resposta ao stress fisiológico da inundação.

A Dra. Verônica Angialossy Alfonso do Instituto de Biociências da USP tem trabalhado com espécies ocorrentes no Brasil que apresentam anéis de crescimento anuais. Camadas de crescimento anuais já foram encontradas em *Hymenaea coubaril* (Leguminosae) (Luchi, 1997) e outras estão sendo estudadas.

3.ASPECTOS QUÍMICOS DA FORMAÇÃO DA MADEIRA

Dada a complexidade da madeira, o exame de sua constituição molecular se dá a partir das substâncias que a constituem. Sendo seres vivos e participando como um dos fatores fundamentais no equilíbrio biológico da natureza, as árvores são consideradas como os vegetais do mais alto nível de desenvolvimento.

Na quase totalidade dos vegetais, incluindo as árvores, a partir de solução aquosa com baixa concentração de sais minerais, a seiva bruta, retirada do solo pelas raízes, e de gás carbônico do ar atmosférico, na presença de clorofila contida nas folhas e utilizando calor e luz solar, ocorre a síntese de hidrato de carbono, monossacarídeo com elevado potencial de polimerização.

Reações de polimerização subseqüentes originam os açúcares que, por sua vez, formam as substâncias orgânicas constituintes da estrutura anatômica dos vegetais. As mais importantes são a celulose, a hemicelulose (ou poliose) e a lignina, segundo referência de OLIVEIRA [17], HELLMEISTER [11], entre outros.

A celulose, segundo FOELKEL [5], é um polissacarídeo linear, de alto peso molecular, não solúvel em água, provavelmente o composto químico mais abundante no planeta. Trata-se do principal componente estrutural da madeira, com cadeia longa e sem ramificações, caracterizado por regiões cristalinas em grande parte de seu comprimento, entrecortadas por zonas amorfas (consideradas descontinuidades fragilizantes quando se avaliam os fenômenos de ruptura da madeira sob solicitações mecânicas). Na figura 1.1 está mostrado o esquema da chamada unidade básica de celulose.

No que se refere à hemicelulose, deve ser observado que o termo não designa um único composto químico definido, mas sim um conjunto de componentes poliméricos presentes em vegetais fibrosos, possuindo cada componente propriedades peculiares, conforme OLIVEIRA [17]. As hemiceluloses são polímeros amorfos, constituídos de uma cadeia central à qual se somam cadeias laterais. Além de atuarem como uma "matriz" onde estão imersas as cadeias de celulose (nas paredes celulares dos elementos anatômicos que constituem a madeira, conforme será discutido mais adiante), as hemiceluloses são os componentes mais higroscópicos das paredes celulares, conforme FOELKEL [5]. A associação de um grupo de cadeias de celulose "envolvidas" por moléculas de hemicelulose pode ser chamada de microfibrila.

A lignina, segundo EATON e HALE [4], é definida como um polímero tridimensional complexo, de elevado peso molecular, amorfo, que trabalha como material incrustante em torno das microfibrilas, conferindo rigidez às paredes celulares dos elementos anatômicos, tornando-as resistentes a solicitações mecânicas.

Consideradas constituintes secundários, diversas substâncias podem ser extraídas da madeira por intermédio da água, de solventes orgânicos ou por volatilização. São os extrativos, que abrangem taninos, óleos, gomas, resinas, corantes, sais de ácidos orgânicos, compostos aromáticos, depositados preponderantemente no cerne (ver outros comentários adiante), conferindo-lhe coloração mais acentuada e maior densidade.

3.1 A PAREDE CELULAR

No processo de divisão celular, a primeira membrana de separação a aparecer entre o par de novas células é a lamela média, composta principalmente de pectato de cálcio e magnésio, cuja função é unir as células umas às outras. Sobre esta membrana acumulam-se posteriormente no interior da célula microfibrilas de celulose, formando uma trama irregular, que constitui a parede primária, dotada de grande elasticidade. Esta parede acompanha o crescimento da célula durante a sua diferenciação. Concluído este processo, depositam-se junto à membrana primária microfibrilas de celulose, obedecendo a certa orientação, que destaca três camadas distintas, constituintes da parede secundária da célula: a S_1 , S_2 e S_3 . Paralelamente à deposição da parede secundária, tem início o processo de lignificação, que é mais intenso na lamela média e parede primária. Células meristemáticas e a maioria das parenquimáticas não são lignificadas e não apresentam parede secundária. Em muitas células, revestindo o lume, observa-se ainda uma camada verrucosa, atribuída à aderência de restos do protoplasma. Uma observação minuciosa de seus detalhes estruturais só pode ser feita com microscópio eletrônico.

Os elementos estruturais fundamentais da parede celular são portanto as microfibrilas, que estão embebidas em uma massa básica denominada matrix. Esta é composta principalmente de pectina e hemicelulose, e as microfibrilas, de celulose. As microfibrilas são por sua vez formadas por grupos de fibrilas elementares, que encerram mais ou menos 36 cadeias de celulose. Feixes de microfibrila constituem as lamelas da parede celular, visíveis sob microscópio ótico.

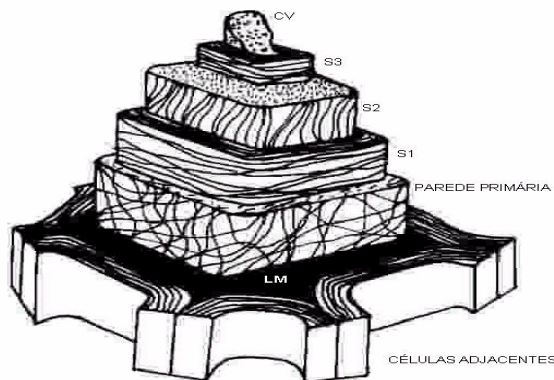
A espessura da parede secundária varia consideravelmente entre as espécies e entre as diferentes células. Esta parede é normalmente mais espessa nos elementos celulares, cujas funções são mais mecânicas e de condução, do que nos que exercem primordialmente função de armazenamento, podendo inclusive – como acima mencionado – faltar completamente nestes últimos.

Localizada externamente à membrana celular, ou plasmalema a parede celular forma a interface entre os protoplastos de célula e outra, num tecido, e entre o organismo e o meio ambiente nas células superficiais ou nos seres unicelulares. Devido à sua constituição, ela é uma estrutura relativamente rígida, que dá a forma característica de cada tipo de célula e mantém essa forma mesmo após a morte do organismo. Estruturalmente, a parede é formada por agregados de polímeros de açúcares, basicamente celulose e substâncias assemelhadas que se organizam em microfibrilas e fibrilas, que constituem o esqueleto extracelular

As microfibrilas formam uma trama que se dispõe em camadas superpostas em sentidos diferentes, o que dá grande resistência às paredes. Essa estrutura é impregnada por substâncias químicas de natureza diversa, que mantêm grande constância nos diferentes grupos taxonômicos mais abrangentes. Esta especificidade é tal que muitas vezes podemos identificar a divisão botânica a que pertence o organismo com base na composição da parede celular. Olhar a composição das substâncias que fazem parte dos diferentes tipos de parede e espaços intercelulares, em um livro de química, pode ser bastante interessante.

Nos vegetais mais complexos e que possuem vasos condutores costuma-se distinguir pelo menos duas fases na deposição da parede celular. As primeiras camadas formam a chamada parede primária, composta por celulose, hemicelulose e pectina. A parede primária é formada por tecidos em crescimento e mantém sua elasticidade, de modo que nessa fase as células ainda podem crescer. Dentro da parede primária depositam-se mais tarde novas camadas de celulose e hemicelulose, que formam a parede secundária, a qual pode se impregnar por lignina, substância de grande significado evolutivo e importante para a conquista do ambiente terrestre. Após esse espessamento da parede, as células não podem mais crescer.

As paredes primárias são atravessadas por delgados filamentos protoplasmáticos, os *plasmodesmos*, que permitem a troca de substâncias entre as células vizinhas, enquanto nas paredes secundárias formam-se interrupções no processo de deposição da parede, chamadas *pontuações* (fig.4), às vezes com arquitetura elaborada. Entre uma célula e outra, na região de contato das paredes primárias, existe uma camada de compostos pécticos chamada *lamela média* e que funciona como uma espécie de cimento intercelular. Nas partes externas dos vegetais terrestres, que ficam expostas ao ambiente, a parede celular é recoberta por deposições de material impermeabilizante, como uma cera, o qual forma uma película chamada *cutícula*, podendo ainda apresentar impregnações de várias outras substâncias.



As células que compõem o xilema, logo após o processo de divisão celular são formadas primeiramente pela lamela média (LM), camada composta basicamente por pectato de cálcio e magnésio que atua como um cimento com função de unir as células.

Sobre esta camada depositam-se internamente uma malha de microfibrilas de celulose, que irá constituir a parede primária da célula. Após concluído este processo, depositam-se junto à parede primária novas camadas de microfibrilas de celulose, orientadas de formas distintas, que irão formar as camadas S1, S2 e S3 da parede secundária. Ao mesmo tempo da formação da parede secundária, ocorre também o processo de lignificação. Na parte interna da camada S3 ocorre ainda uma camada verrucosa (CV)

Note na ilustração que a camada S2 tem o sentido de orientação das microfibrilas perpendicular ao sentido das microfibrilas das camadas S1 e S3, o que confere a madeira a resistência a esforços mecânicos, pois limita o trabalho da camada S2.

Sob forte magnificiência da luz visível, várias camadas podem ser reconhecidas nas paredes celulares da madeira. Uma demarcação clara entre as camadas individuais pode ser vista com ME.

O arranjo concêntrico das camadas da parede celular é causado pelas diferenças na composição química e pela diferente orientação dos elementos estruturais. Subdivisão:

Componentes estrutural: CELULOSE

Componente sub-estruturais: POLIOSES (hemiceluloses), e LIGNINA

Quando as polioses e lignina são removidos, a textura do elemento celulósico, chamado FIBRILA, é visível. Várias observações em ME deram origem a um modelo de construção da parede celular da madeira. Fig. 1

Entre as células individuais, há uma fina camada, a **lamela média**, a qual une (cola) as células entre si, formando o tecido. Embora fibrilas simples possam cruzar a lamela média, esta camada é em princípio livre de celulose. A transição da lamela média para a camada adjacente da parede celular não é muito clara, de tal forma, que para a lamela média e a camada adjacente (parede primária) é usado o termo **lamela media composta**.

A lamela média é altamente lignificada, apresentando substâncias pécticas principalmente no estágio inicial de formação. Sua espessura com exceção dos cantos das células é de 0,2 a 1,0 μ m.

Na **parede primária** (P) as fibrilas de celulose são arranjadas em delgadas camadas que se cruzam formando um aspecto de redes. A parede primária é primeira camada depositada durante o desenvolvimento da célula, este sistema permite uma expansão (crescimento) da célula jovem. Por conseqüência a orientação das fibrilas na camada mais externa é mais oblíqua.

Ressalta-se que a quantidade de celulose na PP é muito limitada, contém também polioses (hemiceluloses), pectina e proteínas imersos numa matrix de lignina, sua espessura varia de 0,1 a 0,2 μ m..

A **parede secundária**, é a camada espessante da célula, depositada sobre a PP, após seu crescimento superficial ter-se completado. Consiste de três camadas: externa – S1; média – S2; interna – S3.

Obs.: Morfologicamente as camadas S1 e S3 não são consideradas constituintes da OS, mas unidades morfológicas separadas. Assim, pode-se encontrar a S1 definida como camada de transição e a camada S3 como parede secundária.

O espessamento da OS é considerável, podendo variar de 1 a 10 μ m.. A porcentagem de celulose podendo chegar a 90% ou mais, resultando num arranjo denso e paralelo dependendo das fibrilas.

Na **camada S1**, com espessura de 0,2 a 0,3 μ m., as fibrilas de celulose se apresentam em orientação helicoidal suave. Existem várias subcamadas extremamente finas que se propõe. Sendo as lamelas muito finas, o arranjo helicoidal (espiral) das fibrilas pode ser visível como um arranjo cruzado em certas espécies. O ângulo formado entre as fibrilas em relação ao eixo da célula considerada pode variar entre 50 e 70°. É mais lignificada, assemelhando-se neste sentido mais à parede primária, sendo também mais resistente ao ataque de fungos que a S2.

A **camada S2** é a mais espessa da parede celular, forma a porção principal da célula, com espessamento variado de 1 a 9 μ m. Nesta camada as fibrilas estão dispostas num ângulo praticamente reto em relação ao eixo da célula, podendo variar entre 10 e 30°, diminuindo com o aumento do comprimento da célula.

A variação do ângulo formado pelas fibrilas de celulose em relação ao eixo axial das células é o resultado de um número de influências internas e externas, as quais são difíceis de identificar. Porém de maneira geral as variações existem dentro de um anel de crescimento onde o ângulo decresce do início do lenho inicial ao fim do lenho tardio, no sentido radial. Em anéis anuais sucessivos o ângulo decresce continuamente da medula para a casca, até um estado em que permanece constante, ou apenas sujeito a pequenas mudanças.

A **camada interna S3**, considerada recentemente por alguns autores como a parede terciária, por apresentar-se diferente das camadas S3 de células parenquimáticas (também fibras de monocotiledôneas, como bambus, que podem ter ainda quatro ou mais camadas). As fibrilas de celulose são arrançadas numa inclinação suave, porém não numa forma estritamente paralela. Possui uma concentração maior de substâncias não estruturais, o que confere a superfície do lume uma aparência mais ou menos lisa.

Finalmente, os traqueóides de coníferas e as fibras libriformes de folhosas mais primitivas apresentam quase sempre uma camada ou zona verrugosa (w), que é uma membrana delgada e amorfa, localizada na superfície interna da camada S3 ou parede terciária. É constituída de material semelhante a lignina em conjunto com pequenas quantidades de hidratos de carbono e substâncias pécticas.

Em conjunto, o sistema de arranjo e disposição das fibrilas de celulose, em combinação com as substâncias solidificantes não estruturais conferem às células da madeira uma sólida mas não inflexível constituição, a qual resiste a uma grande gama de forças que nela atuam.

Devido a pequena inclinação das fibrilas a S2 é provida de resistência à tração, enquanto que a S1, na qual as fibrilas bem inclinadas conferem resistência à compressão, ambas ao longo do eixo da célula.

3. QUÍMICA DA MADEIRA

Do ponto de vista químico, o xilema é um tecido composto por vários polímeros orgânicos. Polímeros são moléculas feitas de muitas subunidades repetidas ou monômeros.

A parede celular do xilema tem como estrutura básica a celulose - molécula linear de açúcar ou um polissacarídeo composto por monômeros de glucose. Estes polímeros de celulose compõem cerca de 40-45% do peso seco da maioria das madeiras. Além da celulose está presente na madeira a hemicelulose, formada por muitas combinações de pentoses de açúcar (xylose e arabinose). Difere em alguns aspectos da celulose (principalmente em conformação, grau de polimerização e peso molecular), mas são de alguma forma similares. O terceiro maior constituinte da madeira é a lignina, molécula polifenólica tridimensional, pertencente ao grupo dos fenilpropanos, de estrutura complexa e alto peso molecular. Confere à madeira a resistência característica a esforços mecânicos. Muitas outras substâncias químicas estão ainda presentes nas madeiras, como os extrativos (resinas, taninos, óleos, gomas, compostos aromáticos e sais de ácidos orgânicos).

DURABILIDADE DA MADEIRA: A durabilidade da madeira está relacionada com a exposição a ambientes internos ou externos, às condições de umidade a que estará submetida, o uso que se pretende dar à peça (se forem tábuas para compor degraus de uma escada, espera-se que, devido ao desgaste do sobe e desce de pessoas, a durabilidade seja mais limitada) e o acabamento protetor que será dispensado ao objeto.

A exposição da madeira a ambientes externos torna-a suscetível a uma série de condições que possibilitam sua degradação natural, independente da presença de indivíduos xilófagos. Este processo de degradação é conhecido por "weathering". Os principais fatores que contribuem para a degradação natural da madeira são: Umidade - a água da chuva e a umidade do orvalho provocam reações de movimentos contínuos de contração e distensão nas moléculas de celulose que compõem o tecido.

Luz - ocorre na peça de madeira exposta à luz solar uma degradação fotoquímica, devido à ação dos raios ultravioleta, que compromete o seu aspecto geral, oxidando os compostos cromofóricos e tornando-a amarelada ou escurecida e mais tardiamente pode conferir uma coloração acinzentada e sem brilho.

Além destes dois, o óxido de enxofre (SO₂) presente na atmosfera causa uma reação química de amolecimento da lignina; o calor pode acelerar as reações de degradação e, por último, o efeito abrasivo de partículas sólidas carregadas pelo vento e chuvas podem, ao entrar em contato com a superfície da madeira, causar desgaste.

Todos estes componentes atuando simultaneamente fazem com que a cor torne-se esmaecida e altere-se, as fibras soltam-se, ocorrem distorções que podem empenar a madeira, o aspecto geral da peça empobrece e esta apresenta-se então mais suscetível ao ataque de xilófagos.

A simples aplicação de tintas, vernizes, stain (composto de pigmento e resina, como numa tinta, mas que não forma película sobre a peça) e certas substâncias químicas (compostos de Zinco, Cobre ou Cromo) podem retardar o *weathering* e dar maior durabilidade à madeira e impedir que agentes naturais degradem peças que deverão entrar em contato com o meio externo.

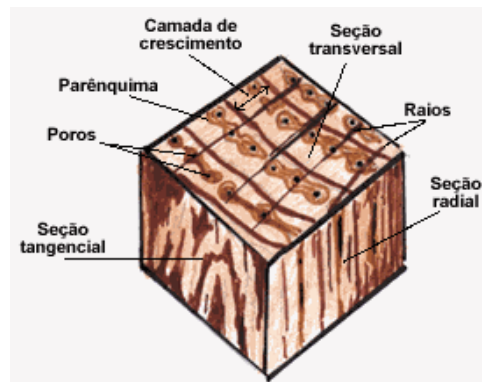
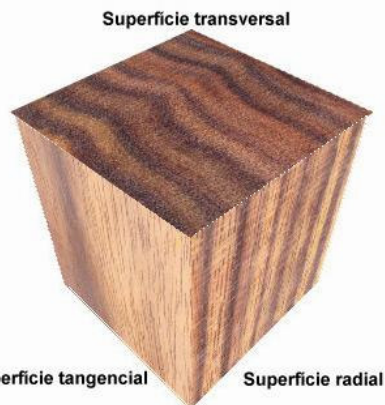
Taxionomia

Segundo Fedalto **et al.** (1989) o estudo dos caracteres morfológicos serve como apoio indispensável às pesquisas de caracterização e utilização de madeiras ocorrentes no Brasil e no mundo, pois possibilita a correlação entre a estrutura do lenho e as diversas propriedades da mesma constituindo-se em grande auxílio na interpretação de resultados obtidos, quando o material é submetido a diferentes testes e tratamentos. A anatomia do lenho, como pesquisa subsidiária, muitas vezes tem se prestado à solução de problemas taxonômicos e como fonte de dados complementares, é utilizada em trabalhos de inventários florestais, onde é comum deparar-se com material estéril ou incompleto. Oliveira (1937) apresenta métodos de identificação anatômica como auxiliar do comércio exportador de madeiras. Tortorelli (1937) apresenta um estudo de identificação de madeiras pela análise microscópica dos seus elementos. Angyalossy-Alfonso (1993) apresenta um estudo de anatomia de madeira aplicada a taxonomia de Angiospermas.

4. FISILOGIA DA ÁRVORE

Na árvore, a madeira desempenha três funções: suprimento da planta em seiva reserva e sustentação. Essas funções são desempenhadas pelos três principais cada uma delas: condução, estocagem e sustentação. Para se conhecer a estrutura o exame de três cortes realizados nos três planos perpendiculares: corte transversal corte radial em um plano passando pela medula, corte tangencial efetuado em um eixo do caule. As três direções axial, radial e tangencial são as direções de interferindo de forma acentuada em suas propriedades físicas, mecânicas e O exame dos três cortes efetuados sobre a madeira fornece uma vista do conjunto permite destacar as características morfológicas próprias ao plano lenhoso. De um que o arranjo dos elementos anatômicos da madeira não apresenta grandes

- constante para uma dada espécie;
- apresenta analogia com espécies vizinhas;
- apresenta características gerais grupo.



bruta ascendente, estocagem de tipos de tecidos, adaptados a da madeira, torna-se fundamental perpendicular ao eixo do caule, plano excêntrico e paralelo ao anisotropia da madeira, tecnológicas. de sua estrutura anatômica e modo geral pode-se considerar variações sendo:

para uma família ou

O plano lenhoso permite reconhecer uma dada madeira, sendo um caractere sistemático da espécie. Seu estudo conduz à descrição das madeiras, ao seu reconhecimento, a estimar suas propriedades e permite precisar as relações entre a anatomia e as características desse material.

A madeira não é um material isotrópico, e por isso possui diferentes características de acordo com a direção considerada. Sua anatomia pode ser melhor descrita através de observação das três seções ou superfícies fundamentais de observação

A anatomia da madeira é ramo o da ciência botânica que procura conhecer o arranjo estrutural dos diversos elementos constituintes do lenho.

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

Fibras longitudinais – São os principais elementos resistentes da madeira, formadas por células ocas, alongadas, com diâmetro de 10 a 80 micra e comprimento de 1 a 8 mm. A espessura das paredes das células varia de 2 a 7 micra. Elas são distribuídas em anéis, correspondentes aos ciclos anuais de crescimento. Muitas das propriedades físicas e mecânicas do caule dependem da morfologia destas células.

Poros ou vasos – Estão presentes apenas nas árvores porosas (HARDWOOD), são células de grande diâmetro, com extremidades abertas, justapostas, tem a função de circulação da seiva (quando situadas no alburno) e substituem as células longitudinais que são fechadas nas extremidades. Nas coníferas (SOFTWOOD) as células longitudinais são abertas nas extremidades, servindo para conduzir a seiva; não existem, então, os vasos. Algumas coníferas apresentam canais, ovalados, onde são armazenadas as resinas.

Raios medulares – São formados por grupos de células dirigidos do centro do tronco (medula) para a periferia, responsáveis pelo transporte e condução da seiva na direção transversal ao eixo da árvore e exercem uma espécie de amarração neste sentido. Os raios medulares são pontos de falhas que proporcionam o surgimento de fendas durante a secagem da madeira.

Parênquima – Constitui uma verdadeira impressão digital da madeira, apresentando uma coloração mais clara do que a parte fibrosa do lenho. O parênquima é um tecido pouco resistente, formado por grupos de células espalhadas na massa lenhosa, e cuja função consiste em armazenar e distribuir nutrientes; nas coníferas se reduz ao tecido celular que reveste os canais resiníferos.

Os diferentes tipos de parênquima observados na seção transversal do caule podem ser divididos em dois grandes grupos: paratraqueal – quando estão relacionados com vasos (poros) ou apotraqueal – quando não estão relacionados com vasos.

4.1 ESTRUTURA MICROSCÓPICA E CONSIDERAÇÕES SOBRE A FISIOLOGIA DA ÁRVORE

A madeira compõe a árvore, na qual diferentes órgãos desempenham diferentes funções. Na árvore a água é retirada do solo pelas raízes; as folhas absorvem o gás carbônico do ar; o tronco funciona como sustentação; há elementos para sintetizar substâncias utilizadas na climatização da árvore; as sementes são responsáveis pela reprodução do vegetal.

No tronco, entre o lenho e a casca, existe o câmbio, camada microscópica de tecido meristemático (termo de origem grega significando divisível). As células do câmbio se reproduzem, algumas delas mantêm seu caráter meristemático, outras se transformam em tecido permanente, regenerando a casca ou formando a madeira.

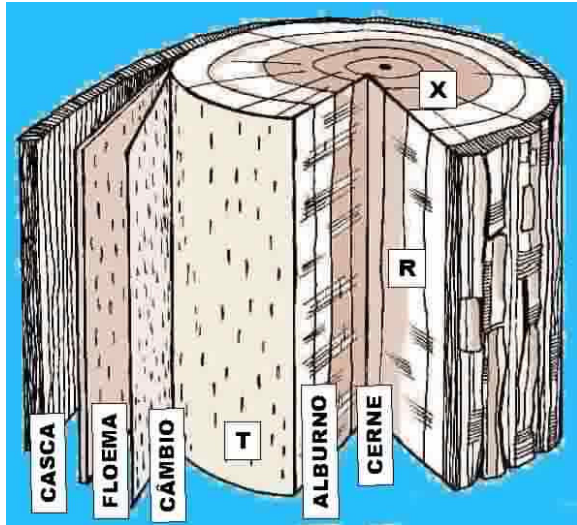
As células produzidas pelo câmbio para formar a madeira seguem dois esquemas distintos de especialização, um no caso das Coníferas e outro nas Dicotiledôneas.

Ao microscópio, distinguem-se duas formações básicas nas Coníferas: os traqueídes e os raios medulares. Os primeiros são células alongadas, de até 5 mm de comprimento, e até 60 μ m de diâmetro, com comunicação pelas extremidades, através de válvulas. Os traqueídes podem constituir até 95% da madeira das coníferas. Segundo diversos autores, os traqueídes têm a função de conduzir a seiva bruta (no alburno), de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne), de conferir resistência mecânica ao tronco e, como consequência, às peças a serem utilizadas para as diferentes finalidades. Os raios são conjuntos de células alongadas e achatadas, dispostos horizontalmente, da casca à medula. Podem constituir até 10% da madeira das Coníferas e têm a função principal de conduzir a seiva elaborada.

A madeira das Dicotiledôneas apresenta ao microscópio três elementos básicos: os vasos, as fibras e os raios medulares. Os vasos são células alongadas, com até 1 mm de comprimento e 300 μ m de diâmetro, com seção transversal arredondada e vazada, os poros. Os vasos podem constituir até 50% da madeira das Dicotiledôneas, comunicam-se entre si através das extremidades celulares, têm a função de transporte ascendente da seiva bruta (no alburno) e de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne). As fibras são células alongadas, com até 1,5 mm de comprimento, seção transversal vazada e arredondada, paredes de espessura superior à dos vasos. As fibras são elementos fechados, não possuindo comunicação através das extremidades. Podem constituir, dependendo da espécie, até 50% da madeira das Dicotiledôneas, sendo responsáveis por sua resistência mecânica. Para os raios medulares cabem os mesmos comentários exarados anteriormente. Lúmem é a denominação dada ao espaço interno dos elementos anatômicos.

As dimensões do diâmetro e do comprimento dizem respeito à fase final do elemento. A fibra madura, por exemplo, é no máximo cinco vezes mais longo em relação à fase inicial de formação. Já no caso dos traqueídes, há um acréscimo de 20 a 30% em comprimento em comparação à sua fase inicial. Segundo MOREY [16], o alongamento significativo das fibras poderia ser explicado através do potencial genético da célula em fase de crescimento.

Durante o desenvolvimento da árvore, podem ocorrer algumas variações nas taxas de crescimento das fibras e dos traqueídes, evidenciando que o controle genético não é tão rígido a ponto de evitá-las. A variabilidade das dimensões dos elementos do lenho pode ser constatada não somente ao nível de gênero e espécie, mas também ao nível de indivíduo. Desta maneira, dentro de um anel anual, é perfeitamente possível ser observada uma variação no comprimento dos traqueídes,



em virtude de sua posição ao longo da altura do tronco. Nas posições próximas à copa, onde acontece a inserção dos ramos, os traqueídes têm comprimento menor, aumentando gradativamente nas regiões inferiores, conforme relatado por GEMMEL [7].

De acordo com MOREY [15], a estrutura anatômica da madeira pode ser compreendida não apenas em termos do arranjo de suas células, como também com base na organização e nas peculiaridades das substâncias químicas componentes das paredes celulares. Fibras e traqueídes são caracterizadas por paredes celulares heterogêneas, em estrutura e em composição química. Parede celular primária é o termo aplicado para designar a parede cambial original. A parede celular primária é capaz de crescer em área quando, por exemplo, um vaso aumenta de diâmetro. Derivadas cambiais adjacentes, neste estágio inicial, são separadas por duas finas paredes primárias unidas por uma substância intercelular, a lamela média. Por outro lado, em traqueídes e fibras adultas, a parede celular primária constitui a porção mais externa da parede celular e corresponde a uma pequena porcentagem de sua espessura, conforme é mostrado na figura 1.2. O crescimento da parede celular se completa quando uma espessa parede secundária se deposita no lado interna da parede primária. A aglutinação dos componentes celulares é feita pela lignina, substância cujas características já foram referidas anteriormente.

4.2 ESTRUTURA MACROSCÓPICA DA MADEIRA

Considera-se estrutura macroscópica da madeira aquela visível a olho nu ou, no máximo, com o auxílio de lentes de dez aumentos. Neste nível são possíveis algumas distinções. Na região central do tronco se localiza a medula, resultante do crescimento vertical inicial da árvore. Tem características específicas, em geral menos favoráveis em relação à madeira propriamente dita. A partir da medula, as camadas de crescimento se dispõem em arranjos concêntricos. O desenvolvimento da árvore não ocorre de modo uniforme ao longo do ano. Em função das estações, a disponibilidade de luz, calor e água experimenta grandes variações, fazendo com que os anéis de crescimento sejam constituídos por duas porções distintas. Uma delas é mais clara, mais porosa, menos resistente: trata-se da madeira crescida em condições favoráveis de luz, calor e água. A outra é mais escura, menos porosa, mais resistente: trata-se da madeira crescida em condições menos favoráveis de luz, calor e água. As camadas externas e mais jovens de crescimento constituem o alburno. São responsáveis pela condução da seiva bruta desde as raízes até as folhas. Tratam-se de camadas com menor resistência à demanda biológica, têm coloração mais clara, aceitando com maior facilidade a aplicação de tratamentos preservativos. As camadas mais internas do tronco – o cerne – são mais antigas, tendem a armazenar resinas, taninos e outras substâncias de alto peso molecular, tornando-se mais escuras, com maior resistência à demanda biológica. Revestindo o lenho, entendido como a composição de medula, cerne e alburno, encontra-se a casca. Sob esta, existe uma finíssima película do câmbio vascular (a chamada parte "viva" da árvore) que origina os elementos anômicos integrantes da casca (floema) bem como do lenho (xilema). Ver figura 1.3. Na descrição "macroscópica" da madeira, é interessante a referência às suas três direções principais, indispensáveis para se compreender a natureza anisotrópica do material: longitudinal ou axial, radial e tangencial, conforme indicado na figura 1.4. Neste nível de aumento também se distinguem as células de parênquima, distribuídas de forma e concentrações diversas, em geral funcionando como depósitos de amido. Os padrões da distribuição das células de parênquima são de extrema utilidade para a descrição da anatomia da madeira e para auxiliar na identificação das espécies. Em publicações do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT

4.3 ESTRUTURA MICROSCÓPICA E CONSIDERAÇÕES SOBRE A FISIOLOGIA DA ÁRVORE

A madeira compõe a árvore, na qual diferentes órgãos desempenham diferentes funções. Na árvore a água é retirada do solo pelas raízes; as folhas absorvem o gás carbônico do ar; o tronco funciona como sustentação; há elementos para sintetizar substâncias utilizadas na climatização da árvore; as sementes são responsáveis pela reprodução do vegetal. No tronco, entre o lenho e a casca, existe o câmbio, camada microscópica de tecido meristemático (termo de origem grega significando divisível). As células do câmbio se reproduzem, algumas delas mantêm seu caráter meristemático, outras se transformam em tecido permanente, regenerando a casca ou formando a madeira.

As células produzidas pelo câmbio para formar a madeira seguem dois esquemas distintos de especialização, um no caso das Coníferas e outro nas Dicotiledôneas.

Ao microscópio, distinguem-se duas formações básicas nas Coníferas: os traqueídes e os raios medulares. Os primeiros são células alongadas, de até 5 mm de comprimento, e até 60 μ m de diâmetro, com comunicação pelas extremidades, através de válvulas. Os traqueídes podem constituir até 95% da madeira das coníferas. Segundo diversos autores, os traqueídes têm a função de conduzir a seiva bruta (no alburno), de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne), de conferir resistência mecânica ao tronco e, como consequência, às peças a serem utilizadas para as diferentes finalidades. Os raios são conjuntos de células alongadas e achatadas, dispostos horizontalmente, da casca à medula. Podem constituir até 10% da madeira das Coníferas e têm a função principal de conduzir a seiva elaborada.

A madeira das Dicotiledôneas apresenta ao microscópio três elementos básicos: os vasos, as fibras e os raios medulares. Os vasos são células alongadas, com até 1 mm de comprimento e 300 μ m de diâmetro, com seção transversal arredondada e vazada, os poros. Os vasos podem constituir até 50% da madeira das Dicotiledôneas, comunicam-se entre si através das extremidades celulares, têm a função de transporte ascendente da seiva bruta (no alburno) e de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne). As fibras são células alongadas, com até 1,5 mm de comprimento, seção transversal vazada e arredondada, paredes de espessura superior à dos vasos. As fibras são elementos fechados, não possuindo comunicação através das extremidades. Podem constituir, dependendo da espécie, até 50% da madeira das Dicotiledôneas, sendo responsáveis por sua resistência mecânica. Para os raios medulares cabem os mesmos comentários exarados anteriormente. Lúmen é a denominação dada ao espaço interno dos elementos anatômicos.

As dimensões do diâmetro e do comprimento dizem respeito à fase final do elemento. A fibra madura, por exemplo, é no máximo cinco vezes mais longo em relação à fase inicial de formação. Já no caso dos traqueídes, há um acréscimo de 20 a 30% em comprimento em comparação à sua fase inicial. Segundo MOREY [16], o alongamento significativo das fibras poderia ser explicado através do potencial genético da célula em fase de crescimento.

Durante o desenvolvimento da árvore, podem ocorrer algumas variações nas taxas de crescimento das fibras e dos traqueídes, evidenciando que o controle genético não é tão rígido a ponto de evitá-las. A variabilidade das dimensões dos elementos do lenho pode ser constatada não somente ao nível de gênero e espécie, mas também ao nível de indivíduo. Desta maneira, dentro de um anel anual, é perfeitamente possível ser observada uma variação no comprimento dos traqueídes, em virtude de sua posição ao longo da altura do tronco. Nas posições próximas à copa, onde acontece a inserção dos ramos, os traqueídes têm comprimento menor, aumentando gradativamente nas regiões inferiores. A estrutura anatômica da madeira pode ser compreendida não apenas em termos do arranjo de suas células, como também com base na organização e nas peculiaridades das substâncias químicas componentes das paredes celulares. Fibras e traqueídes são caracterizadas por paredes celulares heterogêneas, em estrutura e em composição química. Parede celular primária é o termo aplicado para designar a parede cambial original. A parede celular primária é capaz de crescer em área quando, por exemplo, um vaso aumenta de diâmetro. Derivadas cambiais adjacentes, neste estágio inicial, são separadas por duas finas paredes primárias unidas por uma substância intercelular, a lamela média. Por outro lado, em traqueídes e fibras adultas, a parede celular primária constitui a porção mais externa da parede celular e corresponde a uma pequena porcentagem de sua espessura, conforme é mostrado na figura 1.2. O crescimento da parede celular se completa quando uma espessa parede secundária se deposita no lado interna da parede primária. A aglutinação dos componentes celulares é feita pela lignina, substância cujas características já foram referidas anteriormente.

LENHO

As madeiras comerciais consistem, quase inteiramente, de xilema secundário e são, portanto, um produto do câmbio vascular. Geralmente são classificadas como **madeiras moles**, a madeira de gimnospermas, principalmente coníferas, e **madeiras duras**, a madeira das angiospermas, principalmente dicotiledôneas. As madeiras moles consistem principalmente de traqueídeos*, mas as madeiras duras contêm numerosos vasos.

O xilema secundário possui sistemas de tecidos que percorrem tanto vertical como horizontalmente a árvore. Para um estudo adequado desses sistemas são necessários três tipos de cortes: transversal (CT), passando horizontalmente através do tronco da árvore; longitudinal radical (CLR), passando verticalmente ao longo do diâmetro da árvore e longitudinal tangencial (CLT), passando verticalmente em ângulos retos do C.L.R. O **sistema horizontal**, em particular os raios vasculares, aparecem muito diferentes nessas três vistas. O **sistema vertical** compreende os elementos traqueais, fibras e parênquima axial do xilema. No lenho das gimnospermas não estão presentes os **vasos** (exceto nas *Gnetales*) e o lenho consiste de traqueídeos, fibras e parênquima, sendo de estrutura bastante uniforme. Muitas vezes estão presentes os ductos secretores de resina. Nas madeiras duras (exceto para as sem vaso *Winterales*) os vasos estão presentes em adição aos traqueídeos e o lenho é muito menos uniforme.

Nos climas temperados a atividade sazonal do câmbio vascular leva à formação dos anéis de crescimento, freqüentemente chamadas anéis anuais, do xilema secundário. Em alguns gêneros de angiospermas, por exemplo *Acer*, *Betula*, os vasos (às vezes chamados de poros, especialmente no comércio) são de tamanho aproximadamente uniforme por toda a estação e o lenho é descrito como **lenho de poros difusos**; em outras, por exemplo *Quercus*, *Fraxinus*, os vasos formados no começo da estação são de diâmetro muito maior que os vasos formados por último assim aparecem anéis de vasos de largos e estreitos, e diz que o lenho é **lenho de poros em anel**. Essas características são mais facilmente observadas nos cortes transversais. Nas espécies com lenhos de poro em anéis os vasos largos são variavelmente denominados **lenho inicial precoce**, ou **primaveril**, e aqueles de diâmetro menor **lenho tardio** ou **estival**, ou **outonal**.

Embora o número de anéis de crescimento numa árvore forneça uma estimativa da idade da árvore, nem sempre esta é completamente precisa porque podem ser formados falsos anéis de crescimento em uma única estação como resultado de uma parada repentina no crescimento, talvez devido a estiagem ou frio intenso. Mesmo nas mesmas espécies a largura média de um anel de crescimento pode variar bastante de acordo com as condições de crescimento; em *Picea sitchensis* foram observadas variações de 0,1 mm a, aproximadamente, 100 vezes essa largura ou mais.

1. LENHO INICIAL:

Corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente primavera, quando as plantas despertam do período de dormência em que se encontravam, reassumindo suas atividades fisiológicas com todo vigor. As células da madeira formadas nessa ocasião caracterizam-se por suas paredes finas e lúmens grandes que lhes conferem em conjunto uma coloração clara. Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente outono, as células vão diminuindo sua atividade fisiológica. E conseqüência, deste fato, suas paredes vão tornando-se gradualmente mais espessas e seus lúmens menores, distinguindo-se do lenho anterior por apresentarem em conjunto uma tonalidade mais escura. É esta alternância de cores que evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial das gimnospermas-coníferas.

Em madeiras de angiospermas dicotiledôneas (*Folhosas*), os anéis de crescimento podem destacar-se por determinadas características anatômicas:

- presença de uma faixa de células parenquimáticas nos limites dos anéis de crescimento (parênquima marginal), que aparece macroscopicamente como uma linha tênue de tecido mais claro. Exemplos: *Liriodendron tulipifera* L. – *Magnoliales* e mogno (*Swietenia macrophylla* King-Meliaceae);
- alargamento dos raios nos limites dos anéis de crescimento (aspecto apenas visível) sob o microscópio;
- concentração ou maior dimensão dos poros no início do período vegetativo (porosidade em anel). exemplos – cedro (*Cedrela fissilis*), etc.;
- espessamento diferencial das paredes das fibras de forma análoga ao que ocorre nas gimnospermas. Exemplos: pereira (*Pyrus communis* L-Rosaceas) e bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.);
- alteração no espaçamento das faixas tangenciais de um parênquima axial (reticulado ou escalariforme*) como em sapotáceas e lecitídaceas. Ex.: ceru (*Cariniana decandra*. Este fenômeno pode vir acompanhado adicionalmente por um menor número ou ausência de poros no lenho tardio (zona fibrosa).

Conforme pode ser constatado acima, duas ou mais destas características pode ocorrer simultaneamente na mesma madeira.

Finalmente existem espécies cujos anéis de crescimento são indistintos. Ex.: umiri (*Humiria floribunda*)

Além da característica própria da espécie, é fácil compreender que árvores de regiões onde as estações do ano são bem definidas apresentam em regra, anéis de crescimento nítidos. Ao contrário, as que crescem em locais de condições climáticas constantes têm habitualmente anéis de crescimento indistintos ou

pouco evidentes. Para muitas árvores tropicais os anéis correspondem a períodos de chuva e períodos de seca, queda das folhas e/ou simplesmente dormência, podendo ocorrer dois ou mais ciclos em um ano. Anéis de crescimento não são portanto necessariamente anéis anuais!

É comum encontrarem-se em troncos *anéis de crescimento descontínuos* (que não formam um círculo completo em torno da medula) e os chamados *falsos anéis de crescimento* (quando se forma mais de um anel por período vegetativo), que dificultam a determinação exata da idade de uma árvore. Anéis de crescimento descontínuos ocorrem principalmente em árvores velhas que apresentam copa assimétrica. O câmbio em uma ou mais regiões do tronco permanece em dormência durante uma ou várias estações de crescimento, provocando a descontinuidade do anel. Falsos anéis de crescimento podem surgir em virtude da perda temporária da folhagem causada por geadas tardias, ataques fúngicos ou de insetos, ou devido a estímulo de crescimento fora de época, motivado por condições favoráveis: uma primavera seca seguida de outono chuvoso, disponibilidade súbita de nutrientes, eliminação de concorrentes etc.

Em uma análise de tronco, estes anéis podem ser muitas vezes detectados por não apresentarem um limite tão nítido como o dos anéis verdadeiros. Microscopicamente, a camada de células de paredes espessas que determina o falso anel decresce gradativamente tanto para o interior como para o exterior do tronco, enquanto que em anéis verdadeiros o limite entre o lenho tardio e o inicial é sempre abrupto. Além das anormalidades dos anéis de crescimento consideradas (anéis descontínuos e anéis falsos), temos os anéis excêntricos e os anéis ondulados, que, apresentam um contorno sinuoso. A causa deste último não foi esclarecida até hoje e madeiras com esta característica são especialmente pelas excelentes propriedades acústicas que apresentam.

A largura dos anéis de crescimento, de grande repercussão nas propriedades tecnológicas da madeira, varia desde uma fração de milímetros a até alguns centímetros, dependendo de muitos fatores: duração do período vegetativo, temperatura, manejo silvicultural (espaçamento, desbaste, concorrência etc), umidade, qualidade do solo, luminosidade.

Devido a importância do estudo dos anéis de crescimento, várias técnicas para torná-los mais nítidos e avaliá-los foram desenvolvidas. As mais conhecidas são:

- ✓ *Aplicação de corantes*: devido às diferenças estruturais dos lenhos inicial e tardio, ocorre muitas vezes uma absorção diferencial da solução corante, tornando os anéis mais evidentes.
- ✓ *Imersão em ácido*: em coníferas, por exemplo, haverá normalmente uma corrosão mais intensa nas partes correspondentes ao lenho inicial, destacando-se os anéis por zonas mais ásperas ou por ondulações.
- ✓ *Exposição à chama de um bico de Bunsen*: os anéis se evidenciarão por partes negras mais brilhantes.
- ✓ *Medição da intensidade luminosa*: atravessa um corte delgado de madeira ao longo dos anéis de crescimento.
- ✓ *Aparelhos tateadores*: dotados de uma agulha que penetra a pequenos intervalos no lenho, permitem registrar mecanicamente o esforço requerido ou a profundidade de penetração, mediante uma força constante.
- ✓ *Exposição a raios X*: é medida a intensidade de raios que atravessam o lenho ao longo dos anéis de crescimento.

A interpretação dos diagramas obtidos nos três últimos métodos permite a identificação dos lenhos inicial e tardio e conseqüentemente dos anéis de crescimento.

Uma análise dos anéis de crescimento fornece informações importantes sobre a planta: se apresenta incremento rápido (anéis bem espaçados) ou incremento lento (pequenos espaços entre os anéis), quais anos foram desfavoráveis ao crescimento (espaços menores), quais os favoráveis (espaços maiores) etc. Além de trazer referências valiosas sobre a vida do vegetal, de grande interesse para a silvicultura, silvimetria e ordenamento vegetal, por permitir através de análises de troncos a elaboração de tabelas de volume e por fornecer bases para prognoses de produção, o estudo da largura dos anéis de crescimento relacionado com a meteorologia, permite a avaliação de precipitações havidas durante os períodos de atividade vegetativa e a identificação de variações climáticas de épocas passadas. Do estudo dos anéis de crescimento desenvolveu-se uma ciência, a *dendrocronologia*, que tem colaborado enormemente com a arqueologia e a história da técnica.

Crescimento das árvores

O crescimento das árvores ocorre em dois sentidos: altura e diâmetro. Em qualquer planta, na ponta dos ramos e também na ponta das raízes, há um tecido vivo denominado meristema. É formado por um tipo especial de células que se multiplicam estimuladas por hormônios vegetais. Destes hormônios, são mais importantes a auxina e a giberelina, substâncias produzidas pelas plantas sob a

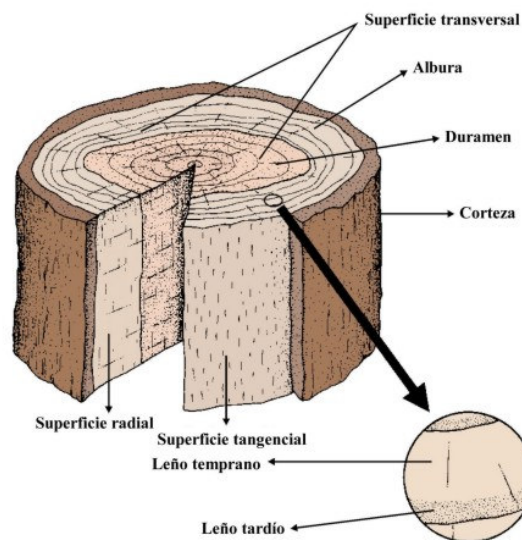
influência de uma série de condições ambientais, entre as quais o clima, a temperatura e a luminosidade. Os hormônios são transportados para os meristemas e estes dividem-se originando novas folhas e galhos, na parte aérea da planta e, sob a terra, expandem as raízes. É através deste processo que a árvore e qualquer outra planta cresce em altura e, por vezes, chega a alcançar mais de cem metros. O crescimento em altura é denominado crescimento primário ou crescimento apical.

Para crescer em diâmetro, é necessário um outro sistema. Ao redor do tronco das árvores, há uma fina camada de células, na parte interna da casca, entre o floema e o xilema, conhecida por **CÂMBIO**. O câmbio também é um tecido meristemático, que sob a ação de hormônios é estimulado a dividir-se em camadas tanto em direção à casca como em direção ao centro do tronco. As células que são formadas em direção a casca irão compor o floema e as que estão em direção ao interior do caule irão compor o xilema. Isto faz com que, em geral, a cada ano uma nova camada de células seja depositada ao redor do tronco, aumentando seu diâmetro. Se considerarmos que a produção de células dá-se no perímetro do caule, a árvore aumenta em diâmetro “de fora para dentro”. Este é o crescimento secundário.

O crescimento apical e cambial dependem de muitas condições e estão sujeitos a diversas formas de variação. E são processos contínuos, pois os tecidos meristemáticos dividem-se indefinidamente. No decorrer do crescimento, muitos fatores de origem natural influenciam a divisão destas células, tais como a disponibilidade de nutrientes, o índice de chuvas na região, além dos fatores genéticos, herdados pelo vegetal.

Em espécies de regiões com estações climáticas definidas (primavera, verão, outono, inverno), as camadas de crescimento são nítidas e podem ser vistas através da diferença de coloração que se alterna entre marrom e amarelo ou bege, formando anéis concêntricos. A madeira formada durante a primavera e o verão (quando as condições climáticas estão favoráveis) é chamado de lenho inicial ou lenho primaveril. E a madeira formada durante o outono e inverno é chamada de lenho tardio ou lenho outonal. Nas florestas tropicais onde predominam duas estações definidas por sol intenso e chuvas torrenciais, as camadas de crescimento são demarcadas por outras características peculiares, como linhas de parênquima marginal (cedro – *Cedrela odorata*, Meliaceae e Jatobá – *Hymenaea courbaril*, Caesalpinaceae) ou diferença de diâmetro no lume das fibras (louro seda - *Ocotea guianensis*, Lauraceae).

O câmbio é uma fina camada de células que situa-se entre o floema e o xilema (alburno+cerne). Na ilustração ainda vê-se os planos transversal, tangencial e radial (X, T e R respectivamente).



Características físicas

Massa específica – É a razão entre a quantidade de massa por unidade de volume. Algumas espécies são naturalmente mais pesadas que outras mesmo apresentando dimensões iguais. Geralmente, espécies mais pesadas, apresentam características mais duradouras.

Os índices de massa específica variam de espécie para espécie e dependem de uma série de fatores estruturais bem como dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes no lenho. O pau de balsa (*Ochroma lagopus*, Bombacaceae) é a madeira brasileira mais leve (seu peso específico é de 0,13 g/cm³).

A medida que o peso específico aumenta, elevam-se proporcionalmente a resistência mecânica e a durabilidade e, em sentido contrário, diminuem a permeabilidade às soluções preservantes e a trabalhabilidade.

