

Condições operacionais da secagem convencional em indústrias madeireiras no Município de Tietê, SP

Operational conditions of conventional kiln drying at wooden industries in Tietê, SP

Marcos André Ducatti
Ivaldo Pontes Jankowsky
Ariel de Andrade

RESUMO: Nos diferentes processos de transformação da madeira maciça em produtos industrializados, a secagem é a fase intermediária que mais contribui para agregar valor ao produto final. Contudo, levantamentos divulgados em 1964 e 1974 relatam que a falta de atenção da indústria para com a secagem é a principal causa do baixo padrão de qualidade dos produtos à base de madeira. A partir da década de 80 verificou-se uma evolução tecnológica em relação ao assunto, através da geração de conhecimentos nos principais centros de pesquisa, do aumento e aprimoramento da força de trabalho, e da incorporação de máquinas e equipamentos modernos. Portanto, é oportuno, no momento atual, avaliar como a indústria madeireira está utilizando a tecnologia e o conhecimento disponíveis, e quais os reflexos da disponibilidade de informações sobre o padrão de qualidade dos produtos. Para atingir esse objetivo, foram analisadas as práticas operacionais em três indústrias no interior do Estado de São Paulo que utilizam secadores convencionais, buscando avaliar o atual estágio tecnológico, verificar quais aspectos ainda prejudicam a qualidade do produto (madeira seca) e, quando possível, sugerir iniciativas no sentido de contribuir para o desenvolvimento industrial. As indústrias objeto desta pesquisa buscam agregar valor ao produto final e existe o reconhecimento sobre a importância da secagem no processo produtivo, mas o padrão de qualidade da madeira seca ainda está abaixo das referências indicadas pela literatura. A principal prática operacional a ser aprimorada é a preparação da madeira (empilhamento) para a secagem. O melhor padrão de qualidade da madeira seca foi observado em um secador carregado por vagonetes, indicando também que o controle do processo deveria ser mais rigoroso nos secadores carregados por empilhadeira. Para atingir e manter um padrão de qualidade superior sugere-se a execução de procedimentos diretamente voltados ao controle de qualidade, principalmente quanto à quantificação de defeitos, da distribuição de umidade e das tensões residuais.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria madeireira, Secagem de madeira, Secador de madeira, Controle de qualidade

ABSTRACT: On the different transformation steps between green solid wood into industrialized products, kiln drying is the one who adds more value to the final product. Unfortunately, researches published in 1964 and 1974 shows that the lack of attention and interest of the industry for this process, has been the principal cause of low-grade wooden products. In the 80's, a great technological evolution took place covering this issue, involving the knowhow

available on the principal centers of research, better preparation of the working force and also the incorporation of new up to date equipment made available to the market. So, it is interesting, at this time, to analyze how has the industry taken advantage of the technology and information available, and what is the quality of today's products related to this information. To reach this goal, three companies that are current using conventional kiln were analyzed, trying to evaluate their technological stage, point out which are the aspects that are still damaging the product's quality (dried wood) and, if possible, suggest initiatives that could improve their industrial development. The companies involved in this research, who are trying to aggregate value to their products, has the recognition of the importance of the drying process into their line of production, but still the average quality results available today are bellow expectations. The principal step to be improved is the stacking of the green lumber, prior to its drying process. The better quality results, were found on a track loaded kiln, which means that a better control on kilns loaded with forklift is made necessary. Looking to reach and keep better quality standards, it is suggested that the execution of procedures directed to quality control, especially towards defects and a better distribution of moisture content and residual drying stress, should be enforced.

KEYWORDS: Wood industry, Kiln drying, Quality control

INTRODUÇÃO

Atualmente, a utilização de madeira serrada de espécies nativas sofre restrições por diversos motivos, destacando-se problemas ecológicos, esgotamento de reservas, custos elevados de transporte/exploração e desperdício nos processos de transformação.

As principais preocupações, em relação aos produtos à base de madeira, tanto dos usuários como dos produtores, estão ligadas à crescente exigência de qualidade do produto final, à provável necessidade de certificação, ao emprego de tecnologia adequada e à qualidade da matéria-prima.

Alternativas enfocadas pela indústria têm sido a substituição das espécies nativas por madeira de reflorestamento e a aquisição de maquinário mais moderno e sofisticado, mas pouca atenção tem sido dispensada a melhorias de processos, visando aumentar o aproveitamento da matéria-prima.

No Brasil, as indústrias de base florestal, principalmente as de transformação por processos mecânicos, estão acostumadas ao padrão de qualidade do mercado doméstico, que é reconhecidamente inferior ao dos mercados internacionais. Segundo Jankowsky (1991), a qualidade do produto final está na dependência de

três fatores envolvidos na produção: matéria-prima e insumos, processamento e mão-de-obra operacional e gerencial. Qualquer falha em um desses três fatores prejudicará o padrão de qualidade.

A fim de atingir as suas metas de qualidade, a empresa deve organizar o seu processo produtivo de forma que os fatores técnicos, administrativos e humanos, que afetam a qualidade e serviços, estejam monitorados. Todo o controle deve ser orientado no sentido da redução, eliminação e, acima de tudo, prevenção de deficiências da qualidade (Macfarlane e Castro, 1990).

Prevenção não somente reduz a mão de obra da classificação e separação do produto que apresenta não conformidade (fora do padrão), como também reduz a quantidade de rejeitos, materiais de segunda e que necessitam de retoque; e ainda, diminui reclamações de clientes e, em muitas empresas, acaba com a maioria dos trabalhos referentes ao uso de equipamentos extras. Resumindo, o aumento da qualidade gera lucros maiores sem haver necessidade de se elevar o preço do material, além de gerar um produto mais confiável, o que facilita sua característica de marketing (Carson, 1958).

Abordar o padrão de qualidade em produtos à base de madeira, tais como portas, assoalhos e móveis, dentre outros, implica necessariamente em discutir a secagem do material madeira. De acordo com Jankowsky (1999), a secagem é a operação intermediária que mais contribui para agregar valor aos produtos manufaturados da madeira, entretanto é também uma das fases de maior custo dentro da indústria de transformação. Essas são as principais razões pela constante busca de maior eficiência nos secadores de madeira serrada e no processo de secagem propriamente dito.

Lamb (1994) considera que a madeira está adequadamente seca quando apresenta as seguintes condições:

- ✓ livre de defeitos visíveis (rachaduras, empenamentos, colapso e manchas);
- ✓ teor de umidade compatível com o uso pretendido;
- ✓ mínimo de variação no teor de umidade, tanto dentro como entre as peças e;
- ✓ livre de tensões de secagem.

Martins (1988) comenta que os defeitos decorrentes da secagem causam significativos prejuízos para quem seca madeira e desestimula a utilização de determinadas madeiras, contribuindo para a exploração seletiva, e para o reduzido número de espécies atualmente comercializadas.

Causas importantes dos defeitos de secagem são a falta de cuidado no empilhamento, causando principalmente empenamentos, e a ocorrência de tensões internas durante a secagem. No processo convencional, a madeira perde umidade da superfície em direção ao interior da peça, causando retrações diferenciadas entre a superfície mais seca e a parte interna mais úmida. A diferença nas retrações provoca o aparecimento de tensões internas que, superando a resistência mecânica da madeira, terão como consequência o aparecimento de defeitos como as rachaduras e o endurecimento superficial.

Assegurar um padrão elevado de qualidade implica necessariamente em preparar adequadamente a madeira (empilhamento) e controlar o processo de forma a manter as condições do meio de secagem compatíveis com as características do material.

A chamada secagem convencional é a que permite maior flexibilidade de controle dentre os vários processos empregados para a secagem de madeira serrada. O secador convencional pode ser definido como um equipamento projetado para a secagem de madeira serrada, com um sistema de aquecimento para operar a temperaturas entre 40°C e 90°C, um sistema de ventilação para forçar o fluxo de ar através da pilha de madeira, um sistema de umidificação do ar e janelas que permita a exaustão do ar saturado e admissão de ar externo (Jankowsky, 1999).

Embora a secagem seja relatada como uma das causas crônicas do baixo padrão de qualidade dos produtos à base de madeira (CODEPAR, 1964; Tomaselli, 1974), nos últimos anos foi possível verificar uma evolução tecnológica em relação ao assunto.

Essa evolução ocorreu pela incorporação de máquinas e equipamentos modernos devido à abertura do mercado nacional a partir de 1990, pela geração de conhecimentos nos principais centros de pesquisa (Jankowsky, 1998; Oliveira, 1998; Tomaselli, 1998) e pelo aumento e aprimoramento técnico da força de trabalho do setor. Contudo, também destaca-se o fato de que esse desenvolvimento ocorreu de forma descoordenada, não existindo até o momento um estudo que permita avaliar o atual estágio tecnológico do setor.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo obter informações sobre a qualidade do produto (madeira seca) em três indústrias que possuem secadores convencionais, de forma a analisar as práticas operacionais e estabelecer o perfil tecnológico dessas indústrias, bem como apresentar sugestões para melhorar o padrão de qualidade do produto final.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações que servem de base para o presente trabalho foram coletadas em três indústrias sediadas em Tietê, SP. O município em questão foi escolhido por ser o município do Estado de São Paulo que possui o maior número de secadores convencionais em operação (Ducatti, 2000), e a pesquisa foi conduzida junto às indústrias que permitiram total acesso à linha de produção.

O desenvolvimento do trabalho englobou uma consulta prévia, levantamento em campo, coleta de material e testes em laboratório.

Consulta prévia

As indústrias que possuem secadores convencionais na cidade de Tietê, SP foram previamente contatadas, dando início à pesquisa. Posteriormente foi solicitada a colaboração das mesmas no sentido de fornecer informações, bem como autorização para coleta de material na linha de produção.

Com a concordância por parte das indústrias, inicialmente foi aplicado um questionário (Figura 1), abordando aspectos relativos à administração, espécies mais utilizadas, mercado e mão de obra.

Levantamento em campo

Com relação à inspeção na linha de produção foram feitas avaliações e medições abordando os seguintes aspectos:

- a) características dos secadores, referentes à construção, procedência, forma de carregamento, capacidade útil e sistema de controle;
- b) procedimentos rotineiros do controle de processo, relativos à existência de programas, conhecimento técnico dos operadores, execução e acompanhamento da secagem, testes de qualidade, quantificação de defeitos e registro das operações;

- c) qualidade do empilhamento, envolvendo medições da espessura dos separadores e da madeira efetuados com paquímetro, e da distância entre tabiques medidos com trena. Essas medições foram feitas em todas as pilhas que compunham uma carga para secagem;

- d) quantificação de defeitos por análise visual em cerca de 15% da peças de uma carga de madeira seca, registrando-se a presença de encanoamentos, encurvamentos, arqueamentos, torcimentos e colapsos, conforme descrição de Ponce e Watai (1985), com posterior quantificação percentual da incidência dos mesmos em relação ao total de peças inspecionadas.

Amostragem e testes em laboratório

A amostragem do material destinado aos testes de qualidade levou em consideração a forma de carregamento do secador.

Nos secadores carregados por empilhadeiras, em que a carga era composta de várias pilhas, com número de pilhas proporcional à capacidade do secador, a amostragem teve como base a própria pilha de madeira.

Para os secadores de vagonete, em que a carga é constituída de uma única pilha, o comprimento do secador foi dividido em seis partes iguais e a largura em duas partes iguais, totalizando 12 partes. Cada duodécima parte da carga foi considerada como sendo uma pilha, para efeito de amostragem.

Depois de concluída a secagem, retiraram-se 6 amostras de cada pilha, sendo 2 no terço superior, 2 no médio e 2 no inferior.

O comprimento da amostra foi fixado em 30 cm, no sentido das fibras, retirada no meio da peça amostrada. A largura e a espessura da amostra, assim como a espécie, variaram em função do material madeira que estava sendo industrializado. Logo após o corte, as amostras foram identificadas, embaladas em plástico para

PESQUISA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/ESALQ/LCF
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MADEIRAS

EMPRESA: _____

Nº. de operários : __ Atividade(Produtos): _____

Consumo médio mensal: _____

Espécies mais utilizadas: _____

Mercado de Consumo: _____

SECADOR(ES) : Marca: _____ Ano: _____ Quantidade: _____

Capacidade m³ : _____

Carregamento: Vagonete () Empilhadeira ()

Construção: Alvenaria() Alumínio() Alven/Alum()

Observações: _____

CONTROLADOR(ES) :

Automático() Semi-automático() Manual ()

Marca: _____

USO DE PROGRAMAS DE SECAGEM: Sim () Não ()

Qual? _____

PESSOAL DE OPERAÇÃO: Proprietário () Funcionário ()

Nível escolar = _____

Aprendizado sobre a técnica = _____

Experiência anterior = _____

Obs: Anexar, se possível, um cartão da Empresa e cópia de uma ficha de secagem.

