

## **PROMOÇÃO**

- CEFET-MG Centro Federal de Educação  
Tecnológica de Minas Gerais
- EEUFMG Escola de Engenharia da Universidade  
Federal de Minas Gerais  
- Departamento de Engenharia de Estruturas  
- Departamento de Materiais e Construção Civil
- IBRAMEM Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas  
de Madeira

## **PATROCÍNIO**

- FINEP  
Fundação Christiano Ottoni  
GANG-NAIL do Brasil  
Governo do Estado de Minas Gerais  
IBAMA/LPF  
Korum Turismo  
Montana Química  
Projeto da Qualidade Total

SET 06

**ANAIS**

**V**  
**EBRAMEM**

**1995**

**VOLUME II**

- [ 7 ] GONÇALVES, M T T - **Proposta de metodologia para medição dos esforços de corte na usinagem da madeira.** São Carlos, 1993, 249 p., Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) Escola de Engenharia de São Carlos - USP
- [ 8 ] GRONLUND, A. - Measuring and modelling of cutting forces. Wood Machining Seminar. **Forest Products Laboratory**, 2: 342-350, 1988
- [ 9 ] KOCH, P. - **Wood machining process.** New York, Ronald Press Company, 1964 530 p.
- [10] KOLLMANN, F.F.P. - **Tecnologia de la madera e sus aplicaciones** - Madri, 1959 675 p.
- [11] KOLLMANN, F.F.P., COTÊ, W A J - **Principles of wood science and techology** New York, 1984. v. I, 592 p.
- [12] NAKAMURA, Y.; NISHIMOTO, K. - Cutting force of knife edges into wood - II **Mokuzai Gakkaishi**, JJWRS, 32(1): 19-27, 1986
- [13] NAKAMURA, Y.; NISHIMOTO, K. - Cutting force of knife edges into wood - III **Mokuzai Gakkaishi**, JJWRS, 32(12): 958-965, 1986
- [14] OKUMURA, S.; OKUDA, T.; SUGIHARA, H. - Forces on a saw tooth in interrupted cutting **Mokuzai Gakkaishi**, JJWRS, 33(5): 361-366, 1987.
- [15] PIAO, Y.S.; FUKUI, H. - Specific cutting - force in the machining of wood I. **Mokuzai Gakkaishi**, JJWRS, 30(5): 359-367, 1984.
- [16] PIAO, Y.S.; FUKUI, H. - Specific cutting - force in the machining of wood II **Mokuzai Gakkaishi**, JJWRS, 30(10): 827-832, 1984.
- [17] Xr WAN, J.; Okumura, S.; Noguchi, M. - Dynamic characteristics of the cutting force in turning wood. **Mokuzai Gakkaishi**, JJWRS, 33(11): 851-856, 1987.

## ABSTRACT

The object of this work is to identify how some parameters has influenced in the cutting performance in the wood machining. This performance is a direct function from the cutting force that is measured in the experiment. The parameters analysed were: species, thickness cutting and arrangement of the grain in relation with cut direction. Nine differents samples were selected that suppliy a variation in the density between 0,32 to 1,19 g/cm<sup>3</sup>. The samples tested were prepared for a level headed humidity (air dry). The cutting directions choosed were paralell and perpendicular to the grain and the depth cut used were varieted in a range between 0,1 to 0,9 mm, for each 0,1 mm. The results of the experiment were interpreted confronting a methodologic analyse of the samples and the cutting forces variations registered through graphics for each test condicion used.

# RESISTÊNCIA DA MADEIRA NA SOLICITAÇÃO DE COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS

ANTONIO ALVES DIAS\*  
FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR\*\*

## RESUMO

*Diversos níveis distintos de tensão caracterizados por determinados fenômenos de comportamento têm sido propostos e utilizados com a finalidade de representar a resistência da madeira na solicitação compressão normal às fibras. Não é previsto, no Brasil, método de ensaio com o objetivo de caracterizar a madeira para esta forma de solicitação. Em avaliação efetuada na literatura internacional, verificou-se a existência de duas formas antagônicas para este método de ensaio. Este trabalho apresenta resultados obtidos em experimentação realizada com o objetivo de definir método de ensaio para caracterizar a madeira solicitada por compressão normal às fibras.*

## 1- INTRODUÇÃO

A madeira, devido à sua constituição anatômica, apresenta comportamento peculiar com relação às solicitações mecânicas. Sua constituição faz com que seja mais apta a resistir a determinados tipos de solicitações. Não sendo um material isótropo, a direção destas solicitações tem importância fundamental. A solicitação de compressão normal às fibras ocorre com maior assiduidade na região dos apoios das peças estruturais, com forças relativamente altas aplicadas em uma direção na qual a madeira apresenta menor resistência, comparada com a compressão paralela, em função de sua constituição anatômica.

Não é previsto, no Brasil, método de ensaio para caracterizar a resistência da madeira na solicitação de compressão normal às fibras, sendo utilizado, no dimensionamento de peças estruturais, parâmetro relacionado à sua resistência à compressão paralela. O interesse deste estudo é fornecer informações a respeito da resistência da madeira na solicitação de compressão normal às fibras, com vistas ao estabelecimento de um método de ensaio para este caso.

\* Professor Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS-UNESP

\*\* Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP

0889876

04 12 75

SYSNO	0889876
PROD	002426

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O comportamento da madeira quando solicitada por compressão normal às fibras é bem distinto do que ocorre, por exemplo, nos casos de compressão paralela, tração paralela ou normal às fibras. Isto pode ser melhor compreendido analisando-se a estrutura interna do material. Efetuando-se um ensaio de compressão normal às fibras em uma peça de madeira, verifica-se um trecho inicialmente linear no diagrama tensão x deformação. Posteriormente, se observa um aumento proporcionalmente maior nas deformações em relação às tensões. As deformações atingem valores grandes sem a ocorrência de ruptura.

Segundo HELLMEISTER (1973), "após ser atingido o limite de deformação elástica, as fibras e vasos ou traqueídes admitem grande deformação plástica e começam a ser facilmente esmagados. MADSEN et al. (1982) sugerem que o mecanismo de ruptura na solicitação de compressão normal às fibras pode ser visualizado, num modelo muito simplificado, como esmagamento das paredes das células. Salientam que, devido à presença de nós ou outras características de crescimento, o mecanismo real de ruptura é muito mais complicado.

Na maioria dos casos, a orientação mais crítica para a solicitação de compressão normal às fibras é a aplicada sobre a seção radial, isto é, na direção tangencial aos anéis de crescimento. BOLZA & KLOOT (1963) apresentam banco de dados de propriedades mecânicas de madeiras australianas, onde este fato por ser constatado: poucas espécies apresentam maior resistência para o caso de carga aplicada na direção radial e, quando isto ocorre, existe pequena diferença entre as duas situações.

BODIG (1965) apresenta trabalho enfocando o efeito da anatomia da madeira na relação tensão x deformação, para o caso da solicitação de compressão transversal às fibras. Aponta a não linearidade do diagrama tensão x deformação para valores baixos de tensão, creditando esta distorção a problemas presentes nos ensaios, tais como irregularidades na superfície e não paralelismo entre faces dos corpos-de-prova. Salienta que a influência da direção das cargas em relação aos anéis de crescimento para determinada espécie pode ser mais importante do que diferenças entre espécies.

BODIG (1966) apresenta trabalho realizado onde estudou a influência de cinco fatores (umidade, altura do corpo-de-prova, velocidade de carga, direção das cargas e espécies de madeira) em várias propriedades de elasticidade e resistência da madeira na compressão transversal (tensão no limite de elasticidade, tensão máxima, módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, deformação específica no limite de elasticidade e deformação específica na tensão máxima). Conclui que o teor de umidade modifica significativamente o diagrama tensão x deformação após o trecho linear e todas as propriedades examinadas, exceto a deformação específica na tensão máxima. Conclui que todas as propriedades são modificadas significativamente pela variação na altura do corpo de prova, sendo o módulo de elasticidade a propriedade mais influenciada, verificando-se um acréscimo no seu valor a medida que se aumenta a altura do corpo-de-prova.

KUNESH (1968) investigou efeitos da geometria do carregamento (dimensão do corpo-de-prova na direção do carregamento e área de aplicação de carga) em características de resistência e elasticidade da madeira na solicitação de compressão transversal. Conclui que a tensão no limite de proporcionalidade diminui com o aumento do teor de umidade, da altura e da área de carregamento. O módulo de elasticidade aumenta com o acréscimo da altura do corpo-de-prova, e diminui com o aumento da umidade e da área de carregamento.

Uma avaliação bibliográfica a respeito da normalização internacional do ensaio de compressão normal às fibras permite observar a existência de duas formas antagônicas para os métodos de ensaio. Os métodos de ensaio da AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (1993) e da COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (1972) especificam que o ensaio deve ser realizado com compressão parcial do corpo-de-prova, enquanto que o da INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (1975) especifica compressão total. Ensaio realizado com compressão parcial são criticados por diversos autores, como BODIG & JAYNE (1982), FUSCO & ALMEIDA (1989), por não apresentarem compressão pura.

HELLMEISTER (1986) estudou a diferença existente no carregamento total ou parcial do corpo-de-prova, e a influência do tamanho da peça de madeira na sua resistência, tendo obtido as correlações existentes em cada caso, para a espécie Eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*).

WOLCOTT et al. (1989) também criticam o método de ensaio com compressão parcial. Realizaram ensaios com compressão total concluindo que a qualidade das superfícies de aplicação das cargas dos corpos-de-prova (rugosidade e não paralelismo entre faces) pode ter maior influência nos resultados do que a excentricidade na aplicação da carga. Foi observado que o módulo de elasticidade aumenta com o acréscimo na altura do corpo de prova, e que a tensão de escoamento não é afetada.

ALMEIDA (1990) verificou a existência de três modos de ruptura em peças submetidas à compressão normal às fibras, caracterizados de acordo com a orientação da carga em relação aos anéis de crescimento. Observou, em ensaios efetuados, que as peças comprimidas têm rupturas dúcteis, precedidas de compactação do material, mas que, no caso de compressão oblíqua em relação às direções radial e tangencial, ocorrem rupturas frágeis.

### 3- MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de definir a resistência da madeira à compressão normal, foram efetuados ensaios iniciais para seis espécies. Posteriormente, foram efetuados ensaios complementares para três espécies. Foram utilizados corpos-de-prova com maior dimensão na altura em relação às dimensões da seção transversal, em virtude de conclusões obtidas por DIAS (1994).

#### 3.1- Ensaio iniciais

Foram feitos ensaios para seis espécies de madeira, definidas em função de se obter uma ampla variação no peso específico do material. Os ensaios foram feitos com corpos-de-prova em duas condições de umidade: madeira seca ao ar (teor de umidade em torno de 12%), e madeira com teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras. Pode ser observado, desta maneira, se existe influência qualitativa destes fatores (umidade e peso específico) no comportamento da madeira solicitada por compressão normal às fibras. A seguir estão listadas as espécies de madeira ensaiadas, com os respectivos pesos específicos para um teor de umidade igual a 12 % ( $\rho_{12}$ ):

Peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*)  $\rho_{12} = 7,0 \text{ kN/m}^3$   
Goiabão (*Planchonella pachycarpa*)  $\rho_{12} = 9,1 \text{ kN/m}^3$

Maçaranduba ( <i>Manilkara spp</i> )	$\rho_{12} = 9,9 \text{ kN/m}^3$
Guapuruvu ( <i>Schizolobium paraibum</i> )	$\rho_{12} = 4,7 \text{ kN/m}^3$
Ipê: ( <i>Tabebuia spp</i> )	$\rho_{12} = 9,3 \text{ kN/m}^3$
Peroba do Norte ( <i>Goupia glabra</i> )	$\rho_{12} = 8,4 \text{ kN/m}^3$

Os ensaios foram efetuados em corpos-de-prova possuindo face de aplicação da carga com seção quadrada, tendo a aresta dimensão nominal de 50 mm. A altura do corpo-de-prova, dimensão na direção da aplicação da carga, variou entre 100 e 120 mm para espécies diferentes, em função da dimensão da peça de madeira de onde foram obtidos os corpos-de-prova. Os ensaios foram realizados em máquina universal, marca Amsler, com capacidade de 250 kN, e as deformações foram medidas no trecho central do corpo-de-prova, em uma extensão de 50 mm em relação à sua altura, por intermédio de dois relógios comparadores com precisão de centésimo de milímetro, conforme mostrado na figura 1. Os ensaios de corpos-de-prova pertencentes a uma determinada espécie de madeira tiveram a mesma velocidade constante de aplicação de carga, e mesma direção entre o carregamento e os anéis de crescimento da madeira.

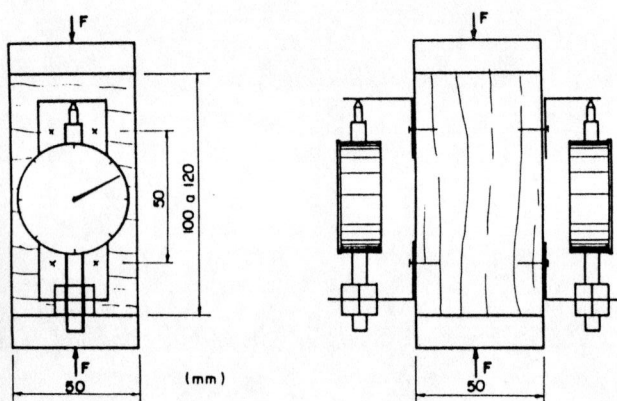


FIGURA 1- Esquema do ensaio

Foram realizados seis ensaios por espécie, sendo três réplicas para cada uma das condições de umidade analisada. Para cada ensaio, a partir da média das deformações medidas na extensão de 50 mm pelos relógios comparadores a cada nível de carga, foi obtido o diagrama tensão x deformação específica. Estes diagramas não apresentam a parte final dos ensaios, onde ocorreu a ruptura do corpo-de-prova, entendida aqui como a desagregação do material. Isto não foi possível, devido ao método empregado para medir as deformações: a partir de um certo nível de carga, a taxa de crescimento das deformações para incrementos constantes de carga aumenta demasiadamente, podendo, em alguns casos, ocorrer ruptura frágil do corpo-de-prova a qualquer instante, causando danos aos relógios comparadores. Com base neste diagrama são obtidos, para cada corpo-de-prova, os seguintes valores:

- tensão para deformação específica igual a 1% ( $\sigma_{1\%}$ ).

- tensão para deformação específica residual igual a 0,2% ( $\sigma_{r,0.2\%}$ )
- deformação específica para tensão igual a  $\sigma_{r,0.2\%}$
- tensão para deformação específica residual igual a 1% ( $\sigma_{r,1\%}$ )
- deformação para tensão igual a ( $\sigma_{r,1\%}$ )
- módulo de elasticidade (E), definido pelo coeficiente angular do trecho reto do diagrama

A figura 2 apresenta o modo de obtenção destes parâmetros para a primeira réplica da espécie Peroba Rosa. Observa-se que, ao se denominarem as tensões referentes às deformações residuais, está sendo considerado que existe coincidência entre os limites de elasticidade e de proporcionalidade do material.

