

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

05

ANAIS

V
EBRAMEM

1995

VOLUME II

ABSTRACT

In this work an experimental method of measuring the shearing moduli of wood is described, the plate-twisting method. Series of plate-twisting tests were performed using the brazilian species of wood, Dypteryx epp. The results of these tests are presented, analysed and were aimed at the revisions of the Brazilian Standard (NBR 6230 - Norma Brasileira para Ensaios Físicos e Mecânicos de Madeira). Finally, an experimental method proposal to obtain the shearing moduli of wood is presented.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cálculo e execução de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, ABNT. 1951. (NBR 6230).

- Ensaios físicos e mecânicos de madeiras
Rio de Janeiro, ABNT. 1940. (NBR 6230).

BODIG, J.; GOODMAN, J.R. - Prediction of elastic parameters of wood. Wood Science, 5(4): 16p., April, 1973.

BODIG, J.; JAYNE, B.A. - Mechanics of wood and wood composites. New York, Van Nostrand Reinhold, 1982. 711p.

COSTA NETO, P.L.O. - Estatística. São Paulo, BLUCHER Ltda. 1977. 264p.

HEARMON, R.F.S. - The elasticity of wood and plywood. London, His majesty's stationery office, Department of Scientific and Industrial Research, 1948. 87p., (Forest Products Research, Special Report n° 7).

MARCH, H.W.; KUENZI, E.W.; KOMMERS, W.J. - Method of measuring the shearing moduli in wood. USDA-FS-FPL, Mad., Wis., (1301); June, 1942. 10p.

RIBEIRO, G.O. - Determinação de propriedades elásticas e de resistência dos compensados estruturais. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1986. 214p.

SADALA, P.B. - Análise de um método de ensaio para determinação do módulo de elasticidade transversal da madeira. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, 1994. 82p. (Dissertação Mestre-Engenharia de Estruturas).

TIMOSHENKO, S. - The theory of plates and shells. New York and London, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1940.

PROPOSTA DE MÉTODO PARA O ENSAIO DE COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS DA MADEIRA

ANTONIO ALVES DIAS *
FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR **

RESUMO

Este trabalho apresenta proposta de método para o ensaio que tem como objetivo determinar a resistência e o módulo de elasticidade da madeira solicitada por compressão normal às fibras; este ensaio não é previsto, atualmente, na norma NBR-6230 (Ensaio físicos e mecânicos de madeiras). São abordados aspectos referentes à geometria do corpo-de-prova e à velocidade de aplicação de carga.

1- INTRODUÇÃO

Atualmente, a utilização da madeira como material estrutural, no Brasil, tem ocorrido em níveis inferiores ao que seria desejado, apesar das amplas possibilidades de emprego deste material. Possuindo boas qualidades, tais como disponibilidade, fácil trabalhabilidade, boa relação entre o seu peso específico e a sua resistência às solicitações mecânicas, sua utilização fica, às vezes, inviabilizada pelo não conhecimento total de suas propriedades.

Para que ocorra um bom aproveitamento da madeira como material estrutural, com relação aos aspectos de segurança e custos, é necessário o pleno conhecimento das características de resistência e elasticidade das espécies de madeira de uso mais promissor. No tocante à solicitação de compressão normal às fibras, nota-se a inexistência de método brasileiro de ensaio para caracterizar a madeira.

A solicitação de compressão normal às fibras ocorre com maior assiduidade na região dos apoios de 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. O conhecimento da resistência da madeira na compressão normal às fibras também é de fundamental importância para o dimensionamento de ligações, e em um sistema estrutural para pontes de madeira de utilização recente no exterior e praticamente inédito no Brasil: trata-se do tabuleiro pretendido transversalmente, que consiste na união de

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

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

088983

041295

SYSNO	0889873
PROD	002424
ACERVO EESC	

175

peças de madeira, por intermédio de uma compressão transversal, estabelecendo um comportamento de placa.

Este trabalho apresenta métodos de ensaio existentes em normas internacionais, comentários gerais de resultados obtidos em estudos efetuados, e a proposta de um método de ensaio para a caracterização da madeira na solitação de compressão normal às fibras.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), não prevê no método brasileiro "NBR-6230 - Ensaio físico e mecânico de madeiras", de 1980, denominação atual do MB-26, de 1940, o ensaio para caracterização da madeira para o caso de compressão normal às fibras.

O texto preliminar proposto pelo LABORATÓRIO DE MADEIRAS E DE ESTRUTURAS DE MADEIRA (LaMEM), em 1987, "Madeira - Determinação de suas características", para a revisão e atualização dos "Métodos adotados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para o estudo das madeiras nacionais", BROTERO (1939), que é a base da atual NBR-6230, apresenta método para o ensaio de compressão normal às fibras. "Para se determinar a resistência e o módulo de elasticidade na compressão normal às fibras, são utilizados corpos-de-prova prismáticos de seção transversal nominal 50 x 50 mm. O comprimento nominal do corpo-de-prova é 150 mm. A aplicação de carga é feita através de uma peça metálica considerada rígida de 50 x 100 mm, posicionada sobre o terço médio do corpo-de-prova. O corpo-de-prova é apoiado sobre um bloco de aço de 50 x 50 x 150 mm. Dois relógios comparadores são instalados nos dois lados do corpo-de-prova". A figura 1 apresenta o esquema deste ensaio. A velocidade de carga empregada neste ensaio é 10 MPa por minuto. Não é prevista direção preferencial para a aplicação da carga. O módulo de resistência à compressão normal às fibras é estimado como igual a razão entre a carga que provoca uma deformação específica igual a 1% (0,5 mm) e a área de contato entre a peça metálica superior e o corpo-de-prova. Os ensaios são feitos em corpos-de-prova de madeira verde e de madeira seca ao ar.

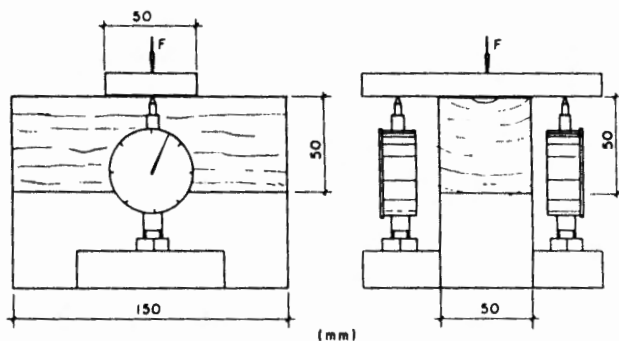


FIGURA 1- Ensaio de compressão normal às fibras
Fonte: LaMEM (1987)

A AMERICAN SOCIETY FOR TESTING E MATERIALS (ASTM) apresenta, em 1993, na norma "D143-83 - Standard methods of testing small clear specimens of timber", método de ensaio com corpo-de-prova e disposição análogos ao mostrado na figura 1. Estipula controle da velocidade de deformação (0,3 mm/minuto) e direção para aplicação da carga (na direção tangencial). Os valores obtidos são a tensão que provoca deformação igual a 2,5 mm e a tensão no limite de proporcionalidade.

A COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (COPANT), 1972, apresenta o método de ensaio COPANT-466, idêntico ao da ASTM, para o caso de compressão perpendicular às fibras da madeira.

Métodos de ensaio como os apresentados anteriormente, com compressão parcial da superfície de carregamento, têm sido criticados por diversos autores. BODIG & JAYNE, 1982, salientam que os resultados obtidos através do método de ensaio da ASTM não devem ser usados para determinar as características reais da madeira solicitada por compressão normal às fibras. WOLCOTT et al., 1989, afirmam que o método de ensaio da ASTM para compressão perpendicular não mede compressão pura. FUSCO E ALMEIDA, 1989, afirmam que a tensão determinada a partir do ensaio de compressão normal proposto pelo I.A.M.E.M., em 1987, não pode representar a resistência à compressão normal às fibras da madeira.

A INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), 1975, apresenta na norma ISO-3132, método de ensaio que utiliza corpos-de-prova com seção transversal quadrada com 20 mm de lado e comprimento, medido na direção das fibras, entre 30 e 60 mm. Se os anéis de crescimento da madeira ensaiada tiverem espessura superior a 4 mm, a seção transversal pode ser aumentada de forma que o corpo-de-prova tenha, no mínimo, 5 anéis. O objetivo deste ensaio é determinar, por intermédio do diagrama carga x deformação, a resistência convencional (σ_y), considerada como a tensão no ponto onde a tangente do ângulo formado pela tangente à curva e o eixo das cargas seja 50% maior do que o seu valor no trecho reto do diagrama. O ensaio deve ser conduzido com controle de velocidade de carga ou deformação, de modo que a resistência convencional seja atingida em $1,5 \pm 0,5$ minutos após o começo do carregamento. O carregamento é efetuado nas direções radial e tangencial. A figura 2 apresenta as dimensões do corpo-de-prova, esquema do ensaio, e modo de determinar a resistência convencional.

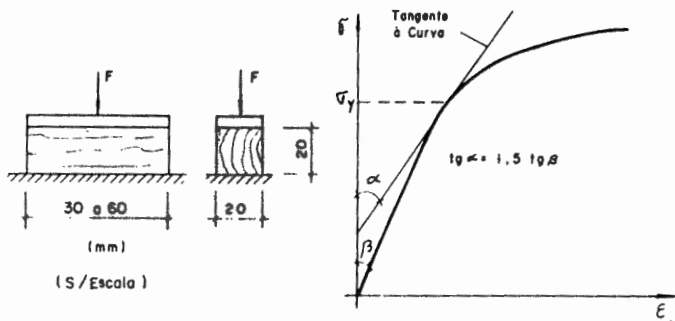


FIGURA 2- Esquema do ensaio e determinação da resistência convencional da ISO-3132

MADSEN et al., 1982, utilizam corpo-de-prova com dimensões iguais a 38 mm 90 mm nas direções transversais, e 145 mm na direção longitudinal. Salientando que o material apresenta comportamento dúctil, e que é difícil definir um estado limite último no caso de compressão perpendicular às fibras, definem a tensão de escoamento σ_y conforme mostrado no diagrama tensão x deformação da figura 3.

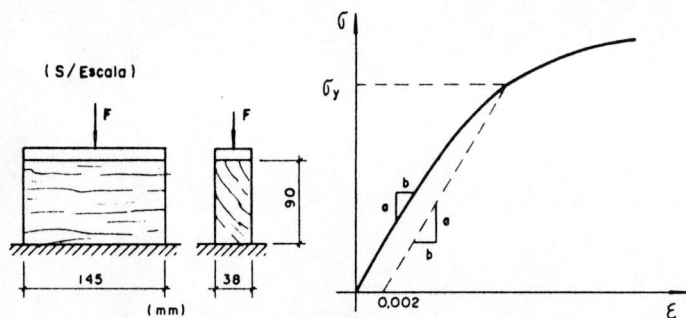


FIGURA 3- Corpo-de-prova utilizado e resistência à compressão normal (σ_y)
 Fonte: MADSEN et al. (1982)

FELDBORG, 1991, sugere determinação da resistência convencional de maneira semelhante ao apresentado na figura 3, partindo-se, entretanto, de uma deformação específica igual a 0,01, ao invés de 0,002, conforme proposto por MADSEN et al., 1982.

FUSCO, 1993, apresenta "Uma proposta de normalização das resistências da madeira estrutural" indicando que a resistência à compressão normal às fibras deve ser "determinada em um ensaio de compressão uniforme, com duração total de 3 a 8 minutos, em corpos-de-prova de seção quadrada de 5 cm de lado e com comprimento de 10 cm".

3- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na avaliação da bibliografia consultada, verificou-se a existência de duas formas antagônicas para os métodos de ensaio de compressão normal às fibras da madeira. Os métodos de ensaio da ASTM e COPANT, assim como o proposto pelo LaMEM, especificam que o ensaio deve ser realizado com compressão parcial do corpo-de-prova, enquanto que o da ISO, assim como o de outros autores citados, especifica compressão total. Experimentação e análise preliminar desenvolvida (DIAS, 1994) indicou que a compressão do corpo-de-prova deve ser total, para se obter resultados mais confiáveis. Após este estudo preliminar também foi possível definir que o corpo-de-prova deve ter face de aplicação de carga com seção quadrada, com dimensões menores que a altura.

Diversos aspectos foram estudados com o objetivo de definir método para o ensaio de compressão normal às fibras. Um breve resumo e várias conclusões destes estudos são apresentados a seguir. Informações mais detalhadas podem ser obtidas na tese de DIAS, 1994.

3.1- Resistência da madeira na solicitação de compressão normal às fibras

Diversos níveis distintos de tensão caracterizados por determinados fenômenos de comportamento têm sido utilizados e propostos com a finalidade de caracterizar a resistência da madeira na solicitação de compressão normal às fibras. De acordo com a norma da ABNT, de 1984, "NBR-8681 - Ações e segurança nas estruturas", a resistência é determinada pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos-de-prova do material, até o aparecimento de fenômenos de comportamento, de modo geral os de ruptura ou deformação excessiva, além dos quais há restrições de emprego deste material em elementos estruturais.

Com o objetivo de definir esta resistência foram efetuados ensaios para diversas espécies de madeira, definidas em função de se obter ampla variação no peso específico, 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.

Notou-se uma manutenção na forma dos diagramas tensão x deformação, independentemente das espécies e do teor de umidade. Quando ocorreram as rupturas dos corpos-de-prova, os mesmos já sofreram deformações excessivas, observando-se o não paralelismo entre as faces de aplicação de carga e o aparecimento de certos mecanismos para absorver o carregamento, não se aplicando mais a hipótese de distribuição uniforme de tensões. 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% (observa-se que, ao se definir deformação residual, está sendo considerado que existe coincidência entre os limites de elasticidade e de proporcionalidade do material).

Evidenciou-se 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. A resistência convencional da madeira foi adotada como sendo igual a tensão que provoca deformação residual igual a 0,2%, pois acima deste nível de tensão nota-se o aumento exagerado das deformações para incrementos constantes de tensão.

3.2- Dimensões dos corpos-de-prova

Foram efetuados ensaios utilizando corpos-de-prova com seção quadrada, com dimensões das arestas iguais a 40 e 50 mm, apresentando relações altura/aresta iguais a 2 e 3. Também foram comparados dois métodos para obter as deformações, isto é, em uma parte central do corpo-de-prova ou em sua altura total.

O corpo-de-prova que se mostrou mais adequado foi o de dimensões 50 x 50 x 100 mm, por não apresentar problemas de instabilidade verificados em outros com maior relação altura/aresta. Este corpo-de-prova também apresenta altura conveniente em termos de diminuição de erros de ensaio devidos às irregularidades das superfícies de aplicação de carga, é obtido facilmente a partir de peças com seção comercial.

Com relação à forma de obtenção das deformações, considera-se que a medida dos encurtamentos em trecho central da altura do corpo-de-prova proporciona melhor precisão nos resultados, em relação à medida em todo a sua altura. Apesar disto, considerando que os erros cometidos podem ser minimizados por um bom acabamento na superfície da face de aplicação

de carga, sugere-se a adoção de método que obtenha os encurtamentos ocorridos em toda a altura, pela maior facilidade de execução dos ensaios.

3.3- Velocidade de carregamento

A velocidade de carregamento é um fator que apresenta influência nos resultados dos ensaios. Os resultados dos ensaios efetuados permitiram concluir que não tem sentido estabelecer uma velocidade constante de aplicação de carga, em virtude da grande variação observada nos valores do módulo de elasticidade para as diversas espécies nacionais de madeira. Uma determinada velocidade de aplicação de carga que se mostra adequada para uma espécie com elevado módulo de elasticidade, certamente será muito elevada para outra espécie que seja muito mais deformável. Desta forma, deve-se efetuar o ensaio com velocidade constante de deformação, preferencialmente, ou com velocidade constante de aplicação de carga, fixando-se o tempo de duração do ensaio.

Para ensaios com velocidade constante de aