



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 109

Julho/1980

PBP/3.4.1

## **EFEITO DO APARELHAMENTO E DO TRATAMENTO PRESERVATIVO SUPERFICIAL NA SECAGEM DA MADEIRA DE *Pinus spp*\***

Ivaldo Pontes Jankowsky\*\*

### I. INTRODUÇÃO

De um modo geral, os programas para a secagem artificial da madeira indicados na literatura especializada são bastante conservadores. Embora a utilização desses programas confira a certeza de que a madeira seca apresentará uma quantidade mínima de defeitos, na maioria das vezes pode-se obter a mesma qualidade da madeira despendendo-se um menor tempo na secagem. Tal fato tem sido comprovado na prática e relatado por diversos pesquisadores.

As técnicas que tem sido mais estudadas visando diminuir o tempo despendido na secagem da madeira são: a utilização de altas temperaturas (acima de 100°C), a secagem automática programada, a eliminação das camadas superficiais das peças de madeira e a aceleração dos programas tradicionais.

O principal benefício do aparelhamento, conforme tem mostrado os estudos conduzidos em outros países, é a eliminação das rachaduras superficiais. A madeira não aparelhada pode apresentar de 2 a 84 vezes mais rachaduras quando comparada aquela aparelhada.

Quanto à aceleração dos programas tradicionais, principalmente baseando-se no método que estuda as tensões envolvidas na madeira durante a secagem, tem sido intensivamente estudada nas últimas décadas em diversos países, permitindo que sejam

---

\* Trabalho extraído do Boletim Informativo PPT nº 8 (jun 1980). Pesquisa Tecnológica para Melhoria da Qualidade do Pinho – ESALQ / Departamento de Silvicultura – Piracicaba – SP.

\*\* Departamento de Silvicultura da ESALQ/USP

preconizadas técnicas específicas para secadores comuns com obtenção de bons resultados. Entretanto, tais métodos foram desenvolvidos quase que exclusivamente para espécies de folhosas, existindo poucas informações na literatura com respeito às coníferas, as quais tem mostrado geralmente padrões de tensões mais complexos e diferentes aos das folhosas.

Por outro lado, a automatização dos controles do secador é um importante fator contribuindo para a diminuição do tempo de secagem da madeira. A utilização de controles automáticos que possam ser programados equivale a ter um operador experiente trabalhando 24 horas por dia em uma única estufa.

Outro aspecto importante que deve ser abordado no processamento de madeira de coníferas é a prevenção quando ao aparecimento de manchas, tanto aquelas causadas por fungos como as que surgem durante o processo de secagem, devido às reações que ocorrem com extrativos presentes na madeira. Neste campo de estudos, infelizmente, ainda são poucas as informações existentes sobre o efeito do tratamento preservador sobre o tempo despendido na posterior secagem da madeira.

Visando fornecer subsídios para a elaboração de programas de secagem, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito do aparelhamento e do tratamento preservativo superficial no tempo despendido para a secagem da madeira de *Pinus* spp.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste experimento foi secada madeira comercial de *Pinus*, cedida pela Freudenberg Indústrias Madeireiras S/Am sediada em Agudos – SP. Esta madeira, normalmente comercializada pela empresa, é originária de diversas espécies, principalmente *Pinus kesiya*, *P. oocarpa*, *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Para efetuar a secagem foi utilizado um secador Hildebrand, de laboratório, com capacidade de 0,1m<sup>3</sup> e controle automático modelo HD 4004V.

Foi executada a secagem de 5 cargas, sendo 4 em estufa e 1 ao ar. A velocidade de circulação do ar na estufa era de aproximadamente 4 m/s.

Cada carga era constituída de 27 peças, dispostas em 9 camadas, com dimensões individuais de 2,5 cm x 10 cm x 50 cm. Os tabiques tinham 1,3 cm de espessura de 2,0 cm de largura. Em função do comprimento reduzido das peças, as mesmas tiveram suas extremidades revestidas com Aquasfalt, da Prema, visando evitar uma acentuada perda de água no sentido longitudinal da madeira.