Umidade – Relaciona-se ao teor de água que a madeira apresenta. Quando recém cortado, o tronco de uma árvore encontra-se saturado de água. Muitos fatores irão influenciar o teor de umidade, entre eles a anatomia do xilema. Da umidade irão depender diretamente as propriedades de resistência, poder calorífico, capacidade de receber adesivos e secagem, entre outras.

A água na madeira pode estar presente preenchendo os espaços vazios dentro das células ou entre elas (água livre ou água de capilaridade), pode estar aderida à parede das células (água de adesão) ou pode estar compondo a estrutura química do próprio tecido (água de constituição). Esta última somente pode ser eliminada através da combustão do material.

Retratibilidade – É o fenômeno de variação nas dimensões e no volume em função da perda ou ganho de umidade que provoca contração em uma peça de madeira. Está relacionada às e aos defeitos de secagem. A contração pode ocorrer e ser avaliada em três aspectos:

Contração tangencial - variação das dimensões da madeira no sentido perpendicular aos raios;

Contração radial - variação das dimensões da madeira no sentido dos raios;

Contração volumétrica - variação das dimensões da madeira considerando-se como parâmetro o seu volume total.

Condutibilidade térmica – Devido a organização estrutural do tecido, que retém pequenos volumes de ar em seu interior, a madeira impede a transmissão de ondas de calor ou frio. Assim a madeira torna-se um mau condutor térmico, isolando calor ou frio.

Condutibilidade sonora – A propagação de ondas sonoras é reduzida ao entrar em choque com superfícies de madeira. O procedimento de empregar madeira como revestimento de paredes enfraquece a reverberação sonora e melhora a distribuição das ondas pelo ambiente, tornando-a um produto adequado para o condicionamento acústico.

Resistência ao fogo - Apesar da madeira ser considerada um material inflamável, quando apresenta dimensões superiores a 25 mm (topo) é mais lentamente consumida pelo fogo que outros materiais. Isto ocorre pois quando o fogo atinge a madeira, destrói rapidamente a superfície, formando uma fina camada de carvão que retarda a propagação de oxigênio e, conseqüentemente, das chamas em direção ao interior da peça, fazendo com que o incêndio perca velocidade. Peças com 50 mm de espessura podem ser consideradas sempre mais seguras que estruturas metálicas. Abaixo de 20 mm, as peças de madeira tornam-se elementos de alimentação do incêndio e, portanto, devem ser evitadas em construções. As propriedades mecânicas definem o comportamento da madeira quando submetida a esforços de natureza mecânica. Existem no Brasil normas padronizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, que regulamentam os testes a serem aplicados em amostras de madeira, realizados em laboratórios com máquinas especialmente destinadas a esta finalidade e que possibilitam aferir o grau de resistência a um determinado esforço. A **resistência à compressão axial** refere-se a carga suportável por uma peça de madeira quando esta é aplicada em direção paralela às fibras. É o caso de colunas que sustentam um telhado. Nos ensaios de **flexão estática**, uma carga é aplicada tangencialmente aos anéis de crescimento em uma amostra apoiada nos extremos. Através do ensaio de **resistência a tração**, é possível obter índices que facilitam a seleção de madeiras capazes de serem empregadas em treliças de telhados, cujas seções tornam-se reduzidas em função de ligações e, portanto, sujeitas a este tipo de esforço. O **cisalhamento** é a separação das fibras, resultando num deslizamento de um plano sobre outro, devido a um esforço no sentido paralelo ou oblíquo as mesmas (um esforço no sentido normal as fibras também pode provocar o cisalhamento, mas em geral isto não chega a ocorrer, pois a ruptura ocorre por esmagamento das fibras). No ensaio de **compressão perpendicular** às fibras é aplicada uma carga sobre a peça de madeira a fim de se verificar o valor máximo que a espécie suporta sem ser esmagada. A **resistência à flexão dinâmica** é capacidade da madeira em suportar esforços mecânicos ou choques.

Elasticidade é o nome que se dá a capacidade de um determinado material sofrer a aplicação de uma carga, apresentar deformação proporcional a sua intensidade e retornar a sua forma original. A propriedade de resistir a penetração localizada, ao desgaste e abrasão, é conhecida por **dureza superficial**.

5. PROPRIEDADES ORGANOLÉPTICAS

As características da madeira que são capazes de impressionar os sentidos são conhecidas como propriedades organolépticas. Abaixo segue uma breve descrição de cada uma delas:

Cor – A cor da madeira deriva de substâncias químicas presentes no tronco. A intensidade da coloração varia do bege claro ao marrom escuro, quase preto. Existem ainda madeiras amarelas, avermelhadas e alaranjadas. A cor tende a alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz.

Odor – Característica importante na madeira e que tende a definir o seu uso. Madeiras para móveis não podem apresentar, por exemplo, cheiro desagradável*. Peças de madeira muito antigas podem perder parcialmente o odor, mas eventualmente este pode ser acentuado se a madeira for umedecida. O odor da madeira deve ser classificado em Agradável ou Desagradável.

Resistência ao corte manual – Verificada através do corte com estilete ou navalha no plano transversal. A madeira pode ser classificada como pouco resistente, moderadamente dura ou dura*.

Sabor – Está em geral associado às substâncias que conferem odor e devem ser classificadas sob odor agradável ou desagradável*. Em algumas espécies apresenta-se amargo (cedro), em outras madeiras pode ser nitidamente percebido: picante em surucumirá e adocicado em casca-doce. Atenção: o teste de provar o gosto da madeira pode causar reações alérgicas em pessoas sensíveis. Por isso deve se evitado.

Peso específico – É a relação entre o volume verde (amostra saturada em água até peso constante) fornecido em cm³ e o peso da madeira seco em estufa fornecido em gramas. Neste sentido as madeiras podem ser classificadas como de baixa densidade, de média densidade e de alta densidade.

Textura – É a característica que envolve o diâmetro dos poros, sua distribuição e quantidade relativa no lenho. A textura pode ser grossa, média ou fina*. Geralmente as madeiras que apresentam textura grossa possuem poros grandes, visíveis a olho nu, com diâmetro tangencial maior de 300 µm e não recebem bom acabamento. As madeiras de textura média apresentam poros com diâmetro tangencial dos poros de 100 a 300 µm. As de textura fina apresentam em geral poros pequeninos, uniformemente distribuídos, com diâmetro tangencial menor que 100 µm.

Grã – Envolve a orientação dos elementos celulares em relação ao eixo vertical da árvore. Quando as células são paralelas ao crescimento vertical, a grã é direita ou regular. Quando a grã apresenta desvios ou inclinações em relação ao eixo principal do tronco, a grã é chamada irregular, podendo ser Grã oblíqua ou ainda Grã entrecruzada*.

Figura – É o conjunto de desenhos e alterações de caráter decorativo que a madeira apresenta e que a torna facilmente distinta das demais.

Brilho – É a capacidade de refletir luz que uma determinada madeira possui. O brilho é melhor notado no plano radial, devido ao espelhado dos raios. O brilho deve ser observado na seção radial do cerne no momento do corte e classificado em Brillhante ou Sem brilho*.

OS PRINCIPAIS TIPOS DE CÉLULAS ENCONTRADAS NO XILEMA SÃO:

FIBRAS- Células existentes no lenho das angiospermas, alongadas, imperfuradas, com pontuações simples ou areoladas nas paredes. Muitas das propriedades físicas e mecânicas do caule dependem da morfologia destas células.

ELEMENTOS DE VASOS- Os vasos são estruturas formadas por uma junção de células perfuradas, chamadas de elementos de vaso, que se comunicam entre si, formando longos dutos que conduzem a seiva no sentido axial. Os vasos são característicos de espécies pertencentes às angiospermas, havendo algumas exceções. Representam uma grande evolução biológica dos vegetais no sentido de transporte de seiva.

TRAQUEÍDEOS - Constituem-se de células alongadas, delgadas, de contorno geralmente angular com funções mistas de condução e sustentação, características das gimnospermas, apesar de estarem presentes também em várias angiospermas.

RAIOS- Os raios são células parenquimáticas que prolongam-se no sentido da casca para a medula. Possuem a função de alimentar o tecido neste sentido e costumam acumular muitas substâncias nutritivas, além de inclusões. É chamado também de parênquima radial.

PARÊNQUIMA AXIAL- Células que possuem como função principal acumular substâncias nutritivas, o parênquima confere baixa resistência a esforços mecânicos, pois possui baixo nível de lignina em sua constituição. É um tecido facilmente atacado por organismos xilófagos.

Algumas estruturas especiais são características de determinadas espécies, gêneros ou famílias, como os canais resiníferos, canais secretores axiais, fibrotraqueídeos e outras.

XILÓFAGOS

A madeira está sujeita à degradação por organismos que dela se alimentam. No lenho estão presentes muitas substâncias nutritivas, como açúcares, carboidratos, gomas, resinas e amidos que constituem a base alimentar de uma infinidade de organismos, entre os quais, fungos, bactérias, insetos, moluscos e crustáceos.

Estes organismos que degradam a madeira são conhecidos por xilófagos (do grego xylon, madeira e fagus, comer).

Os fungos atacam em geral a madeira que apresenta um teor de umidade favorável ao seu desenvolvimento. O tipo de ataque é classificado de acordo com o fungo que se instala na madeira:

Emboloradores: ascomicetos, deuteromicetos e, menos frequentemente, ficomicetos que atacam a madeira provocando o emboloramento. Estes fungos preferem as células do parênquima radial devido a grande quantidade de substâncias nutritivas que acumulam, uma vez que alimentam-se do conteúdo presente no lume das células.

Manchadores: ascomicetos e deuteromicetos. As manchas são provocadas pela pigmentação das hifas (estruturas filamentosas) ou devido às substâncias pigmentadas que estas expelem quando são hifas hialinas.

Podridão branca: basidiomicetos que atacam a parede secundária e a lignina presente na madeira. Podem ocorrer linhas enegrecidas que margeiam a área afetada.

Podridão mole: ascomicetos e deuteromicetos. As hifas penetram na parede secundária das células, tornando a madeira amolecida e causando degeneração em todas as suas características mecânicas.

Podridão parda: Provocada por basidiomicetos que nutrem-se dos hidratos de carbono presentes na parede celular. Causa o escurecimento da madeira e provoca fissuras por toda a peça, afetando a resistência da madeira.

Bactérias

O ataque de bactérias xilófagas é mais difícil de perceber e dura muitos anos, normalmente sem efeitos evidentes de imediato. É comum em madeiras que estarão expostas a condições anaeróbias (submersas ou enterradas). Caracteriza-se em alguns casos pelo aparecimento de manchas que progressivamente tornam-se amolecidas. As bactérias desempenham uma posição importante na colonização de xilófagos, pois, em geral, antecedem e podem favorecer a colonização por fungos.

Insetos

Dos insetos que atacam a madeira serrada, os besouros e os cupins estão entre os que causam piores danos. Traças, vespas, mariposas e outros em menor escala de importância também depositam seus ovos em peças de madeira ou utilizam-na como fonte de alimento.

Em relação aos besouros (ordem coleoptera) existe uma grande variedade que atacam a madeira e causam prejuízos relevantes (cerambycidae, scolytidae, platypodidae, bostrychidae, lyctidae e anobidae, entre outras). Os ovos podem ser depositados no lenho das árvores ou na madeira já cortada. Apesar de alguns serem muito pequenos (os escolitídeos e os platipodídeos não ultrapassam 1 mm de comprimento) promovem ataques devastadores na madeira: estão associados naturalmente a fungos, dos quais, em alguns casos, se alimentam.

Os cupins que atacam a madeira alimentam-se fundamentalmente de celulose. São classificados dentro da ordem isoptera. Estão, em geral, associados a microrganismos simbióticos que promovem a degradação enzimática da celulose presente no xilema. A estrutura social destes insetos é altamente organizada e complexa, com a colônia dividindo-se em várias castas hierárquicas.

Outros xilófagos

Moluscos (teredo) e crustáceos atacam peças em contato com a água do mar: esteios de marinas e portos de água salgada, cascos de embarcações de madeira. São conhecidos pelo nome de brocas marinhas e também causam prejuízo considerável.

No caso de fungos, a estabilidade de baixa umidade no ar, conseguida com o auxílio de desumidificadores proporciona segurança à madeira. Os fungos não se desenvolvem com o ar seco. Condicionadores de ar ligados 24 horas também ajudam no processo. Em caso de infestação por bolores, deve remover-se a camada externa de micélio com um pano embebido em glicerina e colocar a amostra em câmara úmida junto a um algodão embebido em formol por 24 horas. A aplicação de boro também é um bom meio para combater o problema. Se estiver adiantado, é melhor substituir a amostra por uma duplicata.

Coleópteros podem ser evitados com limpeza periódica das gavetas, usando uma escovinha para remoção de possíveis detritos, restos de cascas e poeiras que se acumulem. O uso de naftalina nas gavetas, entre as amostras inibe ataque de insetos. Se já houver presença de coleópteros (identificáveis por furinhos na madeira e deposição de pó sob as amostras), basta separar as amostras afetadas e imergí-las em recipiente com querosene por uns 2 a 3 dias. O efeito do querosene permanece ativo durante mais de seis meses. A gaveta deve ser devidamente limpa e todas amostras adjacentes inspecionadas para evitar contaminação.

6. ELEMENTOS CONSTITUINTES DO LENHO

6.1 GIMNOSPERMAS

	DEFINIÇÃO
TRAQUEÓIDES AXIAIS	<p><u>Células:</u> alongadas (pontiagudas);</p> <p><u>Volume:</u> 95% do volume da madeira;</p> <p><u>Comprimento:</u> 2-5 mm até 11 mm (<i>Araucária spp</i>)</p> <p><u>Origem:</u> câmbio;</p> <p><u>tempo de vida:</u> curto</p> <p><u>Função:</u> depois de perderem o conteúdo celular, tornam-se tubos ocos , com a função de conduzir a seiva bruta (no alburno), através de pontoações areoladas; de depósito de substâncias polimerizadas (no cerne); de conferir resistência mecânica ao tronco e, como consequência, às peças a serem utilizadas para as diferentes finalidades.</p>

	<p><u>Inclusões:</u> espessamentos especiais nas paredes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CRASSULAS – <i>Pinus elliotti</i>; • ESPIRAL - Duglásia <p><u>Importância da pontoações:</u> identificação e utilização da madeira (secagem, preservação, difusão de substâncias, fabricação de papel)</p>
<p>PARÊN- QUIMA TRANS- VER- SAL (P.R. OU RA- IOS)</p>	<p><u>Definição:</u> Faixas de células parenquimáticas de altura, largura e comprimento variáveis.</p> <p><u>Sentido:</u> estendem-se radialmente no lenho – sentido perpendicular aos dos T.A.;</p> <p><u>Função:</u> Armazenar, transformar substâncias nutritivas;</p> <p><u>Característica:</u> apresentam paredes finas, na maioria, não lignificadas e pontoações simples;</p> <p><u>Composição:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • RAIOS HOMOGENEOS – Podocarpus e Araucária • RAIOS HETEROGENEOS – Cedrus e Cupressus <p>RAIOS HETEROGENEOS FUSIFORMES: em Pinus, Picea, Larix e Pseudotsuga apresentam Canais resiníferos;</p> <p><u>Característica:</u> Os raios de G. são finos, normalmente uniseriados (uma fiada de células – seção tangencial);</p> <p><u>Pontoações no campo de cruzamento:</u> surgem nas zonas de contato entre os raios e os traqueóides axiais;</p>
<p>TRAQUEÓIDES DOS RAIOS (T. RADI- AIS)</p>	<p><u>Conceito:</u> são células da mesma natureza dos traqueóides axiais;</p> <p><u>Característica:</u> ocorrência de pontoações areoladas nas paredes (<<)</p> <p><u>Função:</u> condução transversal de nutrientes no lenho e a sustentação do vegetal;</p> <p><u>Ocorrência:</u> <i>Pinus</i> e <i>Picea</i> – Ausência: <i>Araucária</i>;</p> <p><u>Inclusões:</u> IDENTURAS na parede interna</p>
<p>PARÊN- QUIMA AXIAL</p>	<p><u>Conceito:</u> células de forma retangular e paredes finas/não lignificadas - < curtas do que T.A.;</p> <p><u>Função:</u> Armazenamento de substâncias nutritivas;</p> <p>Ocorrência: Podocarpaceas, pináceas e cuprásseas – Ausente nas Araucariáceas</p>

VA-SOS	<p><u>Conceito:</u> Conjunto normalmente axial de células sobrepostas (elementos vasculares), formando uma estrutura tubiforme contínua de comprimento indeterminado.</p> <p><u>Função:</u> Condução ascendente de líquidos na árvore.</p> <p><u>Composição:</u> Extremidades perfuradas – PLACAS DE PERFURAÇÃO.</p>		
	<p>MÚLTIPLAS: ESCALARIFORME, RETICULADA, FORAMINADA</p>		
	<p>SIMPLES</p>		
	<p>PONTOAÇÕES - para comunicação com outras células</p> <p>VASO ↔ VASO - PONTOAÇÕES INTERVASCULARES</p> <p>VASO ↔ PARÊNQUIMA AXIAL: P. PARÊNQUIMOVASCULARES</p> <p>VASO ↔ RAIOS: RAIOS-VASCULARES</p>		
	<p>SEÇÃO TRANSVERSAL: RECEBE O NOME DE POROS</p>		
	SOLITÁRIOS	MÚLTIPLOS	- RADIAIS; TANGENCIAIS; RACEMIFORMES
	<p>POROSIDADE DA MADEIRA – DISPOSIÇÃO E DIÂMETRO – POROS</p>		
DIFUSA	UNIFORME NÃO-UNIFORME	ANEL	CIRCULAR SEMICIRCULAR
P. AXIAL	<p><u>Função:</u> Armazenamento.</p> <p><u>Células:</u> Com paredes finas não lignificadas, pontoações simples, forma retangular/fusifor (plano L.)</p>		
	<p>PARATRAQUEAL: escasso, vasicêntrico, v. confluyente, uni-lateral, aliforme, a. confluyente</p>	<p>APOTRAQUEAL: difuso, d. em agregados, reticulado, escaliforme, em faixas, marginal</p>	
FI-BRAS	<p><u>Definição:</u> células de A. (20 a 80% do lenho). Extremidades afiladas (0,5 a 2,5 mm), pontiagudas, poucas e pequenas pontoações <u>Função:</u> Sustentação</p> <p><u>Implicações da do volume e espessura da parede:</u> grau de alteração volumétrica; propriedades mecânicas da madeira</p>		
	<p>FIBROTRAQUEÓIDES: PONTOAÇÕES AREOLADAS - GRANDES</p> <p>FIBRAS LIBRIFORMES: PONTOAÇÕES AREOLADAS - PEQUENAS</p>		

P. TRANSVESAL (RADIAL OU RAIOS)	Função: Armazenamento, transformação e condução transversal de substâncias.	
	Diferença com raios de G.: morfologia acentuada, tipo, número e tamanho.	
	HOMOGENEOS: formados de células parenquimáticas de um único formato. Eucalipto	
	HETEROGENEOS: incluem células de mais de um formato, procumbente, quadradas e eretas <i>Pau-marfim</i>	
DEFINIÇÃO		
TRAQUEÓIDES VASCULARES	Conceito: Células presentes em algumas angiospermas. Semelhantes a vasos de lenho tardio – extremos imperfurados; pontoações areoladas. Função: Condução	
T. VASICÊNTRICOS	Características: Curtos e irregulares, extremidades arredondadas, pontoações areoladas	
CANAIS CELULARES E INTERCELULARES	Definição: canais com substâncias (resinas, gomas, bálsamo, tanino, látex)	
	Canais intercelulares	Espaços de estrutura tubular – comprimento indeterminado, se parede própria e revestidos por células parenquimáticas especiais (epiteliais)
	Canais celulares	Conjunto tubiforme de células parenquimatosas, possuindo paredes próprias
CÉLULAS OLEÍFERAS	Definição: Células parenquimáticas especializadas, que contém óleo, mucilagem ou resinas.	
FLOEMA INCLUSO	Células de floema formadas pelo câmbio ao interior do tronco - Concêntrico (faixas concêntricas no lenho) e foraminoso (feixes longitudinais espalhados no lenho).	
ESTRUTURA ESTRATIFICADA	Elementos axiais organizados, formando faixas horizontais regulares ou estratos - <u>Mogno</u> . CARACTERÍSTICA PARA IDENTIFICAÇÃO	
FIBRAS SEPTADAS	Fibras mortas que apresentam paredes transversais (separando os seus compartimentos)	
ESPESSAMENTO EM ESPIRAL	Ocorrência: Espinho-de-judeu, erva-mate. Espessamentos espirais nas paredes internas	

CRISTAIS E SÍLICA	Cristais: sais de cálcio (oxalatos de cálcio) em células parenquimáticas. Rara em Gimnospermas, mas comum em Angiospermas.
	Sílica: dureza e fórmula química igual ao do diamante. Ocorrência: raios e parênquima axial. *(fibras)
CONTEÚDOS VASCULARES	Gomos-resinas – Família das Meliáceas

6. GLOSSÁRIO DE TERMOS UTILIZADOS NA ANATOMIA DA MADEIRA

CITES

A C D E F L M P R I V

A

Albura : Aquella parte de la madera que en el árbol viviente contiene células vivas y material de reserva. Porción mas externa de la madera, generalmente de color mas claro.

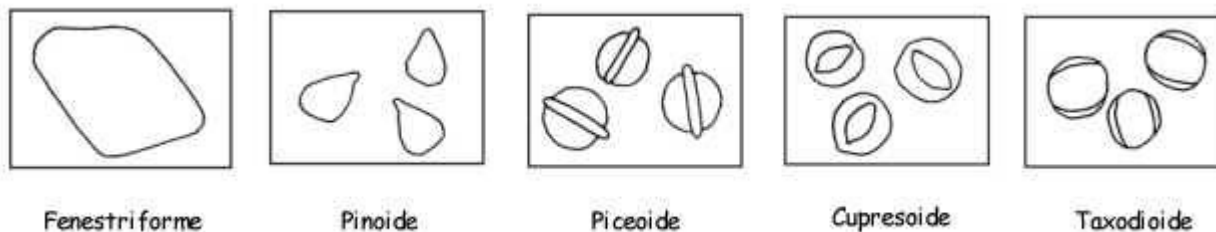
Anillos de crecimiento: Término empleado para definir las bandas concéntricas que se forman producto de los intervalos periódicos de crecimiento en los árboles.

Anillo discontinuo: Anillo que no está presente en todo el contorno del tallo.

Areola de la punteadura: Parte engrosada de la pared secundaria en una punteadura areolada.

C

Campo de cruce: Área delimitada por la intersección de las paredes de una traqueida longitudinal con una célula del parénquima radial. Esta es una de las características microscópicas mas útiles en la identificación de maderas no porosas. En los campos de cruce se distinguen 5 tipos de punteaduras principales que caracterizan los principales grupos de maderas de las coníferas: Ventana o Fenestriforme (*Pinaceae*), Pinoide (*Pinaceae*), Piceoide (*Picea*, *Larix* y *Pseudotsuga*), Cupresoide (*Cupresaceae*) y Taxodiode (*Sequoia* y *Taxodiaceae*).



Canales verticales: Espacios intercelulares tubulares de largos indeterminados, que generalmente sirven para secretar los contenidos de las células epiteliales que los definen (gomas, resinas etc.). Estos canales pueden ser una característica natural de la madera, pero pueden ser también originados por daños.

Cavidad de una punteadura: Espacio comprendido en el interior de la punteadura desde su membrana hasta la luz de la célula.

Célula cristalífera septada: Célula con cristales incluidos en las distintas cámaras de la célula, dispuestos en columna vertical.

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

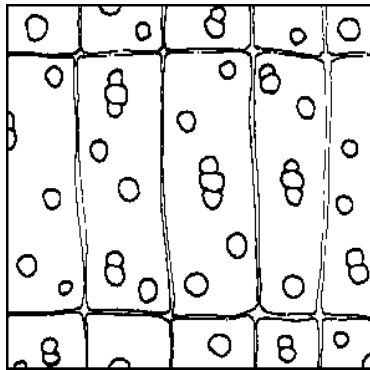
Células de aceite o idioblastos: Tipo particular de célula de dimensiones mayores al resto de las presentes en los radios de las latifolias y que contiene aceite. Este tipo de célula es característica de algunas familias vegetales.

Corteza: Término popular que se emplea en relación con los tejidos que se encuentran fuera del cilindro xilemático.

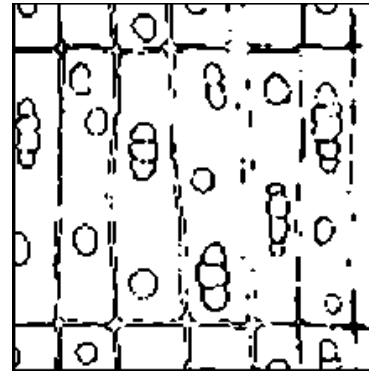
Crásula: Engrosamiento de la pared primaria de las traqueidas longitudinales de algunas familias de coníferas.

D

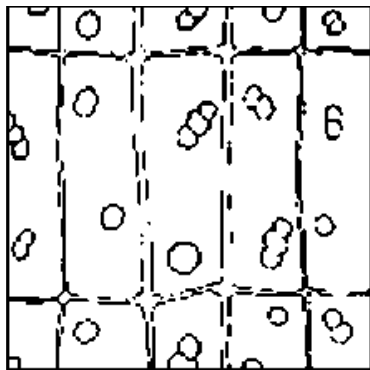
Distribución de los vasos: Se refiere a como son vistos los vasos en sección transversal: solitarios, en múltiples oblicuos, ó distribuidos tangencialmente o en grupos.



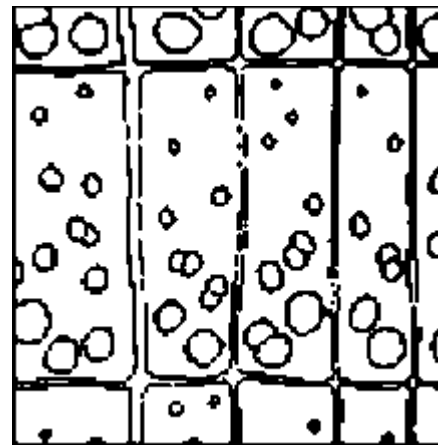
Vasos predominantemente solitários



Vasos en múltiples radiales



Vasos en grupos tangenciales



Madera con porosidad anular

Duramen: Porción del cilindro central de un tronco de madera, constituido por capas internas del leño. Esta porción no contiene células vivas, y los materiales de reserva que en ella existían han sido retirados o convertidos en sustancias propias del duramen. El duramen es de color más oscuro que la albura, aunque la diferencia puede no ser siempre claramente distinguible. Es sinónimo de Corazón, termino popular.

E

Elemento o segmento de vaso: Uno de los componentes celulares de un vaso. Partes de un vaso.

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

Espacios intercelulares: Espacio distinguible entre las paredes de las células. Se distinguen dos tipos :

Espacios intercelulares secretores, que comprenden los canales intercelulares y las cavidades intercelulares que pueden ser de origen esquizógeno, lisígeno o esquizolisígeno.

Espacios intercelulares no secretores, también denominados meatos.

Estratificado: Término que se emplea en relación con las células axiales y con los radios leñosos, cuando se encuentran dispuestos en series horizontales.

Exclusivamente solitarios: Se considera que los vasos son exclusivamente solitarios si aproximadamente el 90% de éstos son solitarios.

F

Fibras: Término de conveniencia en anatomía de maderas para designar a las células largas y estrechas diferentes de las de los vasos y del parénquima. Se distinguen en las maderas de las latifolias dos tipos básicos: fibras libriformes y fibrotraqueidas.

Fibra libriforme: Elemento imperforado por lo general de paredes finas y que presenta en sus paredes longitudinales punteado simple.

Fibrotraqueida: Elemento imperforado presente en las latifolias semejante a una traqueida, que generalmente presenta paredes gruesas con punteado areolado.

Fibra septada: Fibra que presenta tabiques transversales a las paredes longitudinales.

Floema incluido: Capas o series de floema incluidos dentro del xilema secundario producto de un crecimiento anómalo secundario (Característico de algunos grupos vegetales).

Frecuencia de los vasos (Porosidad): Número de vasos por milímetro cuadrado obtenido en la sección transversal.

L

Leño de primavera o temprano: Se refiere a la madera formada dentro de un anillo de crecimiento durante la etapa de primavera y verano en el caso de los países templados o durante la época lluviosa en los tropicales. Está caracterizada por elementos celulares de diámetros y lúmenes grandes con paredes finas cuando son vistos en sección transversal.

Leño de otoño o tardío: Se refiere a la madera formada dentro de un anillo de crecimiento durante la etapa de otoño en los países templados o en la época de sequía en los tropicales. Esta madera se caracteriza por elementos celulares con diámetros y lúmenes pequeños, así como con paredes engrosadas cuando se comparan con los del leño temprano en sección transversal.

Lumen: Cavidad de los elementos longitudinales.

M

Madera con porosidad difusa: Es aquella madera en la cual las dimensiones y distribución de los poros son similares a lo largo del anillo de crecimiento.

Madera con porosidad anular: Madera en la cual los poros de la madera de primavera o leño temprano son marcadamente mayores que los de la madera de otoño ó leño tardío, formando una zona bien definida o anillo.

Micrómetro (μm): Unidad de medida del sistema métrico decimal empleada para la medición de diferentes componentes celulares. Representa la milésima parte de un milímetro. Anteriormente se le denominaba micra (μ).

P

Pared celular: Membrana que delimita una célula. En las células adultas está constituida por varias paredes superpuestas: primaria, secundaria y terciaria.

Parénquima: Tejido compuesto de células cuadradas o rectangulares con punteaduras simples y cuya función principal es de almacenamiento.

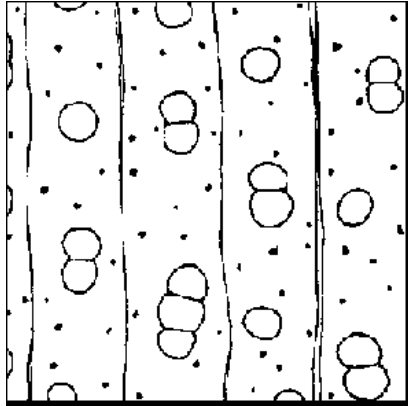
El parénquima xilemático se divide en dos categorías o tipos principales, los que a su vez presentan varias subdivisiones.

I-Parénquima apotraqueal: El tejido está dispuesto de forma independiente de los poros.

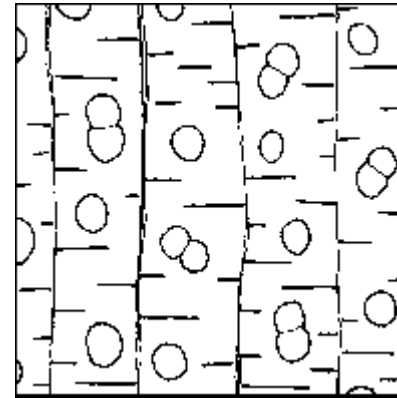
a-Apotraqueal difuso: una o pocas células distribuidas irregularmente entre las fibras

b-Difuso en agregados: Las células tienden a agruparse en cortas líneas tangenciales.

Apotraqueal



Apotraqueal difuso



Apotraqueal en bandas

II-Parénquima paratraqueal: Cuando el tejido está asociado con los poros. Se subdivide en los siguientes tipos principales:

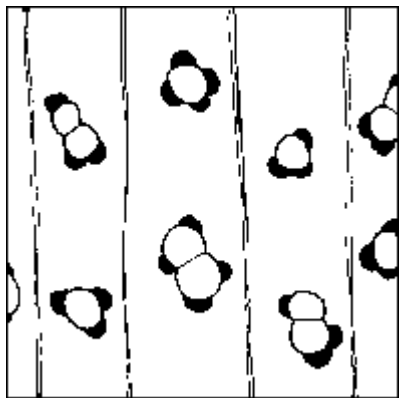
a-Paratraqueal escaso: Cuando las células del parénquima se disponen ocasionalmente alrededor de los poros.

b-Paratraqueal vasicéntrico: Cuando las células forman una capa que recubre todo el poro.

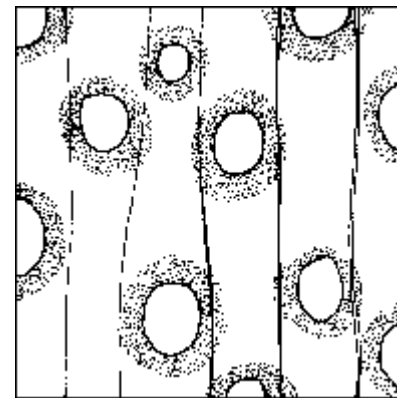
c-Paratraqueal aliforme/confluente: Cuando las células forman extensiones en forma de alas/ cuando las alas se hacen coalescentes uniendo dos o mas poros, sin formar largas y continuas bandas.

d-Paratraqueal en bandas: Cuando las células forman bandas concéntricas de ocurrencia frecuente.

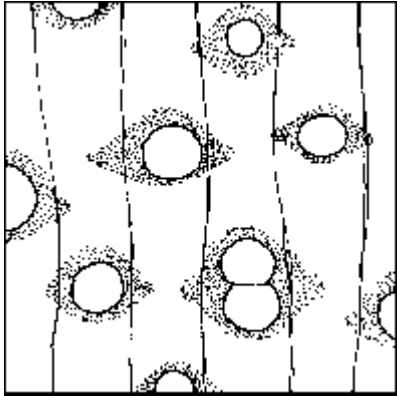
Paratraqueal



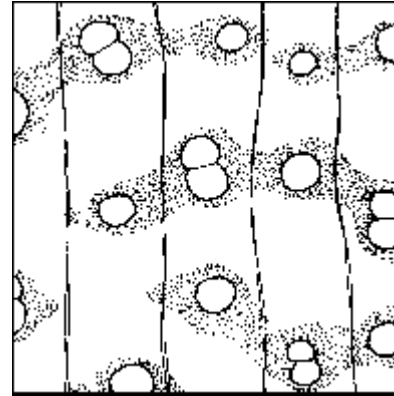
Paratraqueal escaso



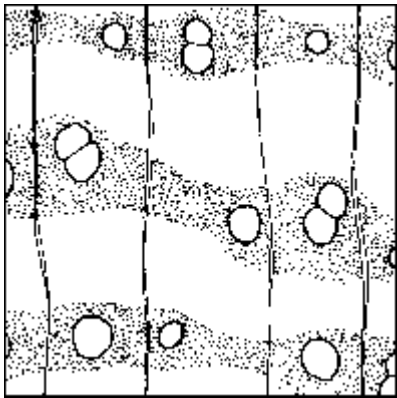
Paratraqueal vasicéntrico



Paratraqueal aliforme



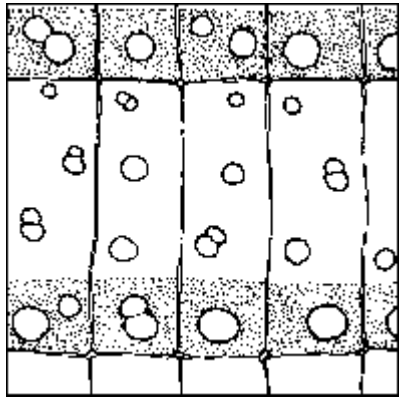
Paratraqueal aliforme confluyente



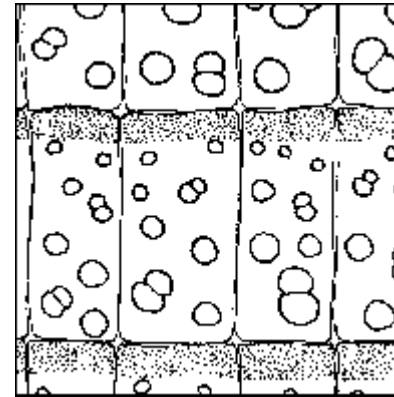
Paratraqueal en bandas

Parénquima marginal/zonado: Cuando el parénquima se asocia a los anillos de crecimiento. Este tipo de parénquima puede ser indistintamente apotraqueal ó paratraqueal, por lo que hay que observar si está o no asociado a los vasos. Se subdivide en inicial ó terminal de acuerdo a su presencia al principio ó final del anillo de crecimiento.

Marginal/Zonado



Inicial



Terminal

Placa de perforación: Apertura de comunicación entre dos elementos de vasos. Existen 4 tipos de platinas o placas de perforación: simple; escalariforme; reticulada y foraminada. Las dos primeras suelen ser las mas frecuentes.

Tipos de placas



Simple



Escalariforme

Poro: Término de conveniencia descrito para indicar la sección transversal de un vaso.

Poro solitario: Poro rodeado totalmente por elementos de otro tipo.

Poro múltiple: Grupo de dos o mas poros dispuestos compactamente y aplanados a lo largo de sus líneas de contacto, lo que le hace parecer un solo poro.

Punteado: Término empleado para las punteaduras o pares de punteaduras .

Punteadura areolada: Punteadura con reborde que se presenta como una separación de la pared secundaria de la célula, prolongándose en forma de bóveda perforada en su vértice, dejando bajo de sí un espacio o cámara.

Punteadura escalariforme: Disposición de punteaduras lineales, en las paredes de los vasos de frondosas, con su eje perpendicular al del vaso.

Punteado intervascular: Punteaduras o pequeñas perforaciones de las paredes entre los vasos. Por su disposición en las paredes de los vasos, éstas se clasifican en: escalariformes, opuestas y alternas.

Punteadura ornada: Punteadura areolada con su cavidad entera o parcialmente tapizada de proyecciones de la pared terciaria.

Punteado simple: Interrupción sencilla de la pared secundaria que desemboca al lumen celular y que no forma concavidad.

R

Radio agregado: Grupo de radios leñosos los cuales dan la impresión de ser un radio muy ancho.

Radio fusionado: Grupo de radios leñosos pequeños y angostos, los cuales dan la impresión de ser un solo radio muy largo .

Radio Homocelular: Formado por un solo tipo de célula.

Radio Heterocelular: Formado por mas de un tipo de células.

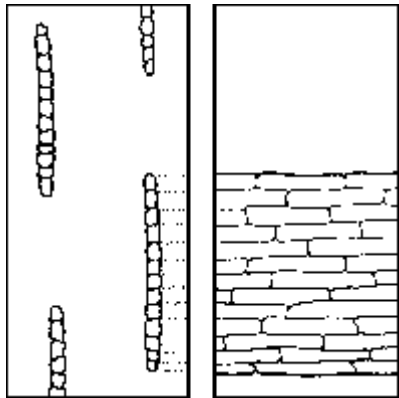
Radio leñoso: Agregado de células formado por el cambio y que se extienden radialmente a través de la madera.

Radio Multiseriado: Cuando los radios están constituidos por mas de una célula de ancho (vistos en sección tangencial).

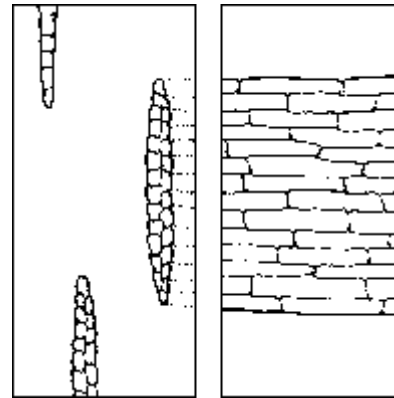
Radio Uniseriado: Cuando los radios están constituidos por solo una célula de ancho (vistos en sección tangencial).

Las definiciones arriba mencionadas para los radios se aplican a los radios individualmente. En las maderas se encuentran combinaciones o la existencia de ambos tipos en la mayoría de los casos.

Radios Homocelulares

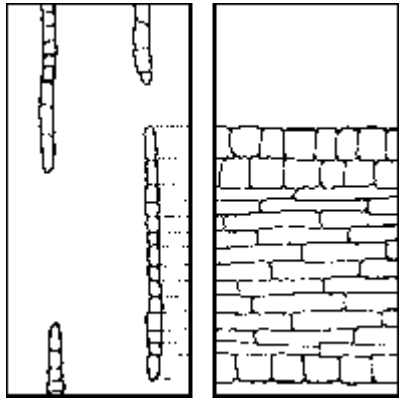


Uniseriados

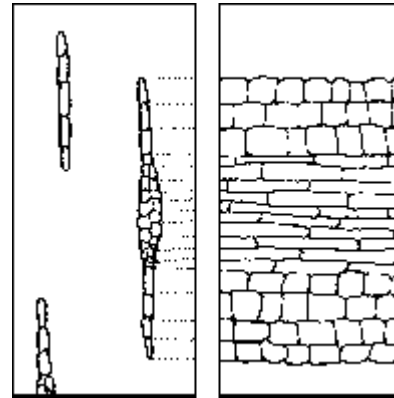


Multiseriados

Radios Heterocelulares



Uniseriados



Multiseriados

T

Thyllos (Tílide): Excrescencia proveniente de una célula parenquimática que se introduce a través de la cavidad de una punteadura de la pared de un elemento de vaso, obstruyendo parcial o totalmente el interior de éste.

Traqueida: Elemento conductor imperforado de las maderas no porosas (coníferas) y que además cumple la función mecánica de sostén. Es un elemento imperforado de relativamente grandes dimensiones que se caracteriza por la presencia de punteaduras areoladas en sus paredes. Desde el punto de vista fisiológico las traqueidas son los elementos encargados de movilizar el agua y los nutrientes del suelo a las partes verdes de la planta.

Traqueida radial: Son los elementos encargados de la conducción en el sentido horizontal. Se caracterizan al igual que las traqueidas por la presencia de punteaduras areoladas y se encuentran localizadas en los márgenes de los radios leñosos. Las paredes marginales de las traqueidas radiales son a menudo onduladas. Estos elementos son de gran importancia en la identificación de las *Pinaceae*.

V

Vasos: Se definen como una serie axial de células que se han unido para formar un tubo articulado de largo indeterminado.

7. RELAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA ANATÔMICA DA MADEIRA E SUAS PROPRIEDADES E COMPORTAMENTO TECNOLÓGICO.

Durante a Segunda Guerra Mundial, já se destacava o uso da madeira com elevada tecnologia, destacando-se a indústria aeronáutica, na produção em larga escala da aeronave de ataque inglesa "De Havilland 98", o "Mosquito", que possuía estrutura inteiramente confeccionada em madeira. Notadamente, após a Segunda Guerra, o emprego da madeira foi ampliado e diversificado como em nenhuma outra época (ALBUQUERQUE, 1999). Surgiram, então, novas indústrias e novos produtos fundamentados no desenvolvimento tecnológico, com a automação das máquinas, sofisticados sistemas de programação automáticos, máquinas modulares, e linhas completas de máquinas automáticas de produção contínua (ALBUQUERQUE, 1995). Todavia, para a atual e futura evolução, tornou-se fundamental um conhecimento científico mais profundo da madeira. Desenrolaram-se inúmeras pesquisas e trabalhos científicos, e as áreas de estrutura a base de madeira, ultraestrutura celular, estrutura molecular dos constituintes químicos da parede celular, tem constantemente revitalizado o meio científico como, também, a indústria madeireira, permitindo um horizonte de novos e diversificados produtos originados da madeira. Tais produtos possuem alta qualidade, usos mais específicos e custos mais competitivos.

A ciência básica e tecnológica continuam em evolução, pois a base científica constitui uma fundamental ferramenta de consolidação do desenvolvimento industrial madeireiro. A perspectiva futura apresenta um amplo horizonte, em decorrência do emprego de novas espécies, assim como árvores desenvolvidas por engenharia genética, como já acontece nas principais indústrias do setor de papel e celulose. Segundo SJÖSTRÖM (1981), até então, eram conhecidas 520 espécies de coníferas e 30.000 espécies de folhosas, com cerca de 1200 espécies ocorrendo na América do Norte, enquanto que a maioria delas se encontra em habitats tropicais. Diante deste último dado, o Brasil se coloca numa situação privilegiada, já que a Amazônia, junto com a Mata Atlântica, possuem a maior diversidade florestal do planeta, provavelmente, algumas espécies tecnológica e botanicamente ainda desconhecidas, enquanto que na Europa, ocorrem, naturalmente, apenas 10 espécies de coníferas e 51 espécies de folhosas (SJÖSTRÖM, 1981).

A madeira é um material heterogêneo, e sua diversidade anatômica e química é refletida em várias propriedades físicas, tais como: permeabilidade; comportamento quanto à capilaridade; condutividade térmica; e difusão da água de impregnação (SIAU, 1984).

A natureza lenhosa adquirida pelas plantas vasculares é considerada como uma organização arquitetônica bem estabelecida (TSOUMIS, 1991).

As células do xilema, podem ser classificadas como células do prosênquima e células do parênquima. Dependendo de suas funções, são classificadas como células condutoras, de sustentação, de armazenagem e de transformação. As do xilema contêm cavidades denominadas de pontuações (SJÖSTRÖM, 1981). As células parenquimatosas são elementos de estocagem de nutrientes, e devem permanecer vivas por um período de tempo maior do que as prosenquimatosas, as quais perdem seu protoplasma no mesmo período em que são formadas (KOLLMANN; CÔTÉ, 1984). Considerando os diversos tipos de células do xilema, estas podem desempenhar diversas funções (Quadro 1), tais como: sustentação, condução, armazenagem e secreção (KLOCK; MUÑIZ, 1998).

A madeira é, também, um material anisotrópico, com propriedades distintas nos seus três eixos ortotrópicos. Tais diferenças, assim como outras propriedades físicas da madeira, são resultado direto da estrutura da parede celular, da orientação celular, do tipo de células presentes, sua distribuição, disposição e as relativas proporções na qual estas estão presentes. Em decorrência da anisotropia, a resistência da madeira quanto à tensão ao longo da grã, é várias vezes superior à do sentido transversal. Além disso, alterações dimensionais decorrentes da adição ou remoção da água na madeira corresponde a faixa de 10 a 15% no sentido radial, enquanto que no sentido longitudinal é de apenas 0,1%. Outrossim, a permeabilidade da madeira ao fluxo de líquidos é superior no sentido longitudinal em relação ao transversal (THOMAS, 1991).

Segundo KOLLMANN et al. (1975), as propriedades da madeira possuem um nítido efeito nas ligas adesivas e, geralmente, as madeiras de folhosas apresentam mais dificuldades do que as coníferas. As propriedades anatômicas da madeira possuem uma significativa influência na colagem de madeiras, a exemplo da varia-

bilidade na densidade e porosidade que ocorre em: lenhos inicial e tardio, cerne e alborno, e lenho juvenil e adulto. Outrossim, destaca-se a influência da instabilidade dimensional do lenho de reação, assim como o da direção da grã, em que a penetrabilidade se relaciona com a direção de corte (IWAKIRI, 1998). Considerando as propriedades anatômicas da madeira, a relevância está voltada aos seus efeitos no movimento do adesivo para o interior da estrutura da madeira, ou seja, relativo à penetração (MARRA, 1992).

Um das diferenças entre espécies resulta do padrão de crescimento de cada árvore.

Durante a estação de crescimento, formam-se diferentes tipos e tamanhos de células, isto dependendo da demanda geneticamente conduzida, que sofre alterações ao longo do tempo. Então, são formados anéis de crescimento onde grandes células são formadas no lenho inicial, e células robustas no lenho tardio. Os anéis resultantes devem ser largos ou estreitos, além de possuir diferentes proporções entre lenho tardio e inicial, dependendo das condições de crescimento, tais como: água; temperatura; nutrientes; idade; moléstias; insetos; sol; vento; competição. As árvores desenvolvem anéis de Células epiteliais são células do parênquima axial especializadas na produção de resina, que delimitam os canais resiníferos, formando um epitélio. São mais curtas e hexagonais, contêm um núcleo grande e denso citoplasma enquanto vivas, em comparação com as células do parênquima axial normal (BURGER e RICHTER, 1991)

Algumas árvores, apresentam um crescimento uniforme durante toda a estação de crescimento e, portanto, produzem anéis menos distintos (MARRA, 1992). Uma característica a ser considerada em madeiras de folhosas é o perfil dos anéis de crescimento, que consiste em: porosidade em anel, difusa, e semidifusa; transição abrupta ou gradual, entre lenho inicial e tardio de coníferas. Todavia, mais importante que o perfil organizacional, é a proporção de lenho inicial e tardio. Em folhosas, o lenho formado por último, numa estação do ano, normalmente apresenta maior número de fibras do que no lenho formado inicialmente, e desta forma, uma maior quantidade de lenho tardio é formado, proporcionando um material lenhoso de maior densidade. Em madeiras de coníferas, onde o lenho é quase que totalmente formado por traqueóides (proporção de até 95%), as de lenho tardio possuem paredes celulares mais espessas, ocasionando uma maior densidade nesta parte do anel de crescimento (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

Outro grande fator de variabilidade entre diversos tipos de madeira, causador de muitos problemas de colagem, é relativo à idade e condições de crescimento das árvores. Com a idade, ocorrem mudanças químicas na madeira. Enquanto estes aparecem, primeiramente como mudanças físicas, eles também alteram a porosidade aparente da madeira, afetando a mobilidade de adesivos (MARRA, 1992). A formação do cerne, ainda sem uma explicação concisa, mostra que células da região do alborno, são lentamente preenchidas com materiais como óleos, graxas e substâncias fenólicas, decorrem provavelmente de processos metabólicos (bioquímicos) ainda remanescente nas células dos raios na região periférica compreendida entre o cerne e o alborno. Tais materiais alteram a cor da madeira, sua permeabilidade, sua higroscopicidade, seu equilíbrio no conteúdo de umidade, sua contração e inchamento, sua durabilidade, sua densidade (em algumas espécies). Além disso, outro fato de destacada importância é que, certas madeiras de folhosas, durante a formação do cerne, ocorre a oclusão de vasos por tiloses. A tilose provoca, então, o entupimento dos poros e, conseqüentemente, reduz de forma significativa a permeabilidade da madeira com relação aos fluidos (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

A proporção de cerne e alborno é uma característica de cada espécie, idade, sítio, solo e clima, além de outros fatores. O cerne, em relação ao alborno, é menos permeável, possuindo maiores dificuldades na secagem e na absorção de produtos preservativos (BURGER & RICHTER, 1991). De modo geral, a variabilidade entre cerne e alborno se relaciona com a densidade e a porosidade (IWAKIRI, 1998).

Idade da árvore

De forma aproximadamente semelhante aos seres humanos, as árvores possuem mais ou menos estágios distintos em seus ciclos de vida, o que equivale às fases da infância, idade adulta e senilidade (MARRA, 1992). O lenho juvenil possui anéis de crescimento largos, mas a madeira produzida possui a tendência de possuir inferior qualidade, pois é mais fraca, possuindo contração e inchamento mais elevados ao longo da grã. É relativamente fácil para processar a colagem, devido a sua baixa densidade e estrutura porosa, porém a baixa resistência e instabilidade. Por outro lado, árvores velhas tendem a um lento crescimento, com produção de estreitos anéis, além de apresentarem uma percentagem de cerne mais elevada, com quantidade de alborno mais reduzida (MARRA, 1992).

No processo de laminação, por sua vez, as toras com lenho juvenil geralmente não cortam bem. As espécies do gênero **Pinus**, em especial, possuem largas faixas de lenho inicial ou primaveril, e estreitas faixas de lenho tardio, o que provoca uma tendência para a ocorrência de trepidações na face dos tornos desenroladores, resultando num produto de superfícies ásperas, com variação na espessura e defeitos na secagem. Por conseguinte, grandes quantidades de cola tornam-se necessárias, elevando custos e a variação na espessura do painel produzido (SENF, 1986).

Lenho de reação

O lenho de reação, que compreende o lenho de compressão nas madeiras de coníferas, e o lenho de tração nas madeiras de folhosas, apresenta anormalidades em suas características. Esse tipo de lenho apresenta contração e inchamento em níveis altos ao longo da grã, além da anormal alta de densidade e baixa resistência. A elevada instabilidade, de forma não comum, ao longo da grã, causa excessivos empenamentos e, se reprimidos, ocasionam fraturas transversais às fibras. Enquanto madeiras deste tipo, particularmente, não são de difícil colagem, sua instabilidade é uma fonte de tensões nos produtos colados e, portanto, produz efeitos adversos na sua estabilidade (MARRA, 1992).

A madeira de compressão, parece apresentar seus anéis compostos, na maior parte, de lenho tardio, com uma gradual transição para o lenho inicial, em vez da característica transição abrupta das coníferas. Outrossim, este tipo de lenho pode ocasionar problemas na indústria de celulose, devido ao seu baixo teor de celulose, maior teor de lignina com maior complexidade estrutural (ABREU et al., 1999).

Além disso, se caracteriza por possuir densidade e contração longitudinal mais elevados, contudo, apresenta resistência mecânica reduzida em relação à madeira normal (TSOUMIS, 1991).

A madeira de tração, também possui anéis largos e superfície tangencial áspera, e tal aspereza não é eliminada por processos de lixamento (MARRA, 1992). Além disso, este lenho se caracteriza, anatomicamente, pela falta de lignificação na parede celular e, freqüentemente, pela presença de uma camada gelatinosa no interior das fibras (BENDTSEN, 1978; KOLLMANN & CÔTÉ, 1984). Como conseqüência, destaca-se a elevada instabilidade dimensional, principalmente no sentido axial, baixa resistência à compressão e flexão, além das superfícies permanecerem ásperas, com dificuldades para a trabalhabilidade e colagem (BENDTSEN, 1978).

Entretanto, segundo TSOUMIS (1991), a resistência mecânica da madeira de tração pode ser mais elevada, equivalente, ou inferior, em comparação com a madeira normal, dependendo do tipo de carga efetuado. A madeira de tração também dificulta a colocação de pregos, e nos processos de serragem, as serras ficam comprimidas e superaquecidas, com as superfícies serradas longitudinalmente encrespadas e lanosas, de modo que um acabamento superficial adequado pode se tornar inviável (TSOUMIS, 1991).

De modo geral, segundo BURGER & RICHTER (1991), o lenho de reação ocasiona as seguintes conseqüências para a qualidade e utilização da madeira:

- comportamento desigual;
- instabilidade dimensional elevada;
- madeira quebradiça;
- baixas qualidades de trabalhabilidade;
- são propensas à empenamentos quando em processos de secagem;
- maior resistência à compressão axial e perpendicular.

Lenho de tração

Difícil trabalhabilidade, em decorrência da presença de superfícies ásperas; Instabilidade dimensional, com tendência ao aparecimento de colapso; Surgimento de compensados empenados, corrugados e rachados; Elevada resistência à tração, e baixa resistência à compressão e flexão.

Grã

O plano da maioria das superfícies de peças de madeira a serem coladas, não possuem a condição de perfeitamente radiais ou tangenciais em relação a tora originária dessas peças, e sim, apresentam-se sob ângulos de corte intermediários. As diferenças nas propriedades de colagem, nestes casos, são mínimas, exceto quando as superfícies apresentam extensões diferentes de lenho tardio. Lâminas de madeira, produzidas a partir de tornos desfolhadores, podem apresentar superfícies com o máximo de lenho tardio, em

virtude da face cortar ao longo do anel na zona do lenho tardio, ocasionando as duas superfícies da lâmina com lenho tardio em

bandas largas. Todavia, o ângulo relativo à real direção das fibras da madeira é mais importante, e possui forte influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. O movimento da umidade, a estabilidade dimensional, a resistência, e propriedades relativas ao acabamento de superfícies, são relacionadas diretamente com o ângulo da grã (MARRA, 1992).

Os efeitos da grã na formação adesiva envolvem, principalmente, a porosidade, que ocorre em diferentes planos de corte.

Grã cruzada ou superfície de topo, pelas suas demasiadas porosidades, provocam excessiva penetração, ocasionando a linha de cola

“faminta”, significando a não ocorrência da formação da linha de cola na liga adesiva. Em compensados, pode haver uma ultrapassagem de cola, atingindo até a outra face da lâmina, prejudicando a aparência do produto (BURGER & RICHTER, 1991; MARRA, 1992).

De outra forma, em madeiras de estrutura muito fechada e superfícies lisas, a penetração do adesivo estará comprometida, reduzindo a área de colagem, acarretando, portanto, um linha de cola fraca (BURGER & RICHTER, 1991).

Superfícies de topo não devem ser coladas diretamente, pelas seguintes razões (MARRA, 1992):

a) Por ser porosa demais, ocasiona excessiva penetração e a formação da linha de cola “faminta”, o que significa que há dificuldades na formação da linha de cola da liga adesiva; b) Os elos de conexão do substrato são fortes demais em seus aspectos. Eles carregam altos esforços ao longo da grã de uma estrutura, e estes esforços são, normalmente, mais elevados do que uma ligação adesiva pode suportar. Além disso, parte do esforço está na condição de tração, o que representa a direção mais fraca as ligações adesivas. Quando a madeira deve ser colada em sua superfície de topo, são efetuadas configurações de juntas especiais, a fim de atenuar o efeito da porosidade, aumentar a área de ligação no sentido tangencial, e converter esforços de tração para cisalhamento, onde a resistência é maior (MARRA, 1992).

Para a formação de ligações fortes, a madeira de grã ligeiramente inclinada se mostra mais adequada em relação a grã reta ou direita (IWAKIRI, 1998). Tal situação, é explicada pelo fato de que os adesivos de madeira possuem uma composição que combina com a porosidade, ou seja, eles não possuem mobilidade suficiente para penetrar através da parede celular. Para uma ligação forte, o adesivo deve alcançar a camada de madeira intacta abaixo da superfície, o que ocorre através da penetração pelo lúmen celular ou pontuação, ou fenda na parede celular (MARRA, 1992).

Madeira com grã diagonal não possui relação na formação da ligação adesiva, mas ocorrem comportamentos indesejáveis no produto colado. Este tipo de madeira, projeta um componente de instabilidade na direção que supostamente deveria ser estável, além de uma fraqueza na direção que supõe-se forte. Além disso, a madeira é fraca no sentido transversal (MARRA, 1992). Portanto, a madeira apresenta alterações dimensionais difusas mais elevadas, em função das tensões irregulares, o que compromete a performance do produto colado (IWAKIRI, 1998).

Porosidade Porosidade Porosidade Porosidade Porosidade

A porosidade se relaciona com a densidade, que influenciam na penetração dos adesivos na madeira (IWAKIRI, 1998).

A porosidade pode ser considerada como o inverso da densidade, do ponto de vista da liga adesiva, desde que esta se relacione com as aberturas da madeira relativas a passagem de líquidos ou gases (MARRA, 1992). O termo, que para os anatomistas se refere a elementos de vaso, neste caso, está vinculado ao grau de fluxo de líquidos. O inverso natural da porosidade é baseado no fato de que o tecido lenhoso, produzido principalmente para resistência, possui uma densidade mais elevada e, portanto, apresenta paredes celulares mais espessas, lúmens reduzidos, e pontuações reduzidas. Essas características, tendem a limitar a mobilidade do adesivo na estrutura lenhosa. Quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasiona uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca (MARRA, 1992).

A permeabilidade da madeira é uma característica relevante, principalmente em relação à secagem, preservação e fabricação de polpa e papel. De modo geral, madeira densas são mais difíceis de secar e impregnar com soluções preservativas, por possuírem volume de espaços vazios mais reduzido (BURGER & RICHTER, 1991).

A madeira densa é menos permeável, o que sugere composições diferentes de adesivos para madeiras densas, em relação às madeiras porosas, objetivando, em princípio, uma penetração ideal de adesivos em cada tipo de madeira (MARRA, 1992).

Outrossim, particularmente nas angiospermas, a presença ou não de substâncias obstrutoras, como gomo-resinas, tilos, etc., possuem uma importância significativa no grau de permeabilidade da madeira (BURGER & RICHTER, 1991).

Pode-se observar que, um adesivo parece precisar de propriedades mutuamente exclusivas, a fim de funcionar em madeiras como red oak (**Quercus rubra**) e Southern pine (**Pinus** sp.), onde a porosidade e densidades máximas ocorrem dentro de um espaço milimétrico, em superfícies da mesma peça de madeira. Tais diferenças, são responsáveis por muito da variabilidade na qualidade da ligação nestas espécies. Já que o usuário do adesivo, tem muito pouco controle sobre a variabilidade anatômica da madeira que está sendo colada, fica por conta do tecnologista de adesivos a

Mesmo dois pedaços de madeira de uma mesma espécie não são absolutamente iguais, desta forma temos grandes limitações para seu uso geral, esta diferença se deve-se a vários fatores. Este assunto é muito importante e complexo e deve ter um aprofundamento amplo para que possamos entender esse assunto, portanto, brevemente abordaremos algumas das principais propriedades tecnológicas e utilizações da madeira em relação à sua estrutura anatomia.

MASSA ESPECÍFICA E RESISTÊNCIA MECÂNICA: A massa específica e a característica tecnológica mais importante da madeira pois dela depende outras propriedades. A massa específica varia entre 0,13 e 1,4 g/cm³. As fibras libriformes e fibrotraqueóides são os elementos mais importantes no que diz respeito à resistência do lenho das dicotiledôneas. Os vasos e o parênquima axial são estruturas fracas, por outro lado os raios (parênquima axial) tem uma relação mais complexa pelo fato de que o lenho contém grande volume de fibras com paredes espessas e também um grande volume de raios. Na gimnospermas o lenho tardio é geralmente mais resistente, devido ao maior volume de material lenhoso nas paredes de suas células, além disso a Grã da madeira também interfere na sua resistência a esforços mecânicos.

O conhecimento do lenho precede uma análise tecnológica de alta qualidade

A massa específica, que reflete a composição química e o volume de matéria lenhosa por peso, é talvez a característica tecnológica mais importante da madeira, pois dela dependem estreitamente outras propriedades, tais como a resistência mecânica, o grau de instabilidade dimensional pela perda ou absorção de água etc.

A massa específica da matéria lenhosa, denominada massa específica real, oscila entre 1,40 e 1,62 g/cm³. Entretanto, devido à variação nas dimensões e proporções dos diversos tecidos lenhosos, a massa específica das madeiras varia entre 0,13 e 1,4 g/cm³. O grau de resistência mecânica que se pode deduzir da massa específica é, no entanto, altamente modificado pela estrutura histológica, que se manifesta no comprimento das células, espessura das paredes, quantidade de pontuações nas paredes etc.

As fibras libriformes e fibrotraqueíde são os elementos mais importantes no que diz respeito à resistência mecânica do lenho das dicotiledôneas. A estreita correlação entre volume das fibras, massa específica e resistência mecânica é um fato experimentalmente comprovado.

Os vasos, devido à sua grande dimensão e às paredes delgadas, são estruturas fracas, e sua abundância, dimensão e distribuição influem na resistência mecânica da madeira.

O parênquima axial também é um tecido fraco, cuja abundância (23 – 100% do volume total do lenho em dicotiledôneas) e distribuição, principalmente quando se apresenta formando amplas faixas contínuas, podem reduzir consideravelmente a resistência mecânica da madeira. A relação entre os raios (parênquima radial) e a resistência mecânica do lenho é mais complexa pelo fato de que os lenhos com maior volume deste tecido são muito especializados e contêm um grande volume de fibras com paredes espessas, o que lhes confere elevada massa específica. Entretanto, se duas espécies apresentam a mesma massa específica, mas volumes distintos de parênquima radial, o lenho com maior quantidade deste tecido será o mais fraco. A fragilidade do tecido parenquimático dos raios é bem ilustrada pelas freqüentes rachaduras radiais que surgem no tronco como resultado das tensões internas de secagem.

Nas gimnospermas, o lenho tardio é geralmente mais resistente, devido ao maior volume de material lenhoso nas paredes das células. A massa específica e a resistência mecânica são afetadas pela percentagem de lenho tardio no anel pela regularidade na largura dos anéis de crescimento.

A faixa ideal de massa específica para a produção de papel situa-se entre 0,4 e 0,6 g/cm³. (Burger & Richter, 1991)

Durabilidade natural - Por durabilidade natural ou resistência natural entende-se o grau de suscetibilidade da madeira ao ataque de agentes destruidores, como fungos, insetos, brocas marinhas etc., e a ação de intempéries.

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

Observa-se que, em geral, as madeiras de alta massa específica, por apresentarem uma estrutura mais fechada e freqüentemente elevado teor de substâncias especiais impregnando as paredes de suas células, são mais resistentes à ação destes agentes. A presença desses materiais como sílica, alcalóides, taninos etc., normalmente ocorrentes no cerne dos troncos, aumenta a durabilidade natural da madeira, devido ao efeito tóxico que em geral apresentam sobre os agentes xilófagos (do grego xylo = madeira/ fagos = comer). À sílica atribui-se a acentuada durabilidade natural de certas madeiras utilizadas em contato com a água do mar, uso considerado como o que apresenta condições mais drásticas e severas.

Na análise do lenho pode-se verificar substâncias especiais que produz na madeira uma coloração acentuada, e é por isso que madeiras escuras são em geral mais duráveis, fenômeno também observado no cerne, que é a parte mais escura do tronco.

Observa-se também que o lenho com grande abundância de tecido parenquimatoso (raios e parênquima axial) proporciona baixa durabilidade natural à madeira, uma vez que se trata de tecido mole e de fácil penetração, e sobretudo por atrair os agentes destruidores em virtude dos conteúdos nutritivos armazenados em suas células (amido, açúcares, proteínas, etc.)

Combustibilidade

A combustibilidade é determinada primeiramente pela massa específica e o teor de umidade. Madeiras de alta massa específica queimam melhor, uma vez que apresentam maior quantidade de matéria lenhosa por volume. A combustão e o poder calorífico são altamente influenciados pelo teor de lignina e pela presença de materiais extrativos inflamáveis, como óleos, resinas, ceras etc., que os aumentam consideravelmente, afetando igualmente a forma como queima a madeira. Estes fatores justificam as excelentes qualidades dos nós-de-pinheiro do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. – Araucariaceae) como material combustível. A presença de substâncias extrativas é também responsável pelo odor exalado pela madeira durante a combustão, como por exemplo a do cerne de pau-santo (*Bulnesia sarmienti* Lorentz-Zygophyllaceae), que contém muita gomo-resina e é utilizado como incenso (Burger & Richter, 1991).

A medida que os avanços tecnológicos ocorrem, mais diversos e sofisticados são os usos encontrados para a madeira. Mesmo com a atual disponibilidade de numerosos materiais sintéticos, tem sido difícil manter um alto padrão de conforto sem a presença da madeira. Outros tipos de materiais, tais como metais, plásticos, cimento, etc., apresentam problemas de disponibilidade de matéria prima, alta necessidade de insumos energéticos para sua obtenção, além de problemas de contaminação ambiental criados no processo produtivo. O futuro de materiais baseados na madeira (xilema secundário ou lenho), no entanto, não está ligado aos problemas dos materiais industriais competitivos, mas sim nas vantagens inerentes à amadeira, tais como:

- a natureza renovável das florestas. Esta característica assegura que, com a adequada tecnologia, a indústria de base florestal terá assegurada uma fonte inesgotável de matéria prima;
- a possibilidade de utilização de parte do material florestal obtido ser utilizado como fonte de energia. As indústrias de base florestal têm o potencial para se tornarem energeticamente auto-suficientes;
- a versatilidade da madeira como material. Pode ser serrada, laminada, cortada em partículas ou desfeita em fibras. Da mesma forma, as oportunidades tecnológicas para servir ao homem são inúmeras.

É evidente que uma análise das características físicas e anatômicas da madeira é essencial para que haja uma melhor utilização da mesma (MONTANA, 1997)

DURABILIDADE NATURAL: Resistência natural ou durabilidade é o grau de suscetibilidade da madeira ao ataque de agentes destruidores , como fungos , brocas marinhas etc. , e à ação de intempéries . Geralmente as madeiras mais duras (alta massa específica) apresentam as estruturas mais fechadas e as células são mais resistentes à ação dos agentes destruidores . As sílicas , alcalóides e taninos também ajudam para a conservação da madeira , devido a o efeito tóxico que apresentam sobre os agentes xilófagos. Os tecidos parenquematicos possuem baixa resistência , pois são tecidos moles e de reserva de substancias nutritivas .

PERMEABILIDADE: Esta e uma característica muito importante pois a secagem , preservação da madeira a fabricação de papel e diretamente ligada a permeabilidade. Geralmente as madeira mais duras são mais difíceis de secarem e de serem impregnadas porque possuem menos espaços vazios para a circulação de flui-

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

dos. Os vasos nas angiospermas, os traqueóides axiais e transversais nas gimnospermas, e os raios em ambas, exercem uma função importante pois fazem a condução do lenho e na eliminação e penetração de líquidos na madeira.

O lenho inicial de espécies com porosidade em anel e muito mais permeável que o lenho tardio, desta mesma forma o parênquima axial e mais permeável que as fibras, analogamente a permeabilidade e muito maior no sentido axial do que no sentido transversal.

TRABALHABILIDADE: O grau de facilidade de se trabalhar a madeira é denominado trabalhabilidade, portanto a grã da madeira poderá nos fornecer uma idéia da facilidade de se conseguir um bom acabamento, onde as madeiras com grã reta provavelmente apresentaram uma dificuldade menor de trabalhabilidade de que as madeiras de grã irregulares. As madeiras excessivamente moles são difíceis de nos proporcionar uma superfície lisa por outro lado as madeiras muito duras são difíceis de trabalhar pois desgastam as ferramentas.

Algumas espécies apresentam canais celulares e intercelulares, células oleíferas etc. que poderão aderirem nas serras prejudicando o trabalho de desdobro além de serem prejudiciais à saúde. Existem espécies que apresentam sílicas nas células, e que apresentam um elevado grau de dureza, tornando assim inviável seu aproveitamento econômico.

INSTABILIDADE DIMENSIONAL: A madeira possui uma facilidade muito grande de perder e absorver água desta forma seu tamanho também varia facilmente, isto se deve à entrada e saída de água entre as moléculas de celulose da parede celular, desta forma madeiras que apresentam abundância de células de parede espessas possuirão esse fenômeno com maior frequência. Podemos calcular a variação de dimensões de madeiras quando postas para a secagem. Se a madeira apresentar desvio de grã ela fugirá aos padrões normais de comportamento de secagem, além de apresentar deformações.

COMPORTAMENTO EM FACE DA COLAGEM E APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS: É de suma importância o conhecimento da textura da madeira pois a madeira com baixa textura dificulta a pintura e a colagem, pois esta absorve rapidamente esses materiais proporcionando uma má colagem ou revestimento, por outro lado as madeiras com alta textura dificulta a entrada desse material, dessa forma a área de colagem é mínima. Outros problemas podem ocorrer, como presença de substâncias especiais como canais secretores e células oleíferas, que impedem a aderência de substâncias na superfície da madeira.

APARÊNCIA DECORATIVA: Cada espécie de madeira possui seu desenho específico. Existem madeiras muito valorizadas por seu desenho característico.

DEFEITOS DA MADEIRA: Os defeitos da madeira são as principais causas de desvalorização econômica da madeira.

DEFEITOS NA FORMA DO TRONCO TORTUOSIDADE: Este defeito dificulta o total aproveitamento da tora, além de apresentar grã irregular e madeira de difícil acabamento e deformações na secagem, essa tortuosidade se deve à hereditariedade, condições de crescimento, inclinação do terreno, ação de ventos fortes e fototropismo etc.

BIFURCAÇÃO OU AFORQUILHAMENTO: Esse problema influencia diretamente no aproveitamento econômico da tora, além disso as árvores que possuem este problema são suscetíveis à apodrecimento. Por outro lado esse defeito pode proporcionar belíssimos desenhos.

CONICIDADE ACENTUADA: Também esse defeito atinge o aspecto econômico, devido à conicidade da tora, interferindo no aproveitamento total desta, além do que a grã se encontra oblíqua. Isto se deve a vários fatores como: idade da planta, influências externas, copa de grandes dimensões.

Existem várias teorias que explicam a forma do tronco: teoria nutricional; teoria da condução da água; teoria mecânica; teoria hormonal

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

SAPOEMAS ,CONTRAFORTES OU RAÍZES TABULARES: São raízes achatadas que ocorrem na periferia do tronco em certas espécies , as vezes essa deformações atingem grande parte da árvore. A presença desta prejudica a derrubada o transporte e o desdobro da tora , isto se deve a certos fatores mecânicos e hereditários .

SULCOS: São cavidades irregulares e profundas no tronco que inviabiliza a conversão da tora em madeira serrada. Em virtude disso esses troncos são usado inteiros , pois possuem um bom aspecto decorativo.

DEFEITOS NA ESTRUTURA ANATÔMICA DA MADEIRA

LARGURA IRREGULAR DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO: A árvore que apresentar esse problema produzira madeira de baixa resistência a esforços mecânicos , as causa desse defeito são: tratos silviculturais , condições de crescimento , esse problema pode ser corrigido com tratos silviculturais coreto.

CRESCIMENTO EXCÊNTRICO: Fundamenta-se pelo deslocamento da medula do centro do tronco, e pêlos anéis de crescimento apresentarem largura irregular. Isso pode ser provocado pelo vento , ação da gravidade .

LENHO DE REAÇÃO: E a madeira que deriva de árvores que sofreram grande esforço externo , devido a um estímulo assimétrico. Este tipo de madeira e comum em árvores que aposentam troncos curvos.

LENHO DE COMPRESSÃO: Caracteriza-se pôr possuir paredes mais espessas que o normal , possuem normalmente madeira sem brilho e cor mais forte. Os traqueóides do lenho de compressão tem um contorno arredondado , espaços intercelulares e rachaduras obliquas em suas paredes , isso afeta sua resistência mecânica. Sua utilização e difícil , pois a madeira foge muito do que se fosse normal.

LENHO DE TRAÇÃO: Este e associado ao crescimento excêntrico , apresenta uma cor mais clara que o lenho normal e apresenta fibras gelatinosas. Conseqüência do lenho de tração: difícil trabalhabilidade; grande instabilidade; elevada resistência; surgimento de compensados empenados

NÓS: É a base de um ramo inserida no tronco , que desvia o crescimento dos tecidos , este pode ser vivo , morto ou solto. Estes quando mortos sofrem transformações que lhe proporcionara uma certa dureza , prejudicando assim o futuro desdobro da tora ,além desses tipos de nós ,existem nó inclusos que se encontra no interior do lenho. O crescimento irregular dos tecidos em volta do nó e até mesmo o nó desvalorizam a madeira , além de prejudica as ferramentas , mas em alguns casos estas deformações podem valorizá-la.

TECIDOS DE CICATRIZAÇÃO: Quando ocorre um ferimento na árvore ela se encarrega de regenerar-se , mas quando ocorre isto geralmente neste lugar surge canais resiníferos traumáticos e um desvio na camada de crescimento , o que provoca uma heterogeneidade na madeira , afetando assim suas propriedades que possa desvalorizá-la economicamente . Além disso no processo de cicatrização a casca pode se misturar com a madeira ,e favorecer a entrada de seres nocivos a planta.

DEFEITOS CAUSADOS POR ESFORÇOS MECÂNICO - RACHADURAS: São rachaduras que podem ocorrer na madeira causadas pôr fatores diversos como injúrias mecânicas , condições climática etc. e que acontecem em regiões mais fracas da árvore. Após o corte essas rachaduras podem aparecer , isso se deve a tensões internas durante o crescimento. Essas rachaduras podem ser de dois tipos : rachaduras radiais e bolsas de resina e falha de compressão. Esses problemas prejudicam o aproveitamento da tora , pois há um grande desperdício de madeira nas que apresentam rachadura.

DEFEITOS CAUSADOS POR AGENTES BIÓTAS E CLIMÁTICOS:

ALTERAÇÕES DA COR: A alteração da cor pode ser prejudicial ou benéfico, pois algumas madeiras perdem seu valor comercial com a alteração da cor enquanto outras ficam com um aspecto decorativo excelente. Este fato se deve a possíveis fermentos ou altas temperaturas, mas fungos e bactérias também causam manchas.

APODRECIMENTO E PERFURAÇÕES: A madeira apodrece em virtude do ataque de fungos, este fato trás grande prejuízo econômicos e ambientais, pois cada vez que madeiras apodrecem e substituída por outra que vem de uma árvore recém cortada. Outros defeitos de origem biota são as perfurações e galerias feitos por insetos e organismos xilófagos.

PREJUÍZOS CAUSADOS PELA PRESENÇA DE SUBSTÂNCIAS ESPECIAIS: Geralmente o manuseio de madeiras pode trazer alergias, irritações da pele, olho e nariz, isso se deve a certas substâncias especiais que as madeiras possuem, essas substâncias podem ser tóxicas a o homem, ou danificarem as ferramentas e equipamentos pela ação dessas substâncias como carbonato de cálcio e sílica.

1 – Defeitos de crescimento e desenvolvimento

Grã – A grã é a orientação dos elementos celulares em relação ao eixo vertical da árvore. Quando a grã é irregular, dependendo do uso que se vai destinar a madeira, isto pode constituir um defeito, prejudicando o acabamento, secagem e outras operações.

Variações na largura e no espaçamento dos anéis de crescimento – Em madeiras de coníferas, principalmente, o espaçamento e a espessura dos anéis de crescimento criam uma variação de densidade e dureza que podem caracterizar um defeito, uma vez que torna o tecido mais heterogêneo.

Crescimento excêntrico – Ocorre quando a medula é deslocada do centro do tronco. Este fenômeno causa uma forma elíptica ao fuste. Isto irá resultar em tábuas de estrutura desuniforme que conseqüentemente poderão causar resultados inesperados no processo industrial.

Lenho de reação – Árvores que sofreram um esforço causado por uma condição irregular de crescimento, como por exemplo, ter se desenvolvido em uma superfície inclinada, podem apresentar este tipo de defeito. Nas coníferas o lenho de reação geralmente situa-se na região de compressão (lenho de compressão), enquanto que nas folhosas, o lenho de reação ocorre mais na parte que é tracionada (lenho de tração).

Nós – O nó é a região do caule onde ocorre a intersecção de um ramo ou de um galho. O nó apresenta uma estrutura anatômica totalmente reforçada e inviabiliza uma boa trabalhabilidade. É muito duro, às vezes solta-se durante o acabamento e, em geral, é escuro, conferindo um aspecto desagradável a peça.

Tecido de cicatrização – Ocorre quando a árvore sofre algum ferimento, causado pela queda de uma outra árvore ou pelo ataque de insetos, por exemplo. A presença de resina geralmente ocorre geralmente após alguma injúria ocorrida na casca da árvore e que, mais tarde, é englobada com o surgimento de novas camadas de tecido originadas pelo câmbio.

2 – Defeitos na forma do tronco

Tortuosidades – Troncos tortuosos são comuns e podem ser resultado de vários fatores, como por exemplo, condições de luminosidade, folhagem assimétrica pendendo mais para em uma certa direção, cipós e até presença de alumínio no solo. Este defeito diminui o aproveitamento da tora, pois torna difícil a obtenção de tábuas longas e retas. A madeira também poderá apresentar tendência acentuada a empenamentos.

Bifurcação – Quando ocorre rente ao solo é possível aproveitar o fuste, mas dependendo da altura em que se localize pode inviabilizar o aproveitamento ou influenciar a qualidade da madeira.

Sapopemas – São raízes tabulares, cuja função é servirem de contraforte, a fim de fornecerem maior equilíbrio a árvore. As sapopemas dificultam a operação de abate e alteram a anatomia no local.

Conicidade – O tronco de algumas árvores assumem forma acentuada de cone quando a partir do 2º metro o diâmetro diminui menos de 1 cm por metro de comprimento. Diminui o aproveitamento da tora no processo de desdobro.

Tronco acanalado - É caracterizado pela presença natural de saliências ao redor do fuste, que resultam em perda significativa de aproveitamento.

Tronco fenestrado – Neste caso, o fuste apresenta profundas depressões e geralmente é utilizado inteiro como poste, não servindo para cortar em tábuas.

3 - DEFEITOS DE SECAGEM

Coletâneas de Anatomia da Madeira - prof Arlindo Costa - 2001

Rachaduras – Caracterizam-se por grandes aberturas radiais no topo de peças ou toras. As causas podem ser variadas, como por exemplo a orientação do corte da peça de madeira ou de secagem mal conduzida. As rachaduras ocorrem sempre no sentido dos raios, pois as células de raio são formadas de parênquima, que é pouco lignificado, frágil e de paredes finas. Outros motivos também podem originar rachaduras, como a tensão interna de crescimento, fenômeno relacionado diretamente à anatomia e à fisiologia da árvore, que causa perdas consideráveis em serrarias.

Fendilhamento – aberturas de pequena extensão ao longo da peça de madeira.

Empenamento – É caracterizado por uma distorção em relação ao plano da superfície de uma peça de madeira. O empenamento pode ser classificado em: Abaulamento ou encanoamento – É o encurvamento no sentido da largura da peça; **Curvatura** – Encurvamento longitudinal na peça; Curvatura lateral – Quando o encurvamento ocorre no sentido lateral das peças.

Encruamento – Decorre da secagem acelerada das camadas superficiais enquanto o interior da peça continua com teor de umidade elevado. Provoca rachaduras no interior da peça que certamente alteram o comportamento esperado.

4 – DEFEITOS DE PROCESSAMENTO INADEQUADO

Presença de medula – No processo de desdobra é possível que as peças retiradas do centro da tora contenham tecido parenquimático pertencente a medula. Isto pode favorecer o aparecimento de rachaduras na tábua, diminuindo a resistência a esforços mecânicos e favorecendo ao ataque de organismos xilófagos.

Presença de casca e alborno – Semelhante ao que ocorre com a medula, a madeira pode ser vendida contendo vestígios (e às vezes bem grandes) de casca e/ou alborno

Podem ocorrer ainda outras falhas durante o processamento da madeira que provocam fraturas, machucados, cantos esmagados e cortes mal orientados nas peças.

5 - DEFEITOS DE ALTERAÇÃO PROVOCADOS POR AGENTES FÍSICOS E BIÓTICOS

Defeitos do Weathering – Madeiras expostas à condições adversas sofrem descoloração de tecido, levantamento da grã e enfraquecimento geral da estrutura.

Apodrecimento por fungos e bactérias – O ataque destes organismos a madeira pode causar apodrecimento e alterar completamente suas características, inclusive a resistência e durabilidade, comprometendo definitivamente as peças.

Destruição por insetos – Insetos podem perfurar canais, câmaras e danificar de modo irreversível peças de madeira.