

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
Departamento de Ciências Florestais

FUNDAMENTOS DE SECAGEM
DE MADEIRAS

Ivaldo P. Jankowsky

DOCUMENTOS FLORESTAIS
Piracicaba (10): 1 –13, jun. 1990

I. INTRODUÇÃO

As árvores absorvem água e sais minerais do solo que, circulando pelos vasos, deslocam-se até as folhas, constituindo a seiva bruta. Das folhas em direção às raízes circula a seiva elaborada, constituída de água e produtos elaborados na fotossíntese. Em consequência, a madeira das árvores vivas ou recentemente derrubadas apresenta alto teor de umidade. Nessas condições, os vasos e os canais da madeira, assim como o lúmen das suas células, apresentam-se saturados de água. Da mesma forma, os espaços vazios, localizados no interior das paredes celulares, também podem encontrar-se saturados.

Quando a madeira de uma árvore recém-abatida é exposta ao meio ambiente, inicialmente evapora-se a água localizada nos vasos, nos canais e no lúmen das células, que é denominada água de capilaridade ou água livre. Permanece na madeira toda a água localizada no interior das paredes celulares que é chamada de água de adesão ou higroscópica, e a umidade correspondente a este estado é denominada ponto de saturação das fibras (PSF). O teor de umidade no PSF é de 28%, na média, para todas as madeiras.

Por outro lado, quando a madeira, previamente seca a 0% de umidade, é exposta ao meio ambiente, ela adsorve a água que está dispersa no ar em forma de vapor. A água assim absorvida corresponde à água higroscópica ou de adesão e o teor final de umidade alcançado pela madeira é denominado umidade de equilíbrio com o ambiente (UE), o qual é função da temperatura e da umidade relativa do ar.

A madeira poderá ainda apresentar, nos seus capilares, água em forma de vapor, a qual pode ser quantitativamente desprezada, devido à baixa densidade do vapor de água em relação à água higroscópica e capilar.

O teor de água da madeira influi, acentuadamente, nas suas propriedades físico-mecânicas. A resistência da madeira, de uma maneira geral, decresce com o aumento de sua umidade. É o que ocorre, por exemplo, com a resistência à compressão da madeira de peroba (*Aspidosperma peroba*), que a 0% de umidade é equivalente a 1.250 kgf/cm², decrescendo para cerca de 620 kgf/cm² a 30% de umidade. A resistência elétrica da madeira é também inversamente proporcional ao seu teor, sendo que, de 30% até 0% de umidade, a resistência aumenta cerca de 1 milhão de vezes.

A variação do teor de umidade ocasiona alterações nas dimensões da madeira. Esse fenômeno é denominado de retração e inchamento higroscópico, porque as alterações volumétricas ocorrem como consequência de variações no teor de água higroscópica.

A umidade da madeira influi ainda no seu tratamento com fluidos, curvamento, resistência ao ataque de fungos xilófagos, colagem, fabricação de compensados, aglomerados e processamento mecânico. De uma forma geral, os produtos industrializados da madeira devem ser condicionados a umidades próximas àquelas que deverão alcançar quando em uso.

2. IMPORTÂNCIA DA SECAGEM DE MADEIRAS

A madeira, proveniente de árvores recém-abatidas, apresenta alto teor de umidade, que tende a reduzir-se espontânea e lentamente à medida que as toras aguardam o desdobramento inicial. Após o desdobro, a umidade continua a diminuir com maior ou menor rapidez em função da espécie vegetal, da espécie, condições ambientais, das dimensões das peças e do empilhamento utilizado. Entretanto, o processamento final só deve ser efetuado quando a umidade atingir níveis inferiores a 30%.

Inicialmente deve-se salientar que a perda de água reduz o peso da madeira, diminuindo o custo do seu transporte, mas independente deste fator econômico, a transformação racional da madeira bruta em produtos e bens de consumo requer a sua secagem prévia pelas razões seguintes, conforme destacado por PONCE & WATAI (1985).

- redução da movimentação dimensional a limites aceitáveis. Como consequência, as peças, de madeira podem ser produzidas com maior precisão de dimensões, proporcionando melhor desempenho em serviço;
- aumento da resistência da madeira, após a secagem, contra fungos manchadores e apodrecedores, e contra a maioria dos insetos xilófagos;
- melhoria das propriedades mecânicas da madeira, tais como as resistências à flexão, compressão e a sua dureza;
- a resistência das uniões ou juntas feitas com pregos e parafusos é maior em madeira seca;
- a madeira úmida não se presta para colagem ou tratamento preservativo pela maioria dos processos industriais;

- a maioria das deformações, empenamentos e rachaduras ocorrem durante a secagem. Produtos feitos com madeira seca estarão livres desses defeitos;
- madeira somente pode receber pintura, verniz ou outros acabamentos se, pelo menos, for seca ao ar;
- secagem aumenta a resistência elétrica da madeira, tornando-a isolante e melhorando suas propriedades de isolamento térmico;
- facilita as operações de beneficiamento secundário, como torneamento, furação e ligamento

O conceito de madeira seca é relativo. Na maioria das vezes pode-se considerar como seca a madeira cujo teor de umidade for igual ou inferior a umidade de equilíbrio correspondente a sua condição de uso. Esse valor dependerá também do tipo de produto feito com a madeira.

A Tabela 1, extraída do trabalho de PONCE & WATAI (1985), indica os teores de Umidade final da madeira para certos usos ou produtos. Como a tabela é simplesmente indicativa, os teores de umidade recomendados dependerão das condições médias de temperatura e umidade do ambiente no qual serão utilizados esses produtos.

Existem vários métodos ou processos de secagem da madeira, variando da secagem ao ar livre, na qual os elementos da natureza são os responsáveis, até os métodos mais ou menos sofisticados, nos quais se utilizam vácuo, alta frequência, altas temperaturas, Produtos químicos, etc.

Não existe um método de secagem que possa ser recomendado para todas as condições. Há uma série de alternativas disponíveis para cada tipo ou tamanho de indústria, tipo de madeira e localização da operação.

O método ideal para uma empresa iniciar a prática de secagem de madeira é ao ar livre. Este também é o método ideal para as pequenas serrarias que, na maioria das vezes, secam a madeira para diminuir o peso e deixá-la resistente aos fungos.

A secagem ao ar livre também é recomendada para pré-secagem, isto é, a madeira é seca ao ar livre até alcançar um certo teor de umidade e, depois, completada por outro método mais rápido.

3. DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

A umidade da madeira (U) é calculada como a relação entre a massa da água que ela contém (ma) e a massa de madeira (ms).

TABELA 1 - Teor de umidade final recomendado para certos produtos de madeira.

PRODUTOS	%
Madeira Serrada Comercial	16-20
Madeira para Construção Externa	12-18
Madeira para Construção Interna	08-11
Painéis (compensado, aglomerado, laminado, etc)	06-08
Pisos e Lambris	06-11
Móveis para Interiores	06-10
Móveis para Exteriores	12-16
Equipamentos Esportivos	08-12
Brinquedos para Interiores	06-10
Brinquedos para Exteriores	10-15
Equipamentos Elétricos	05-08
Embalagens (caixas)	12-16
Fôrmas para calçados	06-09
Coronhas de Espingarda	07-12
Instrumentos Musicais	05-08
Implementos Agrícolas	12-18
Barcos	12-16
Aviões	06-10

$$U = \frac{Ma}{Ms}$$

(1)

Uma vez que peso e massa têm o mesmo valor numéricos mais comum, expressar a umidade como uma relação entre pesos. Assim,

$$U = \frac{Pa}{Pa} \quad (2)$$

Ou

$$U = \frac{Pu - Ps}{Ps} \quad (3)$$

Onde (Pu) é o peso da madeira a umidade corrente.

A umidade é usualmente expressa em termos de percentagem (U), como em (4)

$$U = \frac{Pu - Ps}{Ps} \cdot 100 \quad (4)$$

A fórmula (4) pode ainda ser escrita como aparece em (5), para facilitar cálculos:

$$U = \left(\frac{Pu}{Ps} - 1 \right) 100 \quad (5)$$

Um dos métodos mais comuns para a determinação da umidade é o método gravimétrico ou de secagem a 103°C.

O método baseia-se na utilização das fórmulas (4) ou (5) cujos valores são obtidos com auxílio de estufas dotadas de circulação forçada de ar e termostato, que permitam regular e manter a temperatura entre 101°C e 105°C, e balança, possibilitando pesagens com aproximação de 0,1 g. O peso seco é utilizado como referência por ser um valor reprodutível. Por peso seco deve-se entender o peso da amostra da madeira submetida à secagem em estufa, a temperaturas entre 101°C e 105°C, até que pesagens sucessivas revelem um valor constante.

O procedimento para determinação da umidade pelo método gravimétrico é o seguinte:

- a) determina-se a massa da amostra da madeira na umidade em que se encontra (Pu);
- b) coloca-se a amostra em estufa com temperatura ajustada para 103' (± 2) até se obter massa constante (Ps);
- c) calcula-se a umidade com auxílio das equações (4) ou (5).

Esse método tem o inconveniente de não se aplicar a peças grandes de madeira. Neste caso é necessário utilizar amostras de controle, conforme procedimento ilustrado na Figura 1.

Esta metodologia permite estimar o peso seco (Pse) das amostras de controle (peças grandes) e acompanhar a secagem através de simples pesagens. E o método empregado para monitorar a secagem de madeiras.

O outro método de medição é o da resistência elétrica. Este método baseia-se no fato de que, dentro de certos limites de teores de umidade, quando a umidade da madeira decresce, a resistência à passagem da corrente

contínua aumenta de maneira bastante significativa. Os medidores de resistência funcionam a pilha e a corrente deve passar através da madeira, de um eletrodo a outro. A escala do medidor marca diretamente o teor de umidade em porcentagem, porém há necessidade de pequenas correções, de acordo com a temperatura e espécie da madeira. Um detalhe importante é que o

medidor por resistência elétrica é adequado para teores de umidade abaixo de 30%, em umidades maiores é apenas indicativo. A maior vantagem do método é a rapidez e a facilidade com que é feita a leitura.

4. SECAGEM DA MADEIRA AO AR LIVRE

Segundo PONCE & MIATAI (1985), a maneira mais simples de secar madeira serrada é através de sua exposição ao ar livre. Esse processo é bastante rápido no início, isto é, quando a madeira apresenta umidade elevada. Quando a umidade da madeira aproxima-se da umidade de equilíbrio, dependendo da temperatura e umidade relativa do ambiente, a secagem ao ar livre pode tornar-se bastante lenta.

A secagem ao ar livre é obtida pela exposição ao ar da madeira empilhada de maneira adequada. A umidade relativa ao ar e a intensidade de sua movimentação são fatores muito importantes na eficiência da secagem da madeira.

A madeira, quando adequadamente exposta ao ar livre, seca mais rapidamente quando a temperatura é alta, a umidade relativa do ar é baixa e o movimento do ar é ativo através das peças. A velocidade de secagem e o menor teor de umidade que pode ser atingido pela madeira em determinado local, dependem, quase que exclusivamente, das condições do tempo. A secagem ao ar não é um processo perfeitamente controlado; todavia, é possível, através da adoção de procedimentos racionais, obter-se o máximo das condições do ambiente.

As práticas racionais desse processo resultam em menores tempos de secagem, peças de madeira com umidades mais uniformes e, o que é mais importante, madeira de melhor qualidade, com um mínimo de defeitos.

O tempo entre o início da secagem da madeira verde e a obtenção da umidade desejada depende de fatores que envolvem as características da própria madeira, da pilha, do pátio e das condições climáticas. A perda de umidade do início no processo é bastante rápida, por exemplo: o tempo necessário para secar um lote de madeira ao ar livre de 60 para 40% é muito menor do que o tempo de secagem de 40 para 20%.

Algumas espécies secam rapidamente, outras lentamente. As coníferas e algumas folhosas de baixa densidade secam rapidamente sob condições favoráveis de secagem ao ar. Folhosas densas requerem períodos longos de secagem para atingir o teor de umidade desejado. As madeiras que têm mais alburno secam mais rapidamente do que aquelas que têm mais cerne.

SEÇÕES	AMOSTRA DE CONTROLE
<p>A. Eliminar flocos</p>	<p>1. Impermeabilizar extremidades</p>
<p>B. Peso úmido (P_u)</p>	<p>2. Peso úmido inicial (P_u)</p>
<p>C. Secar na estufa</p>	<p>3. Umidade inicial (U_i) correspondente ao peso úmido e ao peso seco (P_{se})</p>
<p>D. Pesar seco (P_{se})</p>	<p>4. Cálculo do Peso Seco da amostra (P_{se})</p> $P_{se} = \frac{P_{u1} \cdot 100}{100 - U_i}$
<p>E. Teor de umidade (U)</p> $U = \frac{P_{u10} - P_{s10}}{P_{s10}} \times 100$	<p>5. Umidade e qualitat momentânea (U_c)</p> $U_c = \frac{P_{u10} - P_{s10}}{P_{s10}} \times 100$ <p>onde P_{s10} = peso úmido controlado</p>

A espessura da madeira é também muito importante na velocidade de secagem, por exemplo: em peças com 50 mm de espessura a velocidade de secagem chega a ser quatro vezes menor do que em peças de 25 mm da mesma espécie, ou seja, o tempo de secagem das primeiras é da ordem de quatro vezes mais longo do que o das segundas. Uma prática comum, em algumas regiões, é a produção de peças espessas, as quais são desdobradas após a secagem, o que não é uma prática recomendável.

A velocidade de secagem é afetada, também, pelo modo como as peças são empilhadas, por exemplo: quando são deixados vazios entre as tábuas de uma mesma espécie, estas secam mais rapidamente do que se colocadas juntas. A localização das pilhas no pátio também influencia a velocidade da secagem, por exemplo: pilhas colocadas nas margens do pátio secam mais rapidamente do que as colocadas no meio.

A distancia entre o solo e a base das pilhas deve ser de aproximadamente 30 cm para permitir o livre movimento do ar, e criar condições de renovação de ar sob as mesmas.

A superfície do pátio também influencia, de certa forma, a velocidade de secagem ao ar. Um pátio bem plano, drenado, sem vegetação, coberto por materiais escuros secará a madeira mais rapidamente. Poças d'água ou terreno não drenado aumentam a umidade do ar, e, conseqüentemente, diminui a velocidade de secagem; vegetação, detritos e outros obstáculos impedem ou dificultam a circulação do ar entre as pilhas; materiais escuros na superfície do solo absorvem mais energia solar, tornando-se mais aquecido do que os materiais claros, e aumentando a temperatura do ar, diminui a umidade relativa com o conseqüente aumento na velocidade de secagem.

Outro fator que influi muito na velocidade da secagem é o clima da área ou região na qual o pátio está localizado. Talvez o mais importante seja a temperatura, mas o índice pluviométrico tem também efeito significativo.

O empilhamento plano com separadores é o mais utilizado, também conhecido por pilha gradeada ou entabuada. Neste tipo de pilha cada camada de peças de madeira justapostas é separada de outra por separadores ou tabiques. Cada camada suporta o peso das outras colocadas sobre si, restringindo, assim, o empenamento. Outros tipos de empilhamento são usados para que a secagem se processe mais rapidamente, tais como tesouras ou gaiolas. Nestes sistemas, quando as peças estiverem quase secas, isto é, com teor de umidade próximo ao ponto de saturação das fibras, devem ser gradeadas para evitar o empenamento.

Todo o cuidado despendido na construção das pilhas será plenamente compensado, pois a madeira será de melhor qualidade, o estoque será mais fácil de controlar e haverá menor probabilidade de acidentes.

Antes do gradeamento, as peças de madeira devem ser separadas por espécie, espessura, classe e, sempre que possível, largura e comprimento. A separação por espécie é muito importante em virtude dos diferentes comportamentos durante a secagem. Raros são os casos onde duas ou mais espécies podem ser secas exatamente sob as mesmas condições, além de que, geralmente, as madeiras são comercializadas por espécie, logo, quanto antes for feita a separação, melhor. A separação por espessura é indispensável, pois, como já foi visto, o tempo de secagem de uma peça de 50 mm de espessura é cerca de quatro vezes maior do que o de secagem de uma peça de 25 mm. Além disso, a mistura de mais de uma espessura em uma mesma camada anularia o efeito de restrição das camadas superiores sobre as inferiores, pois as tábuas mais finas ficariam soltas. A separação por classe de qualidade é também importante porque permite manter juntas peças do mesmo valor, permite que se dê melhor proteção, como cobertura por exemplo, ao material mais valioso, e facilita, ainda, o controle de estoques e o atendimento dos pedidos. Dependendo do tipo de produto e do mercado, é importante a separação por largura. Deve, também, haver separação por comprimento, sempre que o mercado a exigir, além do fato de que a construção de pilhas de diferentes tamanhos dificulta o controle de estoque e o atendimento de pedidos.

A distância entre os separadores pode variar de acordo com a espessura das peças de madeira. Os separadores ou tabiques devem estar espaçados de 40 a 45 cm, para peça-- com menos de 40 mm de espessura. Para peças mais espessas e para classes inferiores, espaçamentos de 60 a 80 cm são aceitáveis. Madeiras com tendência ao empenamento devem ter os separadores menos espaçados que as outras.

A espessura dos separadores ou tabiques pode variar de 2 a 3 em, sendo que os mais espessos são mais adequados para madeiras leves e mais fáceis de secar, enquanto os mais delgados, para madeiras que apresentam maior tendência à formação de defeitos de secagem. Uma vez selecionada a espessura dos separadores, todos devem ter a mesma espessura para evitar deformações das peças durante a secagem. A largura dos separadores pode variar de 2,5 a 10 cm, porém o ideal está em torno de 5 em. É inconveniente que as espessuras sejam quase iguais às larguras, pois os operários podem colocar alguns separadores com a maior dimensão na vertical, provocando deformação nas tábuas de madeira. É recomendável, então, o uso de separadores de 2,5 cm de espessura por 4 ou 5 cm de largura. Deste modo, as pilhas formadas serão estáveis e a pressão exercida pelos separadores nas tábuas inferiores dificilmente provocará esmagamento das mesmas, mesmo sendo de madeira mole.

Os separadores devem ser feitos, de preferência, de cerne de madeira durável, secos ao ar e de espessura uniforme. O comprimento deve ser cerca de 5 cm maior do que a largura da pilha. É uma falsa economia utilizar separadores empenados, quebrados, desbitolados, curtos, Dão secos e de madeira manchada ou atacada por fungos. Quando não estão em uso, os separadores devem ser mantidos bem empilhados, cobertos e em lugar seco. Isto aumentará sua vida útil e a madeira processada terá melhor qualidade.

Na construção das pilhas, um detalhe fundamental é o alinhamento vertical dos separadores, de modo a evitar o empenamento de peças devido a separadores desalinhados. Outros aspectos importantes são as fundações ou bases das pilhas, que têm duas funções extremamente importantes: dar apoio estável e plano para as pilhas e provir um espaço vazio entre o solo e a pilha para permitir a saída do ar descendente, úmido e frio. Os apoios devem ter fundação suficientemente dimensionadas para suportar a carga, representada pela massa das pilhas, e resistir aos choques acidentais, no caso da movimentação com empilhadeiras. Devem, também, permitir um espaço livre de, no mínimo, 40 cm de altura sobre o solo; deve-se evitar paredes que restringem o movimento do ar. A fundação deve consistir, basicamente, de colunas e de vigas. As colunas podem ser de concreto ou de peças de madeira duráveis, e as vigas, de madeira serrada ou de trilhos usados de estrada de ferro. Devido aos altos custos do concreto, a madeira é, provavelmente, o material mais adequado para as fundações. Durante a secagem, os apoios da base devem estar na mesma linha dos separadores das camadas da pilha, formando colunas.

5. DEFEITOS DE SECAGEM

As tensões que se desenvolvem na madeira são a causa básica dos defeitos de secagem, os quais são a seguir agrupados e discutidos, tomando como base a obra de GALVÃO & JANKOWSKY (1985).

Empenamento

Empenamento é qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de suas superfícies. Assim, levando-se em conta os planos em relação aos quais houve alteração, os empenos podem ser encanoados, longitudinais e torcidos.

O encanoamento é definido quando as margens da peça permanecem aproximadamente paralelas, e ela adquire um aspecto encanoado ou de canaleta. Esse tipo de empeno aparece em consequência da diferença de estabilidade entre as direções radial e tangencial, que provoca a maior movimentação de uma das faces da peça em relação à outra. Outra causa para o empeno encanoado é a secagem mais rápida de uma face. Essa diferença de umidade ocorre quando a peça está apoiada sobre toda a extensão de uma das faces, de forma que a evaporação da água seja maior na outra, ou quando uma das faces recebeu revestimento enquanto que a outra permanece ao natural. De uma forma geral, as peças retiradas mais exteriormente da tora tendem a apresentar mais nitidamente o fenômeno, pela maior retração da face que se situa próxima à casca.

O empenamento longitudinal é caracterizado pelo afastamento de uma face em relação a um plano que une uma extremidade a outra da peça. Ocorre como consequência de irregularidade da grã, ou quando a peça é retirada de forma que a grã faça um ângulo com a direção do seu comprimento. Pode ocorrer, também, como consequência de tensões desenvolvidas durante o crescimento da árvore. Nessas condições, quando as toras são desdobradas, as pranchas racham ao centro com empenamento longitudinal. Esse tipo de defeito é freqüente em *E. saligna*.

O empenamento torcido caracteriza-se pelo fato de a peça apresentar-se torcida. Ele ocorre principalmente em madeira proveniente de árvores que apresentam grã espiralada.

Rachaduras

As rachaduras aparecem como consequência da diferença de retração nas direções radial e tangencial da madeira e de diferenças de umidade entre regiões contíguas de uma peça, durante o processo de secagem. Essas diferenças levam ao aparecimento de tensões que, tornando-se superiores à resistência dos tecidos lenhosos, provocam a ruptura da madeira. Na secagem as rachaduras superficiais podem aparecer quando as condições são muito severas, isto é, baixas umidades relativas provocando a rápida secagem das camadas superficiais até valores inferiores ao PSF, enquanto as camadas internas estão ainda com mais de 30% de umidade. Como as camadas internas impedem as superficiais de se retraírem, aparecem tensões que, excedendo a resistência da madeira à tração perpendicular às fibras, provocam o rompimento dos tecidos lenhosos. Normalmente, a ruptura ocorre nos tecidos que compõem os raios, constituídos de células parenquimáticas.

As rachaduras de topo aparecem, geralmente, nos raios, que são constituídos por células parenquimáticas de reduzida resistência mecânica. São consequência da diferença entre as retrações tangencial e radial. É bastante difícil a secagem de seções transversais de toras sem que apareçam rachaduras de topo.

Encruamento

O encruamento é causado basicamente por secagem muito rápida ou desuniforme. Uma secagem rápida da madeira, com umidade inicial superior ao PSF, faz com que as suas camadas externas atinjam rapidamente baixos valores de umidade. Em consequência essas camadas ficam sob o efeito de esforços de tração, enquanto a parte central, estando acima do PSF, não se retrai e fica sob compressão. Continuando a secagem nas mesmas condições a parte central passa a uma umidade menor ao PSF e começa a retrair-se. Entretanto, essa retração não é acompanhada pelas camadas externas, ocasionando a sua compressão. Nessas condições, a parte interna está sob tração e a externa sob esforços de compressão. Essa situação permanece mesmo depois da madeira atingir um teor uniforme de umidade.

O processo de encruamento pode originar rachaduras internas do tipo favo de mel, existindo também, uma relação com rachaduras superficiais. Peças na situação descrita, em que as fendas ainda não apareceram, apresentarão deformações se novamente desdobradas. Assim, uma prancha desdobrada no sentido da sua espessura resultaria em duas tábuas encanoadas.

Colapso

O colapso caracteriza-se por ondulações nas superfícies da peça de madeira, que pode apresentar-se bastante distorcida. O colapso é basicamente ocasionado por forças geradas durante a movimentação da água capilar, as quais deformam as células. O colapso aparece quando a tensão desenvolvida durante a saída da água capilar supera a resistência da madeira à compressão.

De forma geral, os fatores que influem no colapso da madeira são:

- pequeno diâmetro dos capilares;
- altas temperaturas no início da secagem;
- baixa densidade da madeira; e
- alta tensão superficial do líquido que é removido da madeira. A presença de bolhas de ar na água capilar diminui a possibilidade do colapso.

Rachaduras em Favos

É um defeito típico da secagem artificial que se caracteriza por rachaduras no interior da peça. Exteriormente a peça pode apresentar-se sem alterações. Esse tipo de defeito aparece normalmente associado ao colapso e ao encruamento, como conseqüência das tensões de tração, no interior das peças, terem excedido a resistência da madeira no sentido perpendicular às fibras. Previne-se o seu aparecimento evitando-se altas temperaturas até a remoção da água livre do interior das peças em secagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GALVAO, A.P.M. e JANKOWSKY, I.P. *Secagem racional da madeira*. São Paulo, Nobel, 1985.112p.

PONCE, R.H. & WATAI, L.T. *Manual de secagem da madeira*. São Paulo, IPT/STI, 1985. 72p.