O acompanhamento da secagem em estufa foi efetuado avaliando-se a perda total de peso da carga e através de determinadores elétricos de umidade conectados nas 4 amostras de controle. A secagem ao ar foi acompanhada através de pesagens das 4 amostras de controle, de acordo com as recomendações de *RASMUSSEN (1961)*.

A tabela 1 apresenta o programa adotado para a secagem em estufa. Esse programa foi elaborado com base nos resultados obtidos por *JANKOWSKY (1979)*, com condições de secagem ligeiramente mais drásticas do que o programa recomendado por *PRATT (1974)*.

**TABELA 1:** Programa utilizado na secagem em estufa de madeira de *Pinus* spp.

| Etapa<br>(umidade da madeira) | Ts (°C) | Tu (°C) | UR (%) | UE (%) | Gradiente de<br>secagem |
|-------------------------------|---------|---------|--------|--------|-------------------------|
| Aqueciemnto                   | 65,0    | 64,0    | 95,0   | 20,0   | -                       |
| Acima de 60%                  | 65,0    | 63,0    | 91,0   | 18,0   | > 3,0                   |
| 50%                           | 65,0    | 62,5    | 88,0   | 16,0   | 3,1                     |
| 40%                           | 65,0    | 59,0    | 74,0   | 11,3   | 3,5                     |
| 30%                           | 70,0    | 58,0    | 55,0   | 7,5    | 4,0                     |
| 25%                           | 75,0    | 58,0    | 43,0   | 5,6    | 4,5                     |
| 20%                           | 80,0    | 56,0    | 32,0   | 4,0    | 5,0                     |
| 15%                           | 80,0    | 51,0    | 23,0   | 3,0    | 5,0                     |
| Uniformização                 | 80,0    | 75,0    | 78,0   | 11,0   | -                       |
| Condicionamento               | 80,0    | 78,0    | 92,0   | 16,0   | -                       |

A uniformização, o condicionamento e os testes para verificar a existência de tensões foram efetuados com base nas recomendações de *RASMUSSEN (1961)*. Resultados obtidos em testes preliminares permitiram estabelecer a duração do condicionamento em 2 horas.

Todas as peças foram examinadas quando à ocorrência de defeitos durante e após a secagem, sendo que findo o condicionamento foram retirados corpos de prova das amostras de controle para os testes de tensão.

Os diferentes tratamentos que foram aplicados às cargas aparelhamento superficial e pincelamento com pentaclorofenato de sódio) constam na tabela 2. O tratamento V (secagem de acordo com um programa tradicional, indicado por *PRATT, 1974*) foi incluído para permitir uma comparação do tempo gasto na secagem.

**TABELA 2:** Tratamento aplicado à madeira de *Pinus* spp submetida à secagem em estufa e ao ar.

| Carga nº | Tratamento efetuado   | Condições da secagem             |
|----------|---|----------------------------------|
| I        | Madeira serrada, preservada por pincelamento com solução de pentaclorofenato de sódio, 5% de concentração                     | Em estufa                        |
| II       | Madeira aparelhada superficialmente, sem preservação  | Em estufa                        |
| III      | Madeira aparelhada superficialmente, preservada por pincelamento com solução de pentaclorofenato de sódio, 5% de concentração | Em estufa                        |
| IV       | Madeira serrada, preservada por pincelamento com solução de pentaclorofenato de sódio, 5% de concentração                     | Ao ar                            |
| V        | Madeira serrada, preservada por pincelamento com solução de pentaclorofenato de sódio, 5% de concentração                     | Em estufa (programa tradicional) |

Durante o processo de secagem procurou-se avaliar o desenvolvimento das tensões internas e determinar o padrão característico, utilizando-se a metodologia preconizada por *MC MILLEN (1975, 1963)*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A representação gráfica das condições de secagem das cargas I, II, III, IV e V constam das figuras 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente.