Figura 1. Questionário utilizado para realização do trabalho.

(Questionary used in this research).

evitar alterações no teor de umidade e transportadas para o Laboratório de Secagem do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, da Universidade de São Paulo.

Foram realizados os ensaios em laboratório para determinação da umidade média, distribuição de umidade entre e dentro das peças e o nível de tensões residuais, seguindo a metodologia tradicional para avaliação da qualidade da madeira seca, conforme descrito em manuais de secagem (Rasmussen, 1961; Galvão e Jankowsky, 1985).

Os teores de umidade foram determinados pelo método gravimétrico, onde as amostras são submetidas à secagem em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2$ até massa constante. O teor de umidade é então calculado com auxílio da equação 1.

$$U = \left(\frac{\mu}{ms} - 1 \right) * 100 \quad (1)$$

Onde:

U = teor de umidade (%)

μ = massa úmida da amostra (g)

ms = massa seca da amostra (g)

A retirada das amostras para determinação do teor de umidade e distribuição da umidade foram realizadas conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Para determinação do teor de umidade e distribuição de umidade foram utilizadas as amostras A e B, e para determinação das tensões internas, foi utilizada a amostra C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações gerais, abordando aspectos relativos à administração, espécies mais utilizadas e mercado consumidor, podem ser observados na Tabela 1.

Um detalhe comum a todas as indústrias é o fato de consumirem apenas espécies tropicais, a despeito da distância da fonte de matéria-prima. Quando inquiridas a esse respeito, a posição das mesmas é parecida, citando a execução de testes com madeira de reflorestamento

(gênero *Eucalyptus*), mas alegando a falta de suprimento constante e a resistência do mercado consumidor como principais obstáculos à mudança de matéria-prima.

A participação no mercado externo mostra-se relacionada com o volume de produção. A indústria de menor porte fornece apenas para o mercado doméstico, enquanto a de maior porte exporta para mercados mais diversificados.

Tabela 1. Informações gerais das indústrias pesquisadas.

(General information of the industries).

Indústrias	1	2	3
Quantidade de secadores	11	03	02
Capacidade de secagem (m ³)	750	172	130
Nº. de funcionários	250	150	80
Consumo madeira/mês (m ³)	2200	860	560
Espécies mais utilizadas	Jatobá, Ipê, Cumaru e Pau-Marfim	Cedro, Louro, Cedroarana, Angelim	Cedro, Cedroarana e Louro
Produtos	Pisos e Forros	Portas e Janelas	Portas e Janelas
Mercado consumidor	Brasil, EUA, Japão e Europa	Brasil, Canadá, Argentina e Inglaterra	Brasil

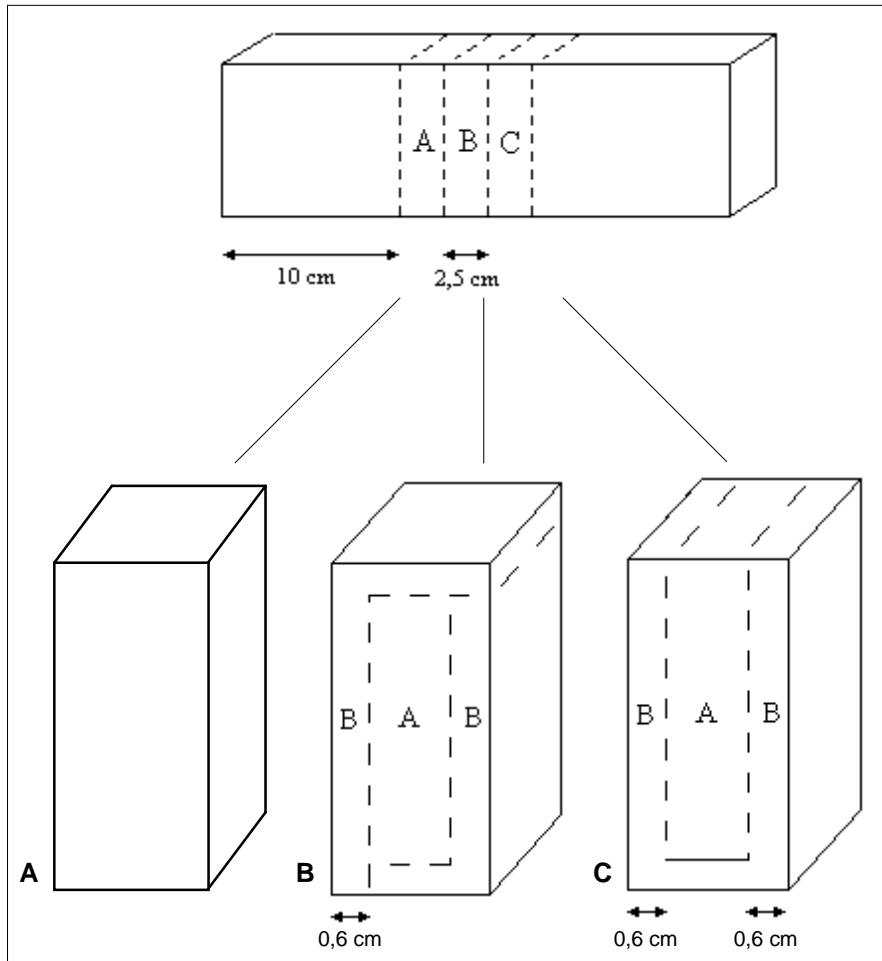


Figura 2. Amostragem para os testes de qualidade em laboratório (Rasmussen, 1961; Ciniglio, 1998).

(Sampling for quality test (Rasmussen, 1961; Ciniglio, 1998)).

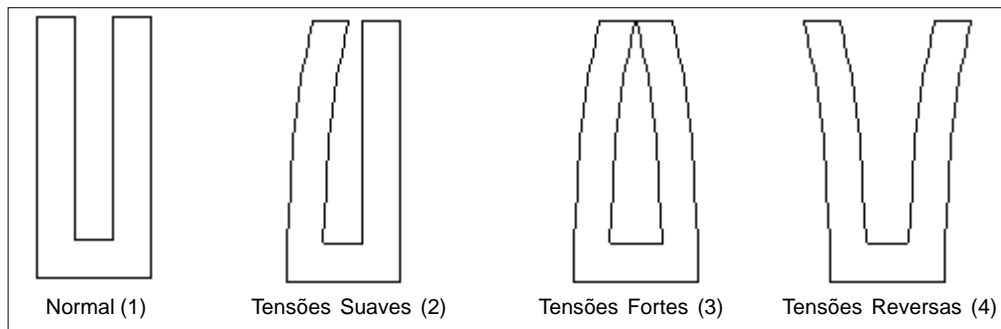


Figura 3. Classificação das tensões (adaptado de Pratt, 1974 e Ciniglio, 1998).

(Drying stress classification (adapted from Pratt, 1974 and Ciniglio, 1998)).

Este é um aspecto importante a ser destacado pois, de acordo com o relato dos empresários contatados, a aceitação do produto pelos consumidores externos forçou investimentos para aumentar a produção e, dessa forma, consolidar a marca e a posição no mercado.

As características dos secadores e dos sistemas de controle são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

O tamanho da indústria não mostrou relação com os equipamentos usados na secagem. Pode ser verificado que a indústria com menor capacidade produtiva possui secadores e sistema de controle importados (de tecnologia mais atualizada), enquanto a indústria intermediária dispõe exclusivamente de equipamentos nacionais.

A preocupação com a formação e a capacitação dos recursos humanos pode ser observada na Tabela 4.

Todas as indústrias optaram pela política de formar, através de cursos específicos, a própria força de trabalho.

Foi observado que, em todas as indústrias o processo de secagem era acompanhado somente através dos controladores, sendo que os registros eram armazenados apenas no equipamento de automação.

Existem no mercado vários fornecedores de equipamentos para o controle do processo, os quais, além de fornecer assistência técnica, sugerem programas de secagem confiáveis.

As informações obtidas demonstram a confiança da indústria em seus fornecedores. Contu-

Tabela 2. Características dos secadores.

(Kiln characteristics).

Indústria	Construção	Procedência	Carregamento	Capacidade útil
1 – A (*)	Alumínio	Itália	Vagonete	65
1 – B (*)	Alvenaria	Brasil	Empilhadeira	60
2	Alvenaria/Alumínio	Brasil	Empilhadeira	46
3	Alvenaria/Alumínio	Alemanha	Empilhadeira	65

(*) A indústria 1 é a única que possui secadores de tipos diferentes que serão designados aqui por 1-A (carga por vagonete) e 1-B (carga por empilhadeira).

Tabela 3. Características dos sistemas de controle.

(Control system characteristics).

Indústria	Programa de secagem	Fonte	Controle	Procedência
1A	Umidade-Temperatura	Consultor(*)	Semi-automático	Itália
1B	Umidade-Temperatura	Consultor(*)	Automático	EUA
2	Umidade-Temperatura	Consultor(*)	Automático	Brasil
3	Umidade-Temperatura	Consultor(*)	Automático	EUA

(*) Os programas de secagem foram sugeridos pelos fornecedores dos sistemas de controle.

Tabela 4. Nível dos operadores de secador.

(Qualification of the kiln operators).

Indústria	Operador	Nível escolar	Experiência anterior	Aprendizado
1	Funcionário	1º grau	Nenhuma	Curso/prática
2	Diretor	3º grau	Nenhuma	Curso/prática
3	Funcionário	1º grau	Nenhuma	Curso/prática

do, seria recomendável o uso de fichas de acompanhamento, para contornar possíveis falhas de componentes eletrônicos e até para aferir seu funcionamento.

Observou-se que, conforme recomendado, as indústrias preparam a carga com madeira da mesma espécie, espessura e com teores de umidade inicial dentro de uma mesma faixa. Entretanto, os resultados da Tabela 5 demonstram que, no empilhamento, não existe esta mesma preocupação.

A situação da indústria 1-A é a melhor dentre todas, embora tenham sido constatadas variações no distanciamento entre os separadores na pilha (36 cm a 53 cm), acima do desejável. Considerando que os resultados de 1-A e 1-B foram coletados na mesma indústria, a baixa qualidade do empilhamento constatado em 1-B pode ser atribuído à forma de carregamento do secador.

Os secadores das indústrias 1-B, 2 e 3 são carregados por empilhadeira, sendo que, a madeira é empilhada inicialmente longe do secador e, posteriormente, transportada por empilhadeira até o interior da câmara de secagem. Essa movimentação contribui para que os separadores se movimentem e prejudiquem a qualidade do empilhamento. No secador carregado por vagonete (1-A) não ocorre a movimentação da

pilha, uma vez que, na situação analisada, a madeira é empilhada diretamente sobre os vagonetes.

Como agravante das condições inadequadas de empilhamento, devem ser citadas as variações na espessura das peças de responsabilidade dos fornecedores da madeira serrada e na espessura dos separadores devido à falta de cuidado por parte das indústrias. O empilhamento mal feito é um fator que pode contribuir para aumentar a incidência de empenamentos durante a secagem, como mostra a Tabela 6.

O melhor empilhamento, observado na indústria 1-A, teve como resultado a secagem com o menor índice de peças empenadas. O defeito com maior incidência foi o encurvamento, cuja principal forma de prevenção é usar separadores com espessura uniforme e bem alinhados no sentido vertical da pilha.

A ausência do colapso, além de confirmar a importância da pré-secagem, é um indicativo de que os programas de secagem adotados pelas indústrias são adequados para as espécies de madeira utilizadas. Por outro lado, a alta incidência de madeira com tensões residuais, ilustrado na Tabela 7, é resultante da falta de condicionamento no final do processo.

Tabela 5. Desuniformidade no preparo da carga.

(No uniform preparation of the load).

Indústria		1A	1B	2	3
Espessura da madeira (cm)	Desejada	2,0	2,5	4,0	4,0
	Média	2,0	2,3	3,9	4,1
	Variação	1,9 a 2,0	2,2 a 2,7	3,5 a 4,6	4,0 a 4,8
Espessura dos separadores (cm)	Desejada	2,2	2,5	2,2	2,5
	Média	2,0	2,3	1,9	2,7
	Variação	2,1 a 2,4	1,0 a 2,5	1,6 a 2,4	1,7 a 4,0
Distância entre separadores(cm)	Desejada	45	40	50	50
	Média	48,2	44,8	59,8	71,9
	Variação	36 a 53	25 a 57	46 a 75	42 a 83

Tabela 6. Quantificação dos defeitos de secagem.

(Incidence of drying defects).

Indústrias		1 A	1 B	2	3
Peças sem defeitos		66,6	55,0	50,0	54,0
Empenamentos (%)	Encanoamento	1,0	2,0	0	0
	Encurvamento	26,9	32,0	38,0	36,0
	Arqueamento	2,5	4,0	9,0	8,0
	Torcimento	3,0	7,0	3,0	2,0
Colapso (%)		0	0	0	0

Tabela 7. Incidência das tensões de secagem (% do total de amostras).

(Incidence of drying stress (% of total samples)).

Indústria		1 A	1 B	2	3
Tensões (%)	1 (normal)	40,4	0	0	23,1
	2 (moderada)	44,7	0	19,4	15,4
	3 (forte)	14,9	100	80,6	61,5
	4 (reversa)	0	0	0	0

Tabela 8. Distribuição de umidade.

(Moisture content distribution).

Indústrias		1 A	1 B	2	3
Umidade final (%)	Desejada	8,0	8,0	12,0	12,0
	Média	6,4	6,4	10,5	10,5
	Variação	4,9 a 10,2	5,7 a 8,6	6,1 a 20,4	8,4 a 24,3
Umidade externa (%)	Média	6,2	6,3	8,8	9,5
	Variação	5,5 a 8,1	5,4 a 8,1	6,2 a 12,2	8,0 a 14,9
Umidade interna (%)	Média	7,2	6,6	11,8	10,6
	Variação	5,6 a 11,3	5,4 a 10,2	6,2 a 28,5	8,6 a 29,4

Os resultados da distribuição de umidade dentro e entre peças, ilustrados na Tabela 8, comprovam que o final do processo poderia ser melhor conduzido. A madeira produzida pelas indústrias 2 e 3 apresentou uma amplitude de variação no teor de umidade final da ordem de 14,3% e 15,9%, respectivamente, resultado característico de uniformização insuficiente ao final da secagem.

Pratt (1974) considera uma variação de $\pm 1\%$ em torno da média como um excelente padrão de qualidade, em termos do teor de umidade fi-

nal da madeira seca. Jankowsky (1999) afirma que, na prática, uma variação de $\pm 2\%$ pode ser considerada um bom padrão de qualidade. Observa-se, portanto, que o resultado das indústrias 2 e 3 é insatisfatório, pois está muito acima dos indicados na literatura.

Para diminuir a amplitude de variação da umidade final e presença de tensões, o tempo do processo de secagem deve ser maior, principalmente nas fases de uniformização e condicionamento, respectivamente.

A análise dos resultados gerais mostra que na indústria 1, o secador A está produzindo madeira com padrão de qualidade superior ao secador B e, na média, superior ao das indústrias 2 e 3. A partir desta constatação, é possível comentar os aspectos relacionados ao tipo de secador e à inexistência de procedimentos, mesmo que simples, voltados ao controle de qualidade.

Um secador de vagonetes (A) caracteriza-se por ser longo e estreito, enquanto uma característica construtiva de um secador de carga por empilhadeira (B) é o de ser largo e profundo.

Durante a secagem, a distância a ser percorrida pela corrente de ar ao atravessar a pilha é menor no secador do tipo (A) do que no tipo (B). O resultado, ao longo do processo, é uma secagem mais homogênea no secador de vagonetes.

Quando, no caso do secador carregado por empilhadeira, existe o agravante da movimentação das pilhas para o carregamento, é de se esperar uma secagem mais demorada com tendência a um padrão de qualidade inferior. Esta situação é bastante evidente na indústria 1, onde

o tipo de madeira e os procedimentos operacionais são similares para os dois tipos de secador, sendo que o padrão de qualidade da madeira seca no secador de vagonetes é superior. Os resultados que foram mostrados na Tabela 5, contribuem também para a explicação desse fato.

As indústrias 2 e 3, além de disporem de secadores de carga por empilhadeira, trabalham com madeira mais grossa (maior espessura), o que implica na necessidade de uma secagem mais cuidadosa. Como não existem procedimentos para controle de qualidade, o produto final apresenta um padrão de qualidade abaixo do que seria desejável.

Nenhuma das indústrias avaliadas adota ou executa avaliações de qualidade da madeira seca, quantificação de defeitos ou registros das operações. Esses procedimentos são simples e poderiam ser executados pelos operadores. Uma avaliação contínua dos resultados permitiria identificar a necessidade de mudanças nos procedimentos operacionais, de forma a melhorar o padrão de qualidade do produto e a produtividade da indústria.

CONCLUSÕES

As informações coletadas junto às indústrias e a análise dos resultados permitem as seguintes conclusões:

- ✓ existe o reconhecimento sobre a importância da secagem no processo produtivo, que se reflete na aquisição de equipamentos com tecnologia atualizada e na preparação da força de trabalho;
- ✓ padrão de qualidade da madeira seca pode ser melhorado, pois ainda está abaixo dos padrões de referência indicados na literatura;
- ✓ para as condições da pesquisa, o melhor padrão de qualidade foi observado no secador carregado por vagonetes. Isto significa também que o controle do processo deveria ser mais rigoroso nos secadores carregados por empilhadeira;

- ✓ a mais importante prática operacional que deve ser aprimorada é o empilhamento, principalmente quanto a separadores com espessura uniforme e distanciamento constante entre os mesmos na pilha;
- ✓ os programas de secagem usados nas indústrias avaliadas são adequados, entretanto ainda são deficientes nas fases de uniformização e condicionamento;
- ✓ atingir um padrão de qualidade superior e a sua posterior manutenção, depende da execução de procedimentos voltados ao controle de qualidade, principalmente quanto à quantificação de defeitos, da distribuição de umidade e das tensões residuais.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

MARCOS ANDRÉ DUCATTI é Engenheiro Florestal, Mestre em Ciência e Tecnologia de Madeiras pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Bolsista CNPq. E-mail: maducatti@yahoo.com

IVALDO PONTES JANKOWSKY é Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/ USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: ipjankow@esalq.usp.br

ARIEL DE ANDRADE é Engenheiro Florestal, Mestre em Ciência e Tecnologia de Madeiras pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Bolsista CAPES. E-mail: aandrade@esalq.usp.br

A colaboração da Indusparquet - Indústria e Comércio de Madeiras Ltda, da Esul - Esquadrias Uliana Ltda e da Indústria Madeireira Uliana Ltda, foi imprescindível na realização do presente trabalho e os autores querem registrar seus agradecimentos.

Os autores também consideram importante acrescentar que, no decorrer da pesquisa, à medida em que as indústrias recebiam os resultados preliminares procuravam também ouvir as sugestões apresentadas, inclusive buscando iniciativas para minimizar alguns dos problemas detectados. Neste sentido pode-se afirmar que o presente trabalho também propiciou uma integração entre a Indústria e a Universidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARSON, G.B., ed. **Production handbook**. 2.ed. New York: Ronald Press, 1958.
- CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla***. Piracicaba, 1998. 69p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- CODEPAR - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO PARANÁ. **O Paraná e a economia madeireira**. Curitiba, 1964. 2v.
- DUCATTI, M.A. **Diagnóstico da secagem convencional de madeiras no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2000. 84p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.
- JANKOWSKY, I.P. Desenvolvimento e pesquisa em secagem de madeiras. In: WORKSHOP SOBRE SECAGEM DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP, 1998.
- JANKOWSKY, I.P. Fundamentos do controle de qualidade. **Revista indústria moveleira**, n.25, p.40-41, 1991.
- JANKOWSKY, I. P. Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA TROPICAL, 4, Belém, 1999. **Anais**. Belém, 1999. 70p.
- LAMB, F.M. Targeting and achieving the final moisture content. In: LAMB, F.M. **Profitable solutions for quality drying of softwoods and hardwoods**. Charlotte, 1994. p.54-56
- MACFARLANE, K.A.; CASTRO, A.A. Gerenciamento da qualidade com participação integrada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo: ABTCP, 1990. 130p.
- MARTINS, V.A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF/LPF, 1988. 89p.
- OLIVEIRA, J.T.S. A relação água-madeira em eucalipto: o grande desafio. In: WORKSHOP SOBRE SECAGEM DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP, 1998.
- PONCE, R.M.; WATAI, L.T. **Manual de secagem de madeira**. Brasília: MIC / STI / IPT, 1985. 70p.
- PRATT, G.H. **Timber drying manual**. London: Department of the Environment / Building Research Establishment, 1974. 152p.

RASMUSSEN, E.F. **Dry kiln: operator's manual.**
Madison: Forest Products Laboratory, 1961. 197p.

TOMASELLI, I. **Condições da secagem artificial de madeiras serradas no Paraná e Santa Catarina.**
Curitiba, 1974. 111p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

TOMASELLI, I. Pesquisa e desenvolvimento em secagem de madeiras. In: **WORKSHOP SOBRE SECAGEM DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO**, Piracicaba, 1998. **Anais.** Piracicaba: IPEF / ESALQ / USP, 1998.