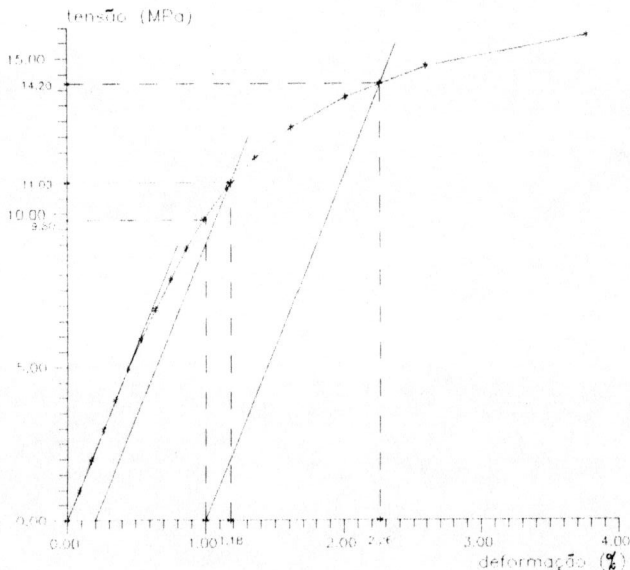


FIGURA 2- Obtenção dos valores de tensões e deformações (réplica 1 - Peroba rosa)

### 3.2- Ensaios complementares

O método empregado para medir as deformações nos ensaios descritos anteriormente não permitiu a elaboração do diagrama tensão x deformação na parte final do ensaio, na qual ocorre a desagregação do material. A utilização de máquina universal de ensaios, marca Dartec, capacidade de 100 kN, com sistema de controle digital para aplicação de forças e aquisição de deslocamentos, possibilitou a elaboração de diagramas até a fase da ruptura do corpo-de-prova. Desta forma, foi possível analisar o comportamento na fase de desagregação, sendo avaliado se a tensão que a provoca, isto é, a tensão máxima que o material suporta, pode representar de modo conveniente a resistência da madeira na sollicitação de compressão normal.

às fibras. De certa forma, isto seria interessante, pelo fato de ser um resultado obtido de forma rápida e direta.

Foram ensaiados seis corpos-de-prova das espécies Eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*) e Castanheira (*Bertholletia excelsa*), e quatro da espécie Maçaranduba (*Mimilura spp*), todos na condição de umidade seca ao ar. Os corpos-de-prova apresentaram face de aplicação com seção quadrada de aresta com dimensão nominal igual a 50 mm, e altura nominal igual a 100 mm. Os ensaios foram efetuados com velocidade constante de aplicação de carga. Corpos-de-prova da mesma espécie foram ensaiados com igual velocidade de carregamento e mesma direção deste em relação aos anéis de crescimento. As deformações foram medidas na altura total dos corpos-de-prova, admitindo-as como sendo iguais ao deslocamento (stroke) do atuador servo-hidráulico da máquina de ensaio. Com a finalidade de comparação dos resultados, são obtidos destes ensaios os seguintes valores:

- tensão para deformação específica residual igual a 0,2% ( $\sigma_{r(0,2\%)}$ )
- deformação específica para tensão igual a  $\sigma_{r(0,2\%)}$
- tensão que provoca ruptura ( $\sigma_{ruptura}$ )
- deformação específica na ruptura.
- módulo de elasticidade (E)

#### 4- RESULTADOS OBTIDOS

É mostrado, a seguir, resumo dos resultados dos ensaios efetuados. São apresentados os valores médios e os respectivos coeficientes de variação dos resultados obtidos para as réplicas de cada espécie.

##### 4.1- Ensaios iniciais

A tabela 1 apresenta resumo dos resultados obtidos nos corpos-de-prova ensaiados na condição de umidade seca ao ar.

TABELA 1- Valores médios e coeficientes de variação - madeira seca ao ar (ensaios iniciais)

Espécie	$\sigma_{1\%}$	$\sigma_{r(0,2\%)}$		$\sigma_{r,1\%}$		E (MPa)
	$\sigma$ (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$ (%)	
Peroba Rosa	9,77 (5,6%)	11,10 (0,9%)	1,22 (9,5%)	14,27 (0,4%)	2,31 (6,1%)	1124 (10,8%)
Goiabão	9,05 (6,0%)	8,52 (9,7%)	0,88 (10,6%)	11,26 (3,1%)	1,90 (4,6%)	1300 (10,4%)
Maçaranduba	15,73 (2,9%)	15,60 (1,7%)	0,97 (6,0%)	19,83 (1,8%)	1,98 (3,3%)	2025 (7,0%)
Guapuruvu	4,00 (2,5%)	4,57 (2,5%)	1,23 (6,1%)	6,17 (2,5%)	2,41 (6,0%)	451 (5,1%)
Ipê	14,27 (4,8%)	13,97 (2,1%)	0,95 (7,1%)	17,57 (1,2%)	1,96 (4,2%)	1857 (8,9%)
Peroba do Norte	10,58 (1,7%)	9,40 (2,8%)	0,78 (7,1%)	12,92 (2,0%)	1,80 (3,9%)	1623 (6,5%)

A tabela 2 apresenta resumo dos resultados obtidos nos corpos-de-prova ensaiados na condição de umidade saturada.

TABELA 2- Valores médios e coeficientes de variação - madeira saturada (ensaios iniciais)

Espécie	$\sigma_{1\%}$		$\sigma_{r(1,2\%)}$		$\sigma_{r 1\%}$		E (MPa)
	$\sigma$ (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$ (%)		
Peroba Rosa	6,00 (5,8%)	6,42 (4,6%)	1,11 (0,9%)	8,33 (3,9%)	2,17 (0,5%)	713 (6,0%)	
Goiabão	6,37 (4,5%)	5,97 (1,0%)	0,91 (7,6%)	8,13 (1,9%)	1,96 (3,7%)	850 (10,1%)	
Maçaranduba	11,02 (2,5%)	10,00 (2,0%)	0,84 (4,3%)	13,98 (1,3%)	1,89 (2,6%)	1579 (6,2%)	
Guapuruvu	2,78 (7,3%)	2,60 (5,1%)	0,91 (4,0%)	3,97 (8,9%)	2,06 (0,6%)	372 (9,2%)	
Ipê	10,50 (1,9%)	10,25 (4,3%)	0,95 (4,6%)	13,32 (4,0%)	1,96 (1,9%)	1367 (2,2%)	
Peroba do Norte	8,23 (0,7%)	7,80 (0,0%)	0,84 (1,2%)	9,33 (1,6%)	1,76 (0,6%)	1225 (2,0%)	

A figura 3 apresenta, como exemplo, os diagramas tensão x deformação obtidos nos ensaios dos corpos-de-prova da espécie Peroba Rosa, para as duas condições de umidade.

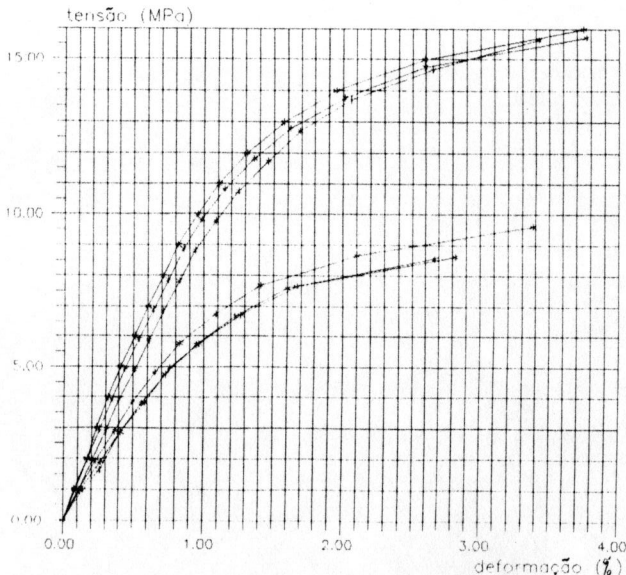


FIGURA 3- Diagramas tensão x deformação para Peroba rosa (seca ao ar e saturada)

#### 4.2- Ensaios complementares

A tabela 3 apresenta resumo dos resultados obtidos nos ensaios complementares

TABELA 3- Valores médios e coeficientes de variação (ensaios complementares)

Espécie	$\sigma_{T(0,2\%)}$		$\sigma_{ruptura}$		E (MPa)
	$\sigma$ (MPa)	$\varepsilon$ (%)	$\sigma$ (MPa)	$\varepsilon$ (%)	
Eucalipto	11,37	1,41	19,69	10,85	949
Citriodora	(2,8%)	(5,8%)	(7,6%)	(17,5%)	(6,4%)
Castanheira	7,80	1,42	15,00	20,02	642
	(2,2%)	(2,2%)	(10,1%)	(35,4%)	(1,0%)
Maçaranduba	15,06	1,41	28,47	15,06	1290
	(3,9%)	(2,7%)	(24,9%)	(3,9%)	(1,1%)

A figura 4 apresenta os diagramas carga x stroke para as réplicas da espécie Eucalipto Citriodora, como exemplo.

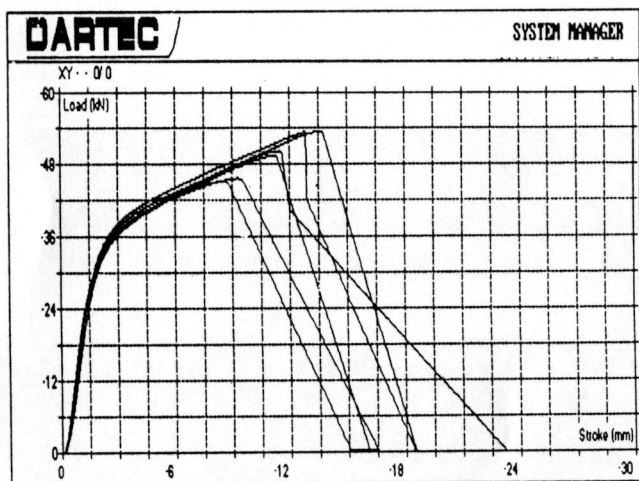


FIGURA 4- Diagramas Carga x stroke para a espécie Eucalipto citriodora

#### 5. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Os ensaios referentes às seis espécies ensaiadas inicialmente apresentaram manutenção na forma dos diagramas tensão x deformação, independentemente da espécie e do teor de

umidade. Quando ocorreram as rupturas destes corpos-de-prova, eles já apresentavam deformações excessivas, não se verificando mais o paralelismo entre as faces de aplicação de carga. Notou-se o aparecimento de certos mecanismos para absorver a força aplicada, não sendo válida a hipótese de distribuição uniforme de tensões. Isto indica que o ensaio, na maioria das situações, não fornece resultados confiáveis nas imediações da ruptura.

Isto também pode ser observado nos resultados obtidos nos ensaios complementares. Os valores de tensões e deformações na ruptura apresentam uma variabilidade muito maior do que os valores de tensões e deformações observados para uma deformação específica residual igual a 0,2%. Outro aspecto a salientar é a forma de ruptura, dependendo da orientação do carregamento em relação aos anéis de crescimento. Em corpos-de-prova ensaiados com a direção do carregamento oblíqua em relação aos anéis de crescimento observa-se ruptura frágil, às vezes para valores de deformações não tão elevados.

Desta forma, é evidenciado que a resistência da madeira na solicitação de compressão normal às fibras deve ser estabelecida em função do comportamento do material quanto às deformações, abandonando-se prontamente a idéia da ruptura do corpo-de-prova. Com relação ao estabelecimento desta resistência convencional, parece mais lógica a adoção de um valor obtido por intermédio das deformações residuais, ao invés de valor obtido em função de um certo nível de deformação, pois não acarreta tratamento desigual entre madeiras com módulos de elasticidade diferentes, isto é, permite que espécie de madeira mais deformável que outra, mas que apresente limite de proporcionalidade semelhante, tenha maior deformação específica ao se atingir a resistência convencional.

Quanto à deformação específica residual a ser adotada para a obtenção da tensão que representará a resistência convencional da madeira na solicitação de compressão normal às fibras, recomenda-se o valor utilizado para materiais dúcteis sem patamar de escoamento definido, 0,2%. Observa-se, a partir do nível de tensão que provoca deformação específica residual igual a 0,2%, aumento exagerado nas deformações para incrementos constantes de tensão.

## ABSTRACT

*Different stress levels characterized by certain behaviour phenomena have been proposed and used in order to define wood strength in compression perpendicular to grain. In Brazil, there is no indication of testing to characterize wood under that kind of solicitation. Analysing international bibliography, it was possible to observe two antagonical testing procedures. In this paper, the experimental results are presented with the aim to establish testing procedures to characterize wood in compression perpendicular to grain.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, P.A.O. *Estruturas de grande porte de madeira composta*. São Paulo. 280p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1990.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL. *Annual book of ASTM standard*. Philadelphia, ASTM, 1993. vol. 4.09: Wood.
- BODIG, J. The effect of anatomy on the initial stress-strains relationship. *Forest Products Journal*, v.29, n.2, p.42-48, 1965.
- BODIG, J. Stress-strain relationship for wood in transverse compression. *Journal of materials*, v.1, n.3, p.645-666, 1966.
- BODIG, G. J.; JAYNE, B. A. *Mechanics of wood and wood composites*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1982.
- BOLZA, E.; KLOOT, N.K. *The mechanical properties of 174 australian timbers*. Melbourne, CSIRO, 1963. 112p. (Division of Forest Products technological paper, 25)
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. *Madeiras - Método de determinação de la compression perpendicular ao grano*. Buenos Aires, COPANT, 1972.
- DIAS, A. A. *Estudo da solicitação de compressão normal às fibras da madeira*. São Carlos, 144p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1994.
- FUSCO, P.B.; ALMEIDA, P.A.O. Fundamentos para o estabelecimento de um método de ensaio de compressão normal das madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3., São Carlos, 26-28 julho, 1989. Anais... São Carlos, LaMEM-EESC-USP, v.4, p.19-26, 1989.
- HELLMEISTER, J.C. *Sobre a determinação das características físicas da madeira*. São Carlos. 161p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1973.
- HELLMEISTER, J.C. Metodologia do ensaio de peças de madeira à compressão normal às fibras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 2., São Carlos, 23-25 julho, 1986. Anais... São Carlos, SET-LaMEM-EESC-USP, v.2, p.75-90, 1986.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3132 - Wood-Testing in compression perpendicular to grain*. Switzerland, ISO, 1975.
- KUNESK, R.H. Strengh and elastic properties of wood in transverse compression. *Forest Products Journal*, v.18, n.1, p.65-72, 1968.
- MADSEN, B.; HOOLEY, R.F.; HALL, C.P. A design method for bearing stresses in wood. *Canadian Journal of Civil Engineering*, v.9, n.2, p.338-349, 1982.
- WOLCOTT, M.P.; KASAL, B.; KAMKE, F.A.; DILLARD, D. Testing small wood specimen in transverse compression. *Wood and Fiber Science*, v.21, n.3, p.320-329, 1989.