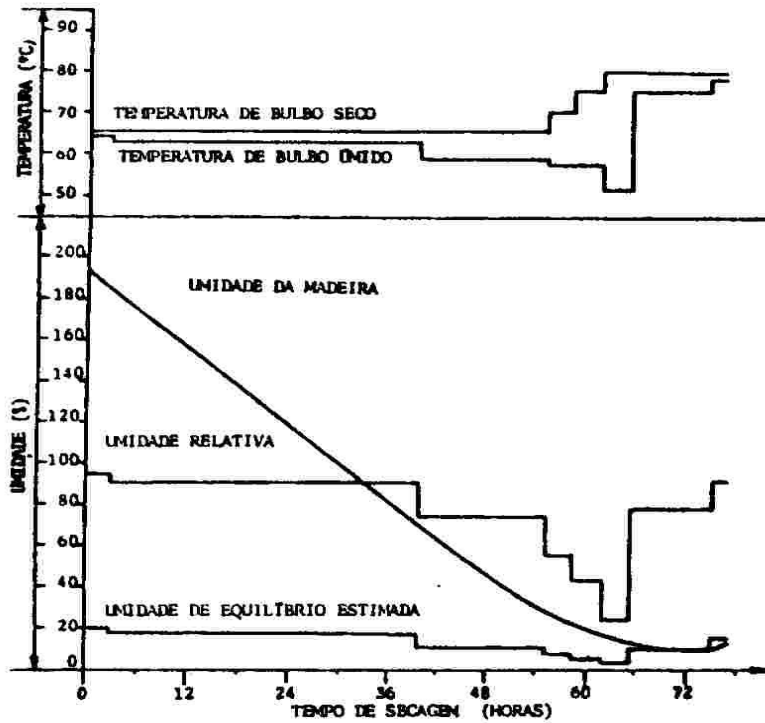
A tabela 3 resume as condições de umidade inicial e da velocidade de secagem, e a quantidade de peças defeituosas é apresentada na tabela 4.

Durante a secagem surgiram rachaduras de topo na maioria das peças nas cargas I, II, III, e rachaduras superficiais em aproximadamente 30% das peças na carga I. Nas peças da carga V não foram visíveis rachaduras de topo ou superficiais. O condicionamento no fim da secagem fez com que as rachaduras desaparecessem, e também aliviou as tensões de secagem, sendo que os testes efetuados na madeira seca não acusaram a existência de tensões.

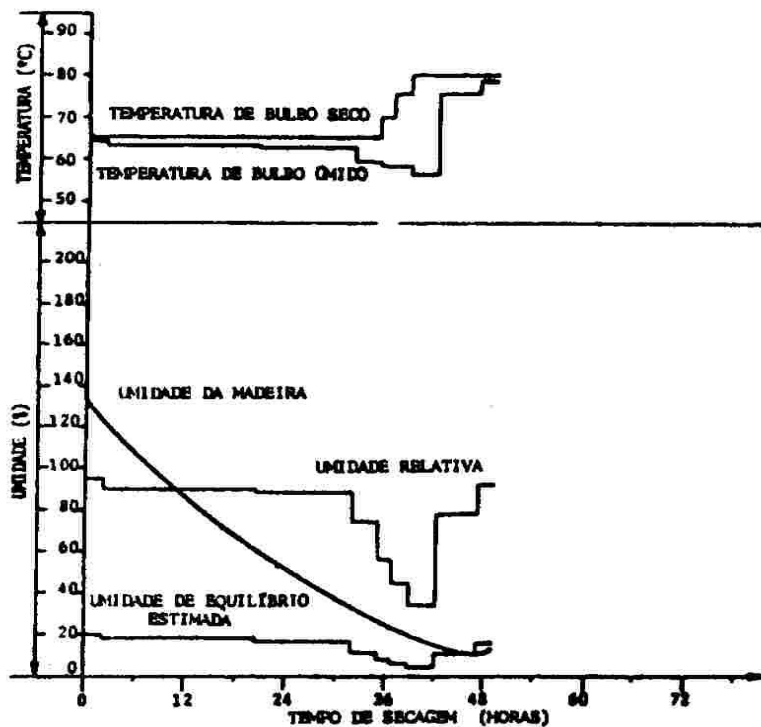
Observando-se a tabela 4, pode-se verificar que a quantidade de defeitos ocorridos foi maior na secagem segundo o programa tradicional (37,0%), decrescendo para as três secagens drásticas (29,6%) e para a secagem ao ar (22,2%). Deve-se levar em consideração, porém, que o tipo de defeito verificado está mais correlacionado às irregularidades da grã e à ausência de uma pressão na parte superior da carga do que às condições de secagem propriamente ditas, fato que também foi observado por *GALVÃO (1976)*.

Em equipamentos industriais, é comum a aplicação de pesos ou barras de ferro tracionadas por molas para reduzir os empenamentos, que geralmente ocorrem nas camadas superiores da carga. Para evitar esse inconveniente, *WENGERT (1972)*, colocou peças de ferro sobre a parte superior da carga para obter pressões de aproximadamente 49,0 kg/m<sup>2</sup>.

Analisando-se o comportamento da madeira serrada e da madeira aparelhada dentro da secagem drástica, verifica-se que a porcentagem de defeitos (Tabela 4) e a velocidade média da secagem (Tabela 3) foram praticamente iguais. A diferença entre os dois tratamentos foi a não ocorrência de rachaduras superficiais na madeira aparelhada. Esses resultados corroboram as afirmações de *MC MILLEN (1969)*, e levam a conclusão de que a melhor contribuição do aparelhamento superficial está na eliminação das rachaduras superficiais.



**FIGURA 1:** Representação gráfica das condições de temperatura, umidade relativa, umidade da madeira e umidade de equilíbrio estimada durante a secagem da Carga I (madeira serrada e preservada).



**FIGURA 2:** Representação gráfica das condições de temperatura, umidade relativa, umidade da madeira e umidade de equilíbrio estimada durante a secagem da carga II (madeira aparelhada e não preservada)

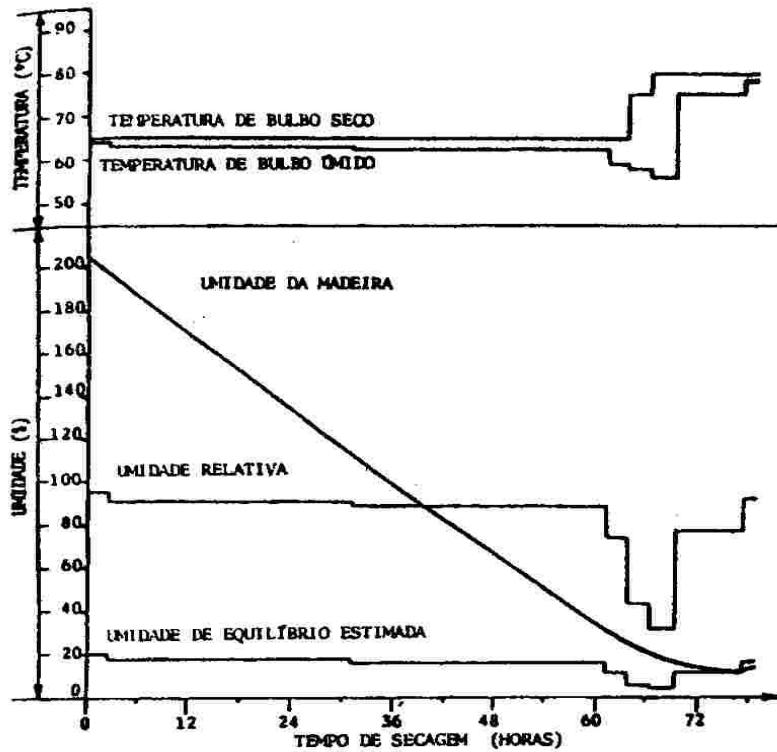


FIGURA 3: Representação gráfica das condições de temperatura, umidade relativa, umidade da madeira e umidade de equilíbrio estimada durante a secagem da carga III (madeira aparelhada e preservada).

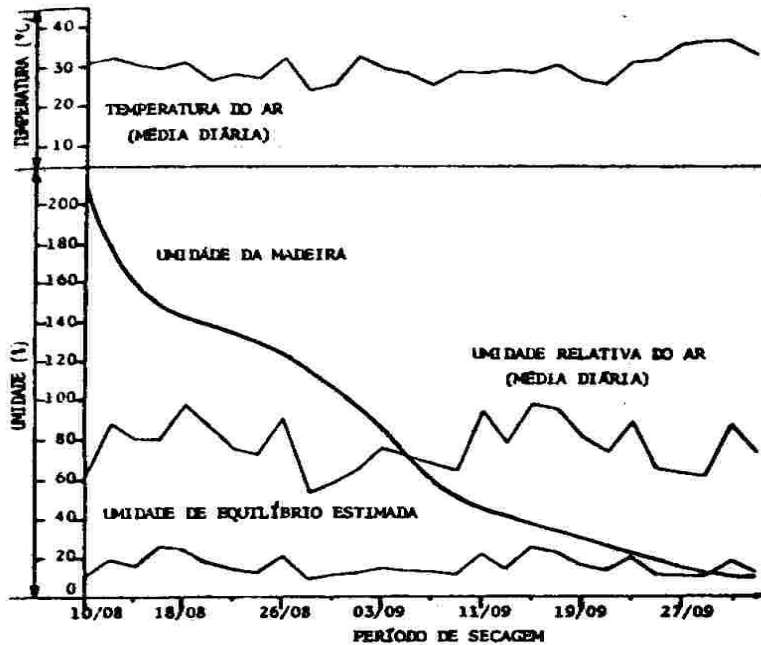


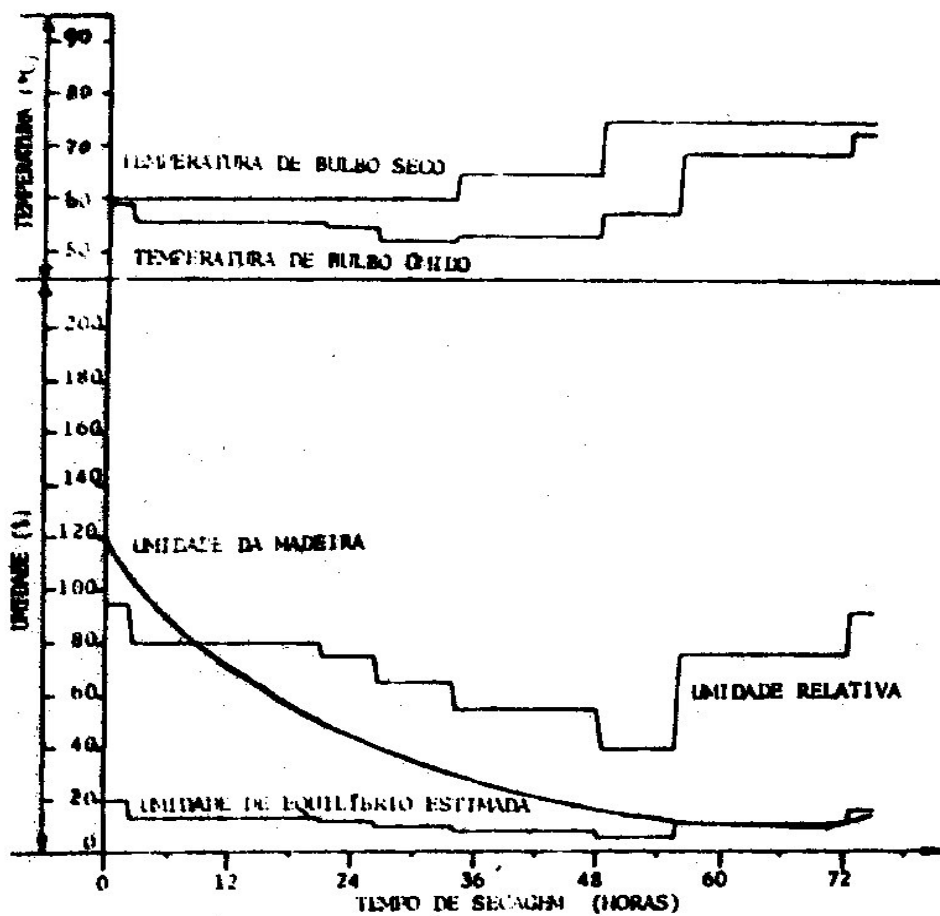
FIGURA 4: Representação gráfica das condições de temperatura, umidade relativa, umidade da madeira e umidade de equilíbrio estimada durante a secagem ao ar da carga IV (madeira serrada e preservada).

**TABELA 3:** Umidade inicial, velocidade e tempo total de secagem da madeira de *Pinus* spp.

| Carga n° | Umidade inicial (%) | Tempo total de secagem (horas) | Velocidade de Secagem (%/h) |                  |       | Tempo de uniformização e condicionamento (horas) | Umidade final (%) |
|----------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------|-------|--|-------------------|
|          |                     |                                | Até a U.S.A.                | Abaixo da U.S.A. | Média |  |                   |
| I        | 193,0               | 76,0                           | 2,96                        | 1,80             | 2,77  | 11,0   | 13,0              |
| II       | 129,0               | 49,0                           | 3,09                        | 1,80             | 2,76  | 7,0  | 13,0              |
| III      | 203,0               | 79,0                           | 2,84                        | 2,25             | 2,75  | 10,0   | 13,0              |
| IV       | 208,0               | 1.200,0                        | 0,18                        | 0,08             | 0,16  | 0,0  | 13,0              |
| V        | 120,0               | 75,0                           | 2,67                        | 0,82             | 1,92  | 19,3   | 13,0              |

Onde: Velocidade de secagem = umidade retirada da madeira em função do tempo de secagem, expressa em porcentagem (de umidade) por hora (de secagem).

U.S.A. = umidade de saturação ao ar (considerada como igual a 30% de umidade).



**FIGURA 5:** Representação gráfica das condições de temperatura, umidade relativa, umidade da madeira e umidade de equilíbrio estimada durante a secagem da carga V. (madeira serrada e preservada, sob programa tradicional).

**TABELA 4:** Defeitos constatados após a secagem da madeira de *Pinus* spp.

| Carga nº | Tipo de defeito     | Nº de peças defeituosas | % em relação à carga |
|----------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| I        | Empenamento torcido | 4                       | 14,8                 |
|          | Encanoamento        | 4                       | 14,8                 |
| II       | Empenamento torcido | 6                       | 22,2                 |
|          | Encanoamento        | 2                       | 7,4                  |
| III      | Empenamento torcido | 7                       | 25,9                 |
|          | Encanoamento        | 1                       | 3,7                  |
| IV       | Empenamento torcido | 6                       | 22,2                 |
| V        | Empenamento torcido | 6                       | 22,2                 |
|          | Encanoamento        | 4                       | 14,8                 |

Do mesmo modo constata-se que não houve diferença de comportamento entre a madeira tratada e a não tratada, tanto em relação aos defeitos como em relação à velocidade de secagem. Isso indica que o tratamento preservativo não afeta o processo de secagem, embora seja recomendável repetir o experimento para comprovar definitivamente essa indicação.

Analisando-se mais detalhadamente a tabela 3, nota-se que, apesar da velocidade média de secagem ser praticamente igual para as três cargas secas segundo o programa drástico, a madeira aparelhada e preservada secou mais vagarosamente até atingir a umidade de saturação ao ar, etapa correspondente à retirada da água capilar. Contudo, não se pode atribuir essa diferença no comportamento unicamente ao aparelhamento superficial e/ou ao tratamento preservativo, pois a heterogeneidade da carga também pode ter contribuído para tal. Provavelmente, trabalhando-se com cargas homogêneas e aumentando-se o número de repetições por tratamento, essa diferença não será evidenciada.

Ainda na tabela 3 verifica-se que a velocidade média de secagem do programa drástico foi 1,4 vezes maior do que a velocidade do programa tradicional, e 17 vezes superior à secagem ao ar. Deve-se salientar que a diferença maior entre as velocidades de secagem dos programas drástico e tradicional foi durante a retirada da água higroscópica, em que a velocidade do programa tradicional foi 2,4 vezes maior. Considerando-se a secagem completa, o programa drástico reduziu em 35% o tempo gasto com o programa tradicional, assumindo-se que a umidade inicial estaria em torno de 120%. Uma vez que a velocidade de remoção da água livre foi apenas 10% mais rápida segundo o programa drástico, quanto maior for a umidade da madeira menor será a redução no tempo gasto. Considerando-se uma carga com umidade inicial de 180%, a economia de tempo seria de 16,0% caso fosse adotado o programa drástico.

Considerando-se que os defeitos ocasionados pelo programa drástico (e que não poderiam ser evitados durante uma secagem industrial) são as rachaduras, esse programa pode ser utilizado para madeira com 2,5 cm de espessura, desde que o produto final não exija madeira rigorosamente isenta de defeitos.

Esses resultados mostram a possibilidade de sucesso na elaboração de programas acelerados. Para tanto é necessário apenas que se determine o padrão característico das tensões de secagem em madeira de *Pinus*. Durante o experimento, tentou-se determinar esse padrão, porém a precisão do instrumento utilizado para medir as deformações da madeira, seguindo o método descrito por *MC MILLEN (1963)*, não foi suficiente para acusar as tensões, impossibilitando uma análise precisa dos dados.



Outro fato que se deve ressaltar é quanto ao tempo gasto na secagem ao ar. Apesar da secagem ao ar ter demorado cerca de 50 dias, o tempo gasto é relativamente pequeno se comparado com a secagem de outras espécies, principalmente folhosas. Isso, aliado ao fato de que os defeitos ocorridos foram apenas empenamento, permite sugerir a secagem ao ar como uma alternativa para os que consomem madeira em pequena escala e não dispõem de equipamentos para a secagem artificial.

De acordo com o trabalho publicado por GALVÃO (1975), os meses de agosto e setembro, na região de Piracicaba, são os que apresentam condições ambientais que resultam nas menores umidades de equilíbrio da madeira durante o ano. Isso significa que o período é mais indicado para a secagem natural. É necessário, porém, que se estude mais detalhadamente a variação anual da umidade de equilíbrio da madeira de *Pinus*, para orientar melhor as possibilidades da secagem ao ar.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e na discussão dos mesmos, pode-se concluir que:

- a. A secagem da madeira de *Pinus*, seguindo-se um programa drástico, reduziu em 35% o tempo gasto em uma secagem tradicional, partindo-se de uma umidade inicial de 120%.
- b. O programa adotado neste experimento pode ser utilizado industrialmente para secar madeira com 2,5 cm de espessura, desde que o produto final não exija madeira rigorosamente isenta de defeitos.
- c. O aparelhamento superficial não reduz significativamente o tempo de secagem, porém contribui para evitar o aparecimento de rachaduras na superfície da madeira.

Do presente trabalho pode-se ainda tirar as seguintes recomendações:

- a. Que seja estudado mais profundamente o efeito do tratamento preservativo, para confirmar a indicação de que o mesmo não altera a velocidade de secagem.
- b. Que seja estudada com maiores detalhes a variação anual da umidade de equilíbrio da madeira de *Pinus*, pois esses dados permitirão uma orientação precisa.

Esta publicação é editada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, convênio Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

É proibida a reprodução total ou parcial dos artigos publicados nesta circular, sem autorização da comissão editorial.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço:

IPEF – Biblioteca  
ESALQ-USP  
Caixa Postal, 9  
Fone: 33-2080  
13.400 – Piracicaba – SP  
Brasil

Comissão Editorial da publicação do IPEF:

Marialice Metzker Poggiani – Bibliotecária  
Walter Sales Jacob  
Comissão de Pesquisa do Departamento de Silvicultura – ESALQ-USP  
Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto  
Prof. João Walter Simões  
Prof. Mário Ferreira

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – Prof. João Walter Simões  
Diretor Técnico – Prof. Helládio do Amaral Mello  
Diretor Administrativo – Luiz Ernesto George Barrichelo

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior