

Retratibilidade da madeira de *Pinus caribæa* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com a umidade e densidade

Wood shrinkage of *Pinus caribæa* var. *hondurensis* and *Eucalyptus grandis* and their relationships with moisture content and specific gravity

Marcos Antonio de Rezende

RESUMO: Foi estudada a retratibilidade da madeira de *Pinus caribæa hondurensis* e *Eucalyptus grandis*, nos sentidos axial, radial e tangencial. Além das variações com a umidade, procurou-se também estudar as variações da retratibilidade com a própria densidade da madeira. Os resultados mostraram que a retratibilidade volumétrica da madeira do pinus e eucalipto variou segundo uma curva exponencial do tipo $R_v = R_{v_{\max}} e^{-ku}$. A retratibilidade volumétrica máxima apresentou um crescimento de forma linear com a densidade a 0% e com a densidade básica, cujas equações ajustadas foram, respectivamente, de: $R_{v_{\max}} = 3,01 + 19,15\rho_0$ e $R_{v_{\max}} = 1,96 + 24,28\rho_b$. Verificou-se também que a retratibilidade tangencial foi 1,3 vezes maior que a radial e de 9,0 vezes maior que a axial.

PALAVRAS-CHAVE: Retratibilidade da madeira, Densidade básica, Massa específica, Umidade da madeira

ABSTRACT: It had been studied the dimensional variations *Pinus caribæa* var. *hondurensis* and *Eucalyptus grandis* wood, emphasizing the axial, radial, tangential and volumetric shrinkage. The results had shown that the volumetric shrinkage of *Pinus* and *Eucalyptus* varied according to an exponential curve, $R_v = R_{v_{\max}} e^{-ku}$. The total or maximum volumetric shrinkage showed a linear behavior with the specific gravity on basis of oven-dry mass and volume and the same behavior as respect of the specific gravity, where the adjusted equations were, respectively: $R_{v_{\max}} = 3,01 + 19,15\rho_0$ e $R_{v_{\max}} = 1,96 + 24,28\rho_b$. It was also verified that the tangential shrinkage was 1,3 times greater than the radial one and 9,0 times greater than the axial one.

KEYWORDS: Wood shrinkage, Specific gravity, Moisture content

INTRODUÇÃO

A madeira é uma matéria-prima porosa e higroscópica, com capacidade de trocar continuamente água com o meio ambiente, buscando sempre uma condição de equilíbrio de potencial energético entre estes dois meios. A secagem natural da madeira é um processo que pode ser bastante lento e que depende

da sua densidade, porosidade e dimensões da peça. Quando uma peça de madeira perde água diminuindo sua umidade, além da perda de massa, ela sofre uma diminuição em suas dimensões, denominada de retratibilidade linear e, conseqüentemente, em seu volume, denominado de retratibilidade volumétrica. O procedimento inverso também

acontece quase na mesma proporção, mostrando sempre um aumento do volume com o aumento da umidade, denominado expansão volumétrica.

As variações dimensionais para a madeira processam-se praticamente até um valor fixo de umidade, que para a maioria das espécies está em torno de 28%; este valor é denominado ponto de saturação das fibras da madeira (PSF).

O que ocorre geralmente em uma peça de madeira durante a secagem é que, enquanto algumas regiões já tenham atingido a umidade no limite da estabilidade, outras regiões localizadas no interior da peça ainda não atingiram este limite e não começaram a retrair. Isto mostra que as retrações para pontos diferentes na madeira não ocorrem simultaneamente. Este aspecto será tanto mais evidente quanto maiores forem os gradientes de umidade durante a secagem, sendo estes dependentes da densidade e das dimensões da peça de madeira (Rezende, 1997). Assim, os gradientes de umidade têm influência considerável na curva de retratibilidade da madeira.

A densidade da madeira, por sua vez, está intimamente ligada à sua umidade por causa das variações em massa e volume. Portanto, para a determinação dessa característica física, é necessário também o conhecimento da retratibilidade volumétrica da madeira. Sabe-se, entretanto, que a retratibilidade volumétrica máxima da madeira aumenta linearmente com sua densidade (Kollmann e Côté, 1968; Rezende, 1987; Rezende, 1997).

As alterações dimensionais na madeira não são isotrópicas (Parayno, 1984; Galvão e Jankowsky, 1985), comportando-se diferentemente nas direções longitudinal, radial e tangencial.

O estudo do comportamento das variações dimensionais da madeira é essencial para a sua utilização industrial e as relações existentes en-

tre densidade, umidade, retratibilidade e expansão volumétrica da madeira são de fundamental importância para um aproveitamento mais eficiente dessa matéria-prima.

O trabalho em questão procurou estudar com detalhes os aspectos relacionados com a retratibilidade da madeira de *Pinus caribæa* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com a umidade e densidade da madeira.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostragem

As amostras em forma de discos foram extraídas do diâmetro na altura do peito de 15 árvores de *Pinus caribæa* var. *hondurensis*, procedentes de Esplanada (Bahia), com idade de oito anos e outras 15 árvores de *Eucalyptus grandis*, procedentes de Jundiá (São Paulo), também com oito anos de idade.

De cada disco foram retiradas nove amostras de madeira em regiões localizadas na posição intermediária, entre a medula e a extremidade (casca), preparadas com dimensões aproximadas de 2 x 2 x 3cm, em forma de paralelepípedo, com aresta lateral maior orientada na direção axial e as outras nas direções radial e tangencial.

Determinação da retratibilidade da madeira

As amostras foram colocadas para saturação submersas em água, por um período de aproximadamente 30 dias para o pinus e 60 dias para o eucalipto.

Logo após a saturação, as amostras foram então submetidas a um processo de secagem natural, até atingirem a umidade de equilíbrio com o ambiente do laboratório, em torno de 12%. A partir desta umidade, a secagem passou a ser artificial, sendo as amostras colocadas em estufa com temperatura inicial de 50°C,

a qual foi gradativamente aumentada até atingir uma temperatura final de 105°C, e mantida nesta condição até a madeira alcançar a umidade de 0%. Durante todo este processo, as amostras foram submetidas a sucessivas sessões de pesagens (utilizando-se uma balança eletrônica de precisão Gehaka BG 400g - 0,001g) e medidas suas dimensões nas três direções anatômicas com um paquímetro de precisão Mitutoyo (0,001cm).

A cada sessão de medição, calcularam-se a umidade, a densidade aparente e as dimensões das amostras. Com estes valores foi possível calcular a retratibilidade linear nas direções axial, radial e tangencial, para diversos valores de umidade, desde a amostra perfeitamente saturada até sua completa secagem.

A retratibilidade linear foi determinada através da equação 1, de acordo com a NBR 7190/97. (ABNT, 1997):

$$R = \frac{D_v - D_u}{D_v} 100 \quad (1)$$

sendo:

R= Retratibilidade linear em %;

D_v = Dimensão linear na condição de volume verde ou saturado, em cm;

D_u = Dimensão linear na condição de umidade desejada, em cm.

Quando a umidade u for igual a zero, obtém-se $D_u = D_o$ e, com o auxílio da equação 1, determinou-se a retratibilidade linear máxima.

Para a determinação da retratibilidade volumétrica, utilizou-se a equação 2:

$$R_v = \frac{V_v - V_u}{V_v} 100 \quad (2)$$

sendo:

R_v = Retratibilidade volumétrica em %;

V_v = Volume verde ou saturado (máximo) (cm³);

V_u = Volume na umidade desejado u % (cm³).

Na equação 2, quando a umidade for nula, tem-se que $V_u = V_o$ (volume seco da amostra, ou volume a 0%). Neste caso, determinou-se a

retratibilidade volumétrica total ou máxima. Com os valores obtidos para massa seca (M_o), volume seco (V_o) e volume verde ou saturado da amostra (V_v), foi possível determinar as seguintes relações para densidade:

1- Densidade a 0% (r_o), em g/cm³, dada pela relação:

$$r_o = \frac{M_o}{V_o} \quad (3)$$

2- Densidade básica (r_b), em g/cm³, dada pela relação:

$$r_b = \frac{M_o}{V_v} \quad (4)$$

Ainda com os dados de massa da amostra (M_u) na umidade u e volume da amostra (V_u), obteve-se a densidade aparente (r_u), em g/cm³ dada pela equação 5:

$$r_u = \frac{M_u}{V_u} \quad (5)$$

A umidade da madeira foi determinada pela equação 6:

$$u = \frac{M_u - M_o}{M_o} 100 \quad (6)$$

Sendo:

U= Umidade na base de massa seca, denominada aqui por "umidade", %;

M_u = Massa da madeira úmida (g);

M_o = Massa da madeira anidra (g).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nas Figuras 1 e 2, referentes, respectivamente, ao eucalipto e ao pinus, mostram a variação da retratibilidade volumétrica com a umidade, desde a madeira perfeitamente saturada em água, até a sua secagem completa.

Os valores percentuais apresentados nas Figuras 1 e 2 são valores médios para a umidade e retratibilidade, utilizando-se peças de madeira com dimensões 2 x 2 x 3cm. Pode-se verificar que a retratibilidade da madeira variou segundo uma curva exponencial com a umida-

de. A equação(7) ajustou-se muito bem neste caso:

$$R_v = R_{v_{\text{máx}}} e^{-ku} \quad (7)$$

Sendo:

R_v = Retratibilidade volumétrica desde a amostra saturada até a umidade $u\%$ (%);

$R_{v_{\text{máx}}}$ = Retratibilidade volumétrica total (máxima) desde a amostra saturada até sua completa secagem para $u\%=0$ (%);

K = Constante definida como "constante de retratibilidade".

Os valores das constantes $R_{v_{\text{máx}}}$ e de k foram determinadas pelo ajuste da curva exponencial, utilizando-se o software Origin 5.0 (Microcal).

Existe uma explicação lógica para o comportamento exponencial das curvas mostradas nas Figuras 1 e 2.

A diminuição da umidade da madeira durante o processo de secagem não ocorre de forma homogênea ao longo da peça, ela ocorre de forma mais acentuada na parte externa da madeira, a qual está em contato com o meio ambiente (Aguiar, 1980). A água localizada no interior da peça vai migrando por um processo de difusão para a parte externa, continuando assim o processo de secagem. O gradiente de umidade ao longo da peça de madeira depende das dimensões e densidade da peça (Rezende, 1995).

A retração, por sua vez, ocorre para umidades abaixo do PSF e, portanto, deverá também iniciar, quando a umidade atingir esse ponto, pela parte externa da peça e progredir também de forma lenta para o interior da peça.

Os valores de umidade utilizados nas Figuras 1 e 2 são valores médios de toda a peça de madeira, os quais não mostram os gradientes existentes na amostra. Entretanto, eles existem e podem justificar o comportamento exponencial das Figuras 1 e 2. Sabe-se, entretanto, que se as amostras fossem suficientemente peque-

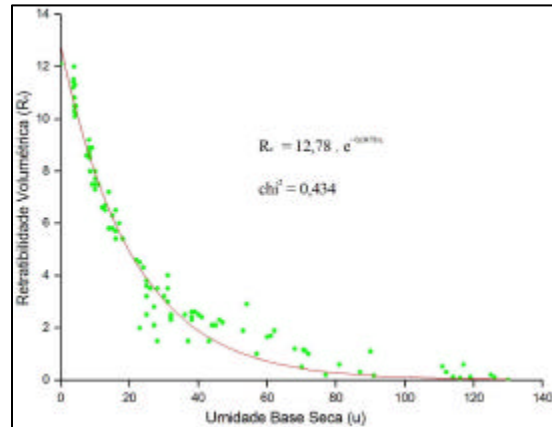


Figura 1

Curva de retratibilidade volumétrica em função da umidade da madeira, obtida experimentalmente com amostras de *Eucalyptus grandis* (2 x 2 x 3cm) (Curve of volumetric shrinkage in function of moisture content, experimentally obtained with samples of *Eucalyptus grandis* with dimensions (2 x 2 x 3cm))

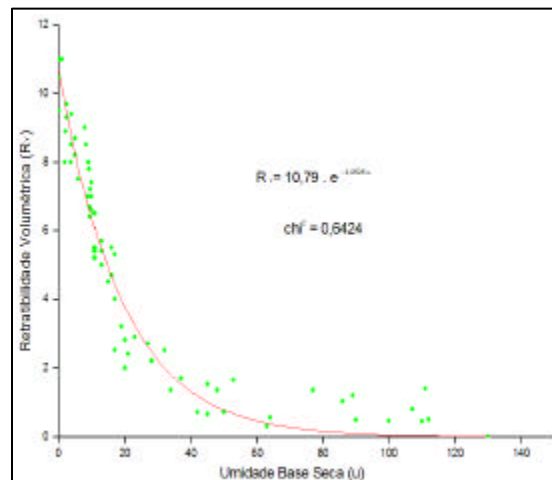


Figura 2

Curva de retratibilidade volumétrica em função da umidade da madeira obtida experimentalmente para amostras de *Pinus caribaea* var: *hondurensis* com dimensões de 2 x 2 x 3cm. (Curve of volumetric shrinkage in function of moisture content, experimentally obtained with samples of *Pinus caribaea* var: *hondurensis* with dimensions 2 x 2 x 3cm)

nas, com dimensões inferiores a 1,0cm, o comportamento da retratibilidade seria praticamente linear já que os gradientes de umidade seriam bem menores. Este aspecto foi analisado por Rezende (1997).

Sabe-se, também pela literatura, que a retratibilidade volumétrica máxima ($R_{vm\acute{a}x}$) pode ser considerada exclusivamente dependente da densidade da madeira, não importando a espécie e a variedade (Kollmann e Côté, 1968). A constante de retratibilidade proposta k , além de variar com a densidade, mostrou-se também variável com as dimensões das peças, devido aos gradientes de umidade (Rezende, 1997).

Aplicando-se a equação 7, por exemplo, para um valor de $k=0,05$, tem-se as seguintes condições de contorno:

- 1- Para $u=0$, tem-se $R_v=R_{vm\acute{a}x}$.
- 2- Para um valor acima da umidade de saturação, como, por exemplo, $u=102\%$, tem-se que $R_v=0,03\%$, o que é praticamente nulo.

Estes valores encontrados estão perfeitamente concordantes com a realidade física e mostram que a escolha da equação foi apropriada.

Para o *Eucalyptus grandis* (Figura 1), a equação ajustada foi $R_v=12,78e^{-0,0478u}$ e para o *Pinus hondurensis* (Figura 2) tem-se que $R_v=10,79e^{-0,0478u}$. Logicamente, para o *Eucalyptus grandis*, a equação mostra um valor maior para $R_{vm\acute{a}x}$ sendo de 12,78% contra 10,79% para o *Pinus hondurensis*. Isto é devido a sua maior densidade. O coeficiente de retratibilidade proposto k foi maior para o *Pinus hondurensis*, sendo de 0,0526, contra 0,0478 do *Eucalyptus grandis*, mostrando ser esta constante relacionada com o inverso da densidade. É conveniente sugerir aqui um estudo mais detalhado, variando-se também as dimensões das peças de madeira.

A Figura 3 mostra os valores da retratibilidade linear do *Pinus hondurensis* em cada direção anatômica (axial, radial e tangencial), incluindo-se a retratibilidade volumétrica.

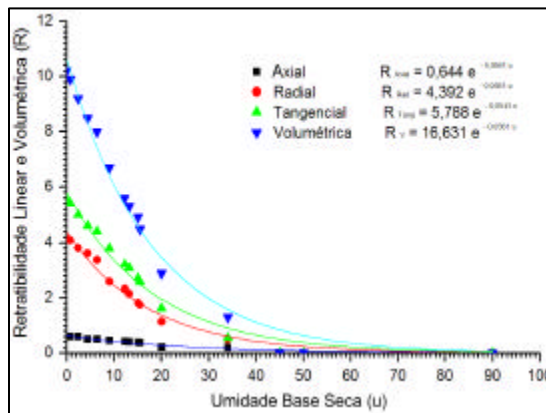


Figura 3

Curvas de retratibilidade da madeira do *Pinus caribaea* var: *hondurensis* para as diferentes direções anatômicas em função da umidade base seca. (Curves of wood shrinkage of *Pinus caribaea* var: *hondurensis* for the different structural directions in function of moisture content)

As equações correspondentes a cada uma das curvas são observadas juntamente com a Figura 3. Pode-se observar nesta figura que, para $u=0$ obtêm-se os valores máximos para retratibilidade linear e volumétrica. Portanto, os valores máximos percentuais correspondentes para retratibilidade axial, radial, tangencial e volumétrica foram, respectivamente, de 0,64%; 4,39%; 5,79% e 10,63%.

Diante desses resultados, pode-se verificar que a retratibilidade tangencial foi de 1,3 vezes maior do que a radial e de 9,0 vezes maior do que a axial. Estes resultados estão de acordo com a literatura, porém, deve-se ressaltar que estas razões podem sofrer alterações dependendo da posição no disco da qual foi retirada a amostra, visto que a densidade pode variar consideravelmente no sentido medula-casca (Rezende, 1995; Mattos et al, 1999; Pereira et al, 2000).

A Figura 4 mostra, para as duas espécies consideradas, o crescimento linear da retratibilidade volumétrica total com a densidade a 0%. A equação de regressão linear ajustada neste caso foi $R_{vm\acute{a}x}=3,01+19,15\rho_0$.

A Figura 5, igualmente para as duas espécies consideradas, mostra também o crescimento da retratibilidade volumétrica total com a densidade básica, cuja equação encontrada foi $R_{vm\acute{a}x} = 1,96 + 24,28\rho_b$.

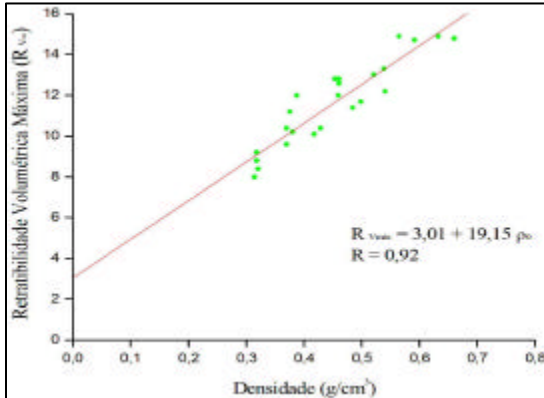


Figura 4
Retratibilidade volumétrica máxima ($R_{vm\acute{a}x}$) em função da densidade a 0% (ρ_0), para amostras de *Pinus caribæa* var: *hondurensis* e *Eucalyptus grandis*.
(Total volumetric shrinkage ($R_{vm\acute{a}x}$) in function of specific gravity at 0% (ρ_0), for samples of *Pinus caribæa* var: *hondurensis* and *Eucalyptus grandis*)

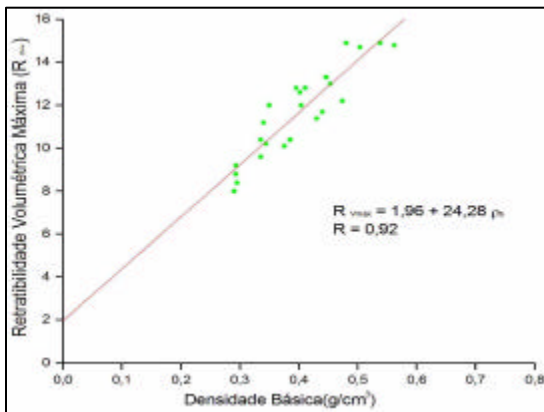


Figura 5
Retratibilidade volumétrica máxima, em função da densidade básica (ρ_b) para amostras de *Pinus caribæa* var: *hondurensis* e *Eucalyptus grandis*.
(Total volumetric shrinkage, in function of basic specific gravity on basis of oven dry mass and green volume (ρ_b), for samples of *Pinus caribæa* var: *hondurensis* and *Eucalyptus grandis*)

Kollmann e Côté (1968) apresentaram um resultado simplificado para o cálculo da

retratibilidade em função da densidade básica, onde a equação de regressão ajustada passa pelo ponto (0,0) e é dada por $R_{vm\acute{a}x} = 28\rho_b$. Outro resultado foi apresentado por Kubler (1980). Para uma comparação metodológica foi feita uma adaptação, calculando a retratibilidade volumétrica a partir dos dados da retratibilidade em cada direção anatômica. Para isso utilizou-se da equação 8, proposta por Rezende (1997).

É importante também enfatizar que a retratibilidade máxima volumétrica obtida $R_{vm\acute{a}x} = 10,63$ é igual à soma das retratibilidades máximas axial, radial e tangencial. Os resultados também permitem concluir que a retratibilidade volumétrica pode ser dada pela equação abaixo:

$$R_v = 1,05 (R_{rad} + R_{tang}) \quad (8)$$

A Tabela 1 mostra os valores comparativos da retratibilidade volumétrica máxima obtida pela equação de regressão proposta: $R_{vm\acute{a}x} = 1,96 + 24,28\rho_b$, e também os valores fornecidos por Kollmann e Côté (1968), por meio da equação $R_{vm\acute{a}x} = 28\rho_b$.

Pode-se verificar por esta tabela, que os desvios foram menores para uma faixa intermediária da densidade básica, próxima a 0,50g/cm³, mostrando-se crescente à medida em que se afasta deste valor. Para menores valores da densidade básica, a tendência é de aumentar-se esse desvio. Esse resultado apresenta uma certa lógica, pois a equação de regressão $R_{vm\acute{a}x} = 28\rho_b$ passa pelo ponto (0,0) e limita a precisão dos resultados para menores e maiores valores de densidade básica.

Na Tabela 2 apresentam-se os valores obtidos pela adaptação de Kubler (1980), por meio da equação de regressão $R_{vm\acute{a}x} = 4,26 + 16,78\rho_0$ e os resultados obtidos no presente trabalho com o uso da equação de regressão $R_{vm\acute{a}x} = 3,01 + 19,15\rho_0$. Nota-se que, embora os resultados experimentais tenham sido obtidos com espécies diferentes, em regiões com diferentes condições climáticas e edáficas, eles são bastante semelhantes, reafirmando assim a validade das equações experimentais propostas neste trabalho.

Tabela 1

Valores comparativos da retratibilidade volumétrica máxima fornecidos pela equação de regressão $R_{vm\acute{a}x} = 28\rho_b$, apresentada por KOLLMANN & CÔTÉ (1968), e a equação $R_{vm\acute{a}x} = 1,96 + 24,28\rho_b$ aqui proposta. (Comparative values of total volumetric shrinkage supplied for the regression equation $R_{vm\acute{a}x} = 28\rho_b$, presents by KOLLMANN & CÔTÉ (1968), and the equation $R_{vm\acute{a}x} = 1,96 + 24,28\rho_b$ proposal)

ρ_b (g/cm ³)	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
$R_{vm\acute{a}x}$ (KOLLMANN)	5,6	7,0	8,4	9,8	11,2	12,6	14,0	15,4	16,8	18,2	19,6	21,0	22,4
$R_{vm\acute{a}x}$ (REZENDE)	6,8	8,0	9,2	10,5	11,7	12,9	14,1	15,3	16,5	17,7	19,0	20,2	21,4
Desvio(D%)	17,6	12,5	8,7	6,7	4,2	2,3	0,7	-0,6	-1,8	-2,8	-3,2	-4,0	-4,7

$$D\% = \frac{R_{v_{m\acute{a}x}}(\text{Re zende}) - R_{v_{m\acute{a}x}}(\text{Kollmann})}{R_{v_{m\acute{a}x}}(\text{Re zende})} \cdot 100$$

Tabela 2

Valores comparativos da retratibilidade volumétrica máxima, obtidos pela equação de regressão da adaptação dos dados experimentais de KUBLER (1980): $R_{vm\acute{a}x} = 3,01 + 19,15\rho_0$ e pela equação aqui proposta: $R_{vm\acute{a}x} = 4,26 + 16,74\rho_0$. (Comparative values of total volumetric shrinkage obtained by the regression equation of the adaptation of the experimental data of KLUBER (1980): $R_{vm\acute{a}x} = 3,01 + 19,15\rho_0$ and by the equation proposal: $R_{vm\acute{a}x} = 4,26 + 16,74\rho_0$)

ρ_b (g/cm ³)	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
$R_{vm\acute{a}x}$ (KUBLER)	6,8	7,8	8,8	9,7	10,7	11,6	12,6	13,5	14,5	15,4	16,4	17,4	18,3
$R_{vm\acute{a}x}$ (REZENDE)	7,6	8,4	9,3	10,1	11,0	11,8	12,6	13,5	14,3	15,1	16,0	16,8	17,7
Desvio (D%)	10,5	7,1	5,4	4,0	2,7	1,7	0,0	0,0	-1,4	-2,0	-2,5	-3,6	-3,4

$$D\% = \frac{R_{v_{m\acute{a}x}}(\text{Re zende}) - R_{v_{m\acute{a}x}}(\text{Kubler})}{R_{v_{m\acute{a}x}}(\text{Re zende})} \cdot 100$$

CONCLUSÕES

As retratibilidades volumétricas do *Pinus caribæa hondurensis* e *Eucalyptus grandis* podem ser estimadas pelas seguintes equações:

$$R_v = 10,79 e^{-0,0526u}$$

$$R_v = 12,78 e^{-0,0478u}$$

onde 10,79% e 12,78% correspondem aos valores das retratibilidades volumétricas máximas do *Pinus caribæa hondurensis* e *Eucalyptus grandis*, respectivamente.

As retratibilidades lineares axial, radial, tangencial e volumétrica para o *Pinus caribæa hondurensis* foram, respectivamente de 0,64%, 4,39%, 5,79% e 10,63%, sendo a retratibilidade tangencial máxima de 1,3 vezes maior do que a radial e de 9,0 vezes maior do que a axial.

A retratibilidade volumétrica máxima foi de 1,05 vezes maior do que a soma das retratibilidades radial e tangencial.

As retratibilidades volumétricas máximas podem ser consideradas exclusivamente dependentes da densidade básica ou densidade a 0%, não importando a espécie, cujas equações ajustadas foram, respectivamente:

$$R_{vm\acute{a}x} = 1,96 + 24,28 \rho_b$$

$$R_{vm\acute{a}x} = 3,01 + 19,15 \rho_b$$

AUTOR E AGRADECIMENTOS

MARCOS ANTONIO DE REZENDE é Professor Livre-docente do Departamento de Física e Biofísica de Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Caixa Postal 510 - Botucatu, SP - 18618-000 - E-mail: rezende@ibb.unesp.br

O autor agradece à FAPESP pelos auxílios concedidos através dos Processos: 89/1109, 94/5023-6 e 01/08004-8; à Duratex S.A. pelos auxílios técnicos e intercâmbio científico e ao Instituto de Biociências da UNESP / Botucatu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, O. **Determinação de gradientes de umidade em madeira por atenuação de radiação gama do 241Am**. Piracicaba, 1980. 84p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: ações nas estruturas, propriedades da madeira e dimensionamento nos estados limites de utilização**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.
- KOLLMANN, F.F.P.; CÔTÉ, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer Verlag, 1968. v.1, 592p.
- KUBLER, H. **Wood as building and hobby material**. New York: Wiley Interscience, 1980. 256p.
- MATTOS, P.P.; PEREIRA, J.C.D.; SCHAITZA, E.G.; BAGGIO, A.J. Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Terminalia ivorensis*. **Circular técnica EMBRAPA Florestas**, n.31, p.1-14, 1999.
- PARAYNO, J.A. Shrinkage of some Philippine woods. **FPRDI**, v.13, p.8-14, 1984.
- PEREIRA, J.C.D.; SCHAITZA, E.G.; BAGGIO, A.J. Propriedades físicas e químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Grevillea robusta*. **Circular técnica EMBRAPA Florestas**, n.40, p.1, 2000.
- REZENDE, M.A. **Uma abordagem não convencional sobre as principais características físicas da madeira com ênfase para a retratibilidade, densidade e técnica de atenuação da radiação gama**. Botucatu, 1997. 144p. Tese (Livre-docência) - Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista
- REZENDE, M.A. **Estudo dos anéis de crescimento de duas variedades de *Pinus caribaea* cultivadas na Bahia para avaliação de produtividade, densidade e nutrição mineral**. Piracicaba, 1987. 144p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- REZENDE, M.A.; SAGLIETTI, J.R.C.; GUERRINI, I.A. Estudo das interrelações entre densidade, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 8 anos de idade. **IPEF**, n.48/49, p.113-141, 1995.