

Janeiro e Fevereiro de 1976

VOL. XXIII

N.º 125

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DE MADEIRA**

Benedito Rocha Vital*

1. INTRODUÇÃO

A secagem da madeira até ao teor de umidade adequado à sua utilização é uma das operações mais importantes na industrialização da madeira (11). A utilização de madeira verde é a causa do aparecimento de inúmeros defeitos, constituindo isto também a principal razão para não utilização ou não aceitação de vários produtos oriundos da madeira (2, 8, 9, 11).

Embora, na prática, existam vários processos de secagem, eles não satisfazem às necessidades de inúmeras indústrias madeireiras. As estufas têm sua utilização limitada, porque estão acima das condições económicas de muitas indústrias. A secagem ao ar livre, apesar de ser um método mais barato, apresenta como inconveniente o longo espaço de tempo necessário para a secagem, além de depender de condições atmosféricas favoráveis (3, 5, 9, 11).

A necessidade de se encontrar um processo eficiente e mais económico tem levado a investigações sobre a utilização de energia solar para secagem de madeira em várias partes do mundo (3, 11, 13).

A eficiente utilização de energia solar depende basicamente da incidência de luz solar e de sua captação e armazenamento na forma de calor (1, 11). Para tanto, vários modelos de secadores têm sido experimentados (3, 4, 7, 11, 12).

Estudos preliminares com secador solar para madeira, na região de Viçosa, mostraram resultados promissores, havendo, contudo, a necessidade de outros estudos para melhor desenvolver essa técnica de secagem de madeira em regiões tropicais.

Os principais objetivos desse trabalho foram:

1. comparar a secagem de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) e bicoiba (*Virola* sp.) ao ar livre e no secador solar;
2. determinar o tempo de secagem necessário para obter-se madeira com 20% de umidade, visando a utilização do secador solar como pré-secador;
3. determinar o tempo de secagem necessário para obter-se madeira com 16% de umidade, ou seja, equivalente ao teor de equilíbrio higroscópico médio para a região de Viçosa.

2. MATERIAL E MÉTODO

O secador solar usado nesse experimento segue em linhas gerais os mesmos

Recebido para publicação em 23-09-1975.

* Auxiliar de Ensino do Departamento de Tecnologia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

princípios descritos por VITAL e COLLOM (12). No entanto, o secador descrito originalmente foi modificado, e apresenta, atualmente, as seguintes características: 2,0 m de largura por 3,0 m de comprimento, 3,0 m de altura, ao norte, e 2,15 m, ao sul. O teto apresenta uma inclinação de 22°50' e está voltado para a direção do norte verdadeiro. O coletor possui uma área de 4,5 m², e apresenta a mesma inclinação do teto. A relação entre a área do teto e o volume do secador é 1:2,41, e a relação entre a área do coletor e o volume do secador é 1:3,48. O secador possui uma capacidade para secagem de até 2,0 m³ de madeira, aproximadamente.

Para a circulação de ar, são utilizados 2 ventiladores com 50 cm de diâmetro, movidos por 2 motores elétricos de 1 HP, com velocidade de 3.000 R.P.M. Não há reversão na circulação do ar.

O teto do secador é recoberto por uma camada de vidro de 5 mm de espessura, e as paredes voltadas para o norte, leste e oeste são recobertas por duas camadas de plástico transparente, separadas entre si por uma camada de ar de 1,00 cm de espessura. A parede sul é constituída de duas camadas de chapa de fibra tipo Duratex.

As aberturas da parede sul para renovação de ar foram mantidas fechadas até que a umidade média da madeira fosse igual ou inferior a 25%. A partir desse teor, elas foram mantidas abertas durante as horas de incidência de sol e mantidas fechadas durante o restante do tempo.

Os pranchões de bicoiba utilizados no estudo possuíam uma espessura de 7,5 cm, e foram obtidos de uma serraria no sul do país. O desdobro das toras foi feito em data anterior a um ano do início do estudo, e os pranchões foram mantidos em empilhamento compacto em área coberta. No início do estudo, o teor médio de umidade era de 42,3%.

As tábuas de eucalipto, com uma espessura de 2,5 cm, provenientes de duas toras desdobradas na serraria da U.F.V., possuíam um teor médio de umidade de 55,6%, no início do experimento. O diâmetro médio das toras era de 38 cm, e após o corte elas foram mantidas à sombra, durante 3 meses, antes de serem desdobradas.

O teor médio de umidade, durante a secagem, tanto para a bicoiba quanto para o eucalipto, foi determinado utilizando-se quatro amostras para cada método de secagem. Duas amostras foram colocadas ao norte e duas ao sul da pilha.

O empilhamento foi feito usando-se sarrafos separadores de 2,5 cm de espessura e 10 cm de largura. A secagem ao ar livre foi feita sobre estacas de madeira com 50 cm de altura.

Para efeito de comparação foram medidos em cada peça de madeira, após a secagem, os valores máximos dos seguintes defeitos: largura e comprimento das fendas, encanoamento, empeno em arco e torcido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de dias requerido para secagem de bicoiba e eucalipto, entre os diversos teores de umidade, é apresentado no Quadro 1 e Figuras 1 e 2.

Os pranchões de bicoiba atingiram 20% de umidade, depois de 39 dias de secagem no secador e 79 dias ao ar livre. Após 105 dias, o teor médio de umidade era 11,3% no secador e 17,4% ao ar livre. Foram necessários 65 dias no secador para que a umidade dos pranchões fosse igual a 16%. Ao ar livre, o teor de 16% de umidade não foi obtido após os 105 dias de secagem.

Uma comparação entre as médias dos defeitos de secagem ao ar livre e no secador (Quadro 2) não mostrou diferenças significativas, embora a média dos defeitos observados na madeira seca no secador solar fosse ligeiramente superior à observada na madeira seca ao ar livre. Não se verificou empeno torcido ou em arco nos dois métodos de secagem.

As tábuas de eucalipto foram secas até um teor médio de 20% de umidade, após 14 dias no secador e 35,5 dias ao ar livre. Após 61 dias de secagem, os teores médios eram 7,9 e 17,8% no secador e ao ar livre, respectivamente. Foram necessários 21 dias para que a madeira atingisse 16% de umidade no secador. Ao ar livre, dentro do período de secagem, não foi possível obter madeira com esse teor de umidade.

Os dois métodos de secagem provocaram o aparecimento de um número excessivo de defeitos. As médias dos maiores defeitos, observados no fim da secagem, se vêem no Quadro 3.

A média da largura de fendas e a média de empenos torcidos foram maiores

QUADRO 1 - Número de dias requeridos entre diversos teores de umidade durante a secagem ao ar livre e no secador solar

Espécie	Métodos de secagem	Número de dias de secagem entre					
		55,6 a 50,0%	50,0 a 40,0%	40,0 a 30,0%	30,0 a 20,0%	20,0 a 16,0%	16,0 a 10,0%
Bicuíba	Ar livre	-	4,0*	22,0	53,0	-	-
Bicuíba	Secador solar	-	1,0*	12,0	26,0	26,0	-
Eucalipto	Ar livre	2,0	3,0	4,5	26,0	-	-
Eucalipto	Secador solar	1,5	1,5	4,0	7,00	6,0	8,0

* Dias requeridos para secagem entre 42,3 e 40%.

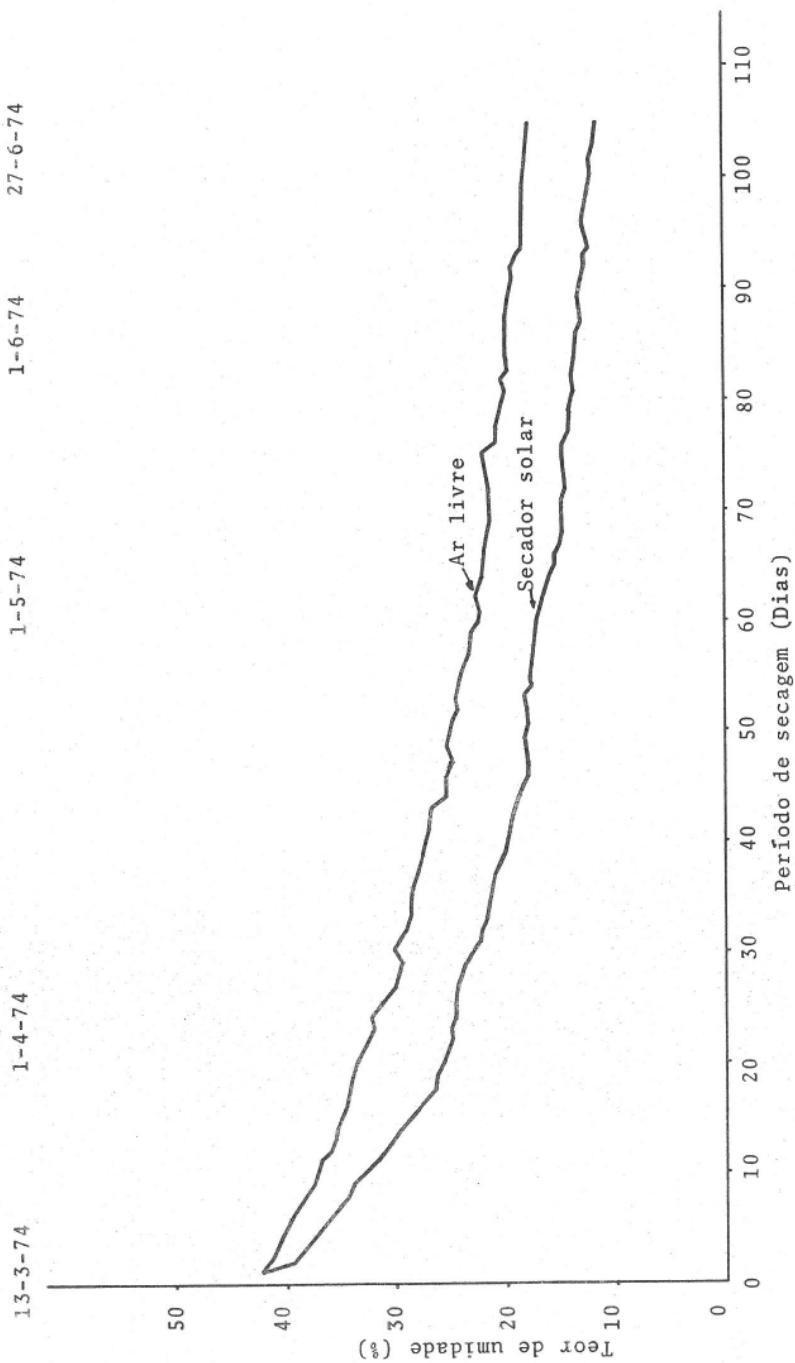


FIGURA 1 - Comparação entre curvas de secagem ao ar livre e no secador solar para bicoíba.

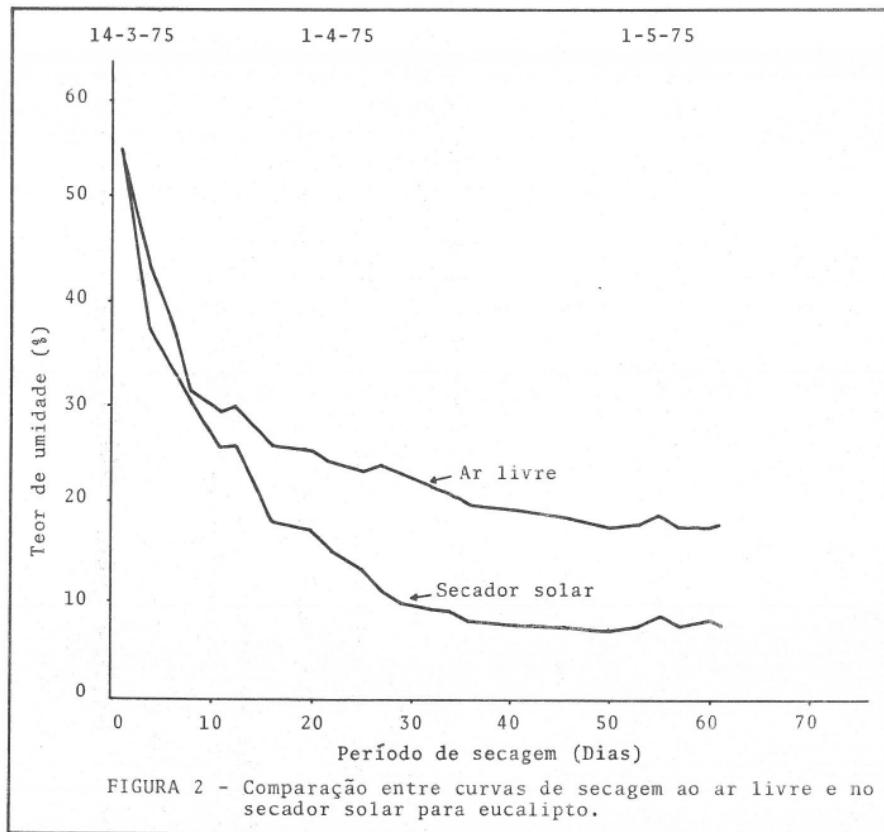


FIGURA 2 - Comparação entre curvas de secagem ao ar livre e no secador solar para eucalipto.

QUADRO 2 - Comparação entre as médias dos defeitos de secagem de bicoíba ao ar livre e no secador (cm)

Defeitos de secagem	Tipo de secagem		Diferença	t (42 GL)
	Secador solar	Ar livre		
Comprimento médio das fendas maiores	10,50	9,88	0,62	0,676 ns
Largura média das fendas maiores	0,35	0,27	0,08	0,098 ns
Encanamento (média dos maiores valores)	0,65	0,58	0,07	0,681 ns

QUADRO 3 - Comparação entre as médias dos defeitos de secagem de eucalipto ao ar livre e no secador solar (cm)

Defeitos de secagem	Tipo de secagem		Diferença	t (64 GL)
	Secador solar	Ar livre		
Comprimento médio das fendas maiores	71,81	57,50	14,31	5,581**
Largura média das fendas maiores	0,68	0,71	0,03	0,745 ns
Encanoamento (média dos maiores valores)	0,45	0,25	0,20	9,363**
Empeno em arco (média dos maiores valores)	0,62	0,37	0,25	9,733**
Empeno torcido (média dos maiores valores)	0,29	0,40	0,11	0,885 ns

** - Significativo ao nível de 1%

ns - Não significativo

em madeira seca ao ar livre do que na madeira seca no secador solar, porém a diferença não foi significativa. A média do comprimento de fendas, encanoamento e empeno em arco foi significativamente maior na madeira seca no secador do que ao ar livre (Quadro 3). Contudo, observando-se esses valores, é necessário enfatizar que a madeira seca ao ar possuía, no fim da secagem, um teor de umidade 2,3 vezes superior ao da madeira seca no secador. Com a magnitude das contrações, causa principal dos defeitos estudados (10), depende do teor de umidade da madeira (9, 10), maiores defeitos podem ser esperados em madeira mais seca. Apesar disso, em razão da elevada ocorrência de todos os tipos de defeitos, mesmo na secagem ao ar livre, é evidente a necessidade de técnicas mais aprimoradas para secagem de eucalipto. Deve-se, contudo, considerar que, além da excessiva contração, a presença de tensão de crescimento, comum em madeira de eucalipto, poderá ter ocasionado o aumento de defeitos. Assim, além de um controle mais efetivo da umidade relativa dentro do secador, que no início da secagem (Figura 3) foi inferior à recomendada para secagem de eucalipto em estufa (6), deve-se, também, estudar o uso de restrições mecânicas para reduzir o aparecimento de defeitos. Durante os dois períodos de secagem, a temperatura média dentro do secador, durante as horas de incidência de luz solar, foi sempre superior à temperatura ao ar livre. A umidade relativa média dentro do secador foi sempre inferior à umidade relativa ao ar livre. Consequentemente, o teor de equilíbrio higroscópico médio foi sempre menor dentro do secador do que ao ar livre. (Figura 3 e 4).

4. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de pranchões de bicoíba (*Virola* sp.) e tábuas de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) durante a secagem em um secador solar e ao ar livre, bem como a obtenção de dados visando o emprego da energia solar para a secagem de madeira.

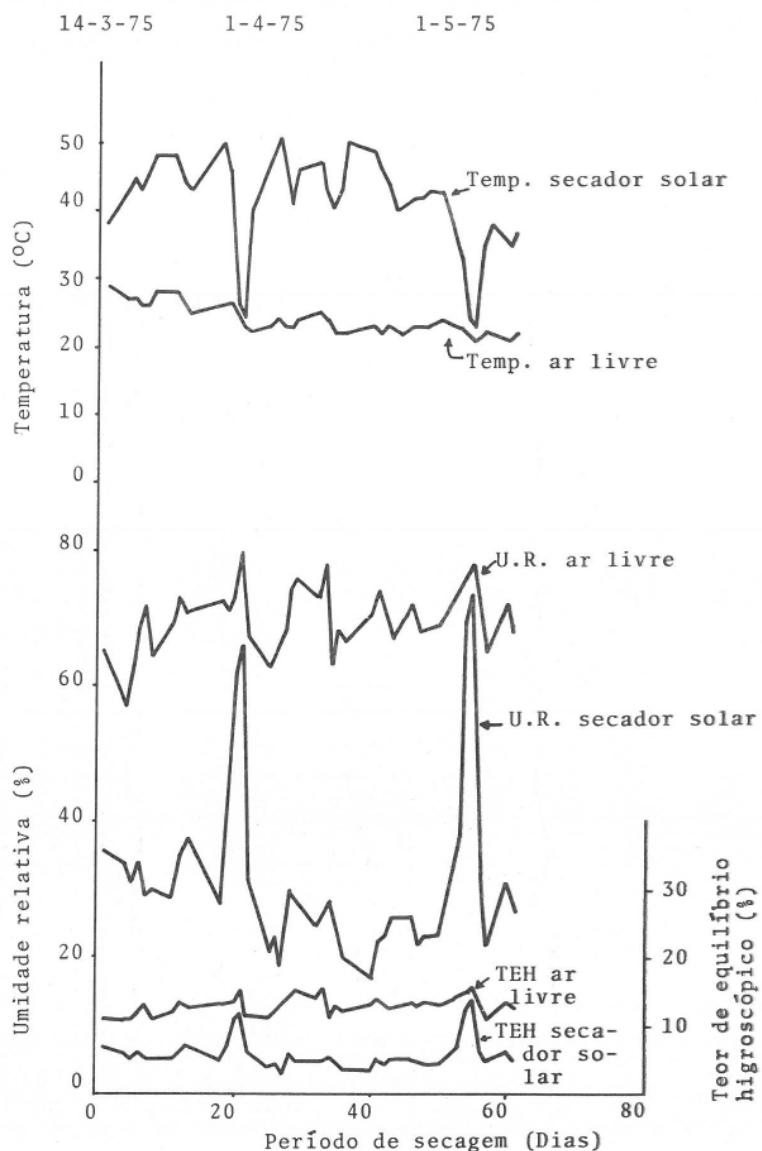


FIGURA 3 - Comparação entre temperatura, umidade relativa e teor de equilíbrio higroscópico médios dentro do secador e ao ar livre durante a secagem de eucalipto.

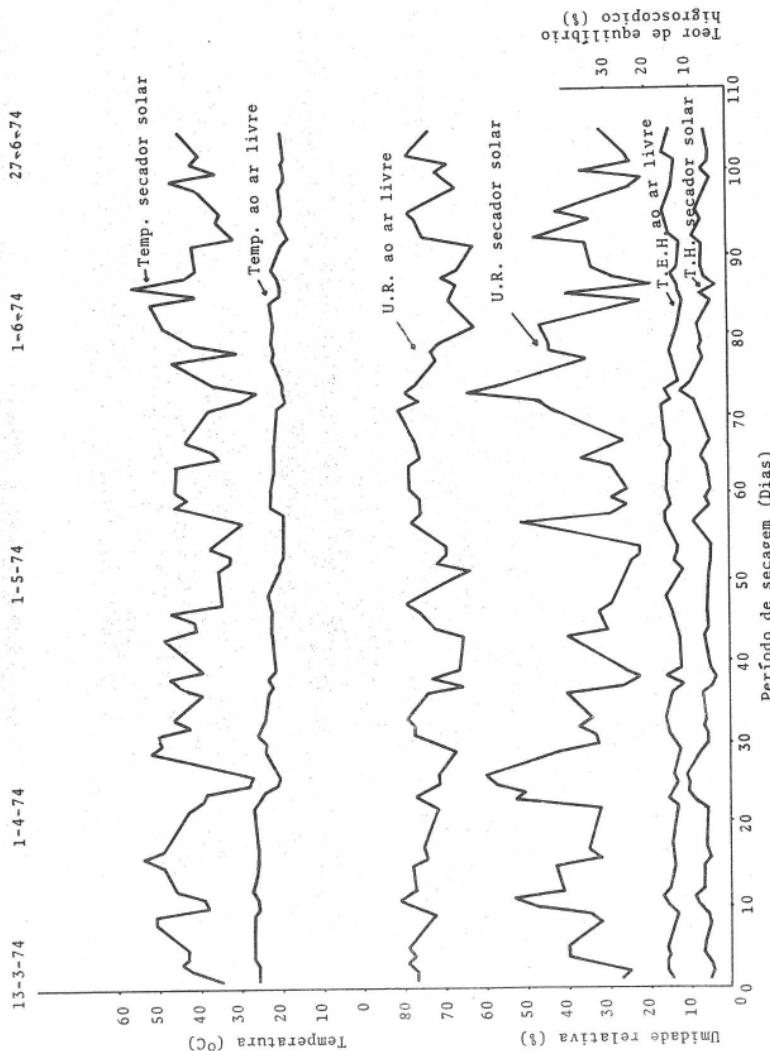


FIGURA 4 - Comparação entre temperatura, umidade relativa e teor de equilíbrio higroscópico médios dentro do secador e ao ar livre durante a secagem de bicoúba.

O gradiente de secagem dentro do secador, durante as horas de insolação, foi sempre superior ao gradiente de secagem observado ao ar livre e foi superior ao recomendado para a secagem inicial de eucalipto.

A secagem de bicoiba até 20% de umidade foi feita em aproximadamente metade do tempo necessário para se obter o mesmo teor ao ar livre. A secagem até o teor de equilíbrio higroscópico foi feita em 65 dias no secador solar. Não houve diferença significativa no aparecimento de defeitos de secagem, segundo os dois métodos.

A secagem de eucalipto até 20% de umidade foi feita em 14 dias no secador e 35,5 dias ao ar livre. Foram necessários 21 dias de secagem no secador para se atingir o teor de equilíbrio higroscópico. A madeira seca no secador solar apresentou defeitos de secagem mais severos. Como os dois métodos de secagem causaram excessiva ocorrência de defeitos, sugere-se a utilização de um controle mais efetivo de umidade relativa e o uso de restrição mecânica durante a secagem de eucalipto.

5. SUMMARY

Matched planks of bicoiba (*Virola* sp.) and boards of eucalyptus (*Eucalyptus saligna*) were air and solar dried. The drying gradient during the insulation hours was always higher inside the solar dryer than outside. The drying time in the solar dryer to achieve a moisture content of 20% was about one-half that required in a yard. Bicoiba planks solar dried to a final moisture content of 11.3% showed the same amount of drying defects as the lumber air dried to a final moisture content of 17.4%. In eucalyptus, both methods caused high amounts of drying defects. Temperature and relative humidity conditions in the solar dryer were harsher than those called for in an appropriate kiln drying schedule for eucalyptus.

6. LITERATURA CITADA

1. BANKS, O.H. *Solar drying of timber — a development study*. Pretoria, Graphic Art Division of the CSIR, 1969. 27 p. (HOUT Note 10).
2. BROWN, N. C. & BETHEL, J.S. *Lumber*. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1958. 379 p.
3. CASIN, R.F. *Solar dryer for lumber*. Largura, Forest Products Research Institute, 1967. 3 p. (FPRI Technical Note 76).
4. CHUDNOFF, M.; MALDONADO, E.D. & GOYTIA, E. *Solar drying of tropical hardwoods*. Rio Piedras, Institute of Tropical Forestry, 26 p. 1966. (Forest Service Research Paper ITF-2).
5. KININMONTH, J.A. *Forced air drying of New Zealand timbers*. Wellington, Forest Research Institute, 1967. 16 p.
6. MCMILLEN, J.M.; BOIS, P.J. *Kiln schedules for foreign woods*. Madison, Forest Laboratory, 1972. 5 p. (Forest Products Utilization Technical Report n.º 2).
7. PECK, E.C. Drying 4/4 red oak by solar heat. *Forest Products Journal*. 12(3): 103-107. 1962.
8. RASMUSSEN, E.F. *Dry kiln operator's manual*. Madison, Forest Products Laboratory, 1961. 197 p. (Agriculture Handbook n.º 188).
9. RIETZ, R.C. *Air drying of lumber: a guide to industry practices*. Madison, Forest Products Laboratory, 1971. 110 p. (Agriculture Handbook n.º 402).
10. SKAAR, C. *Water in wood*. Syracuse, Syracuse University Press, 218 p. (Syracuse Wood Science Series, 4).
11. TROXEL, H.E. & MUELLER, L.A. Solar lumber drying in the Central Rocky Mountain Region. *Forest Products Journal*. 18(1):19-24. 1968.

12. VITAL, B.R. & COLLOM, J.L. *Secador solar para madeira*. Viçosa, Imprensa Universitária, 1974. 34 p.
13. WENGERI, E.M. *Improvements in solar dry kiln design*. Madison, Forest Products Laboratory, 1971. 10 p. (FPL 0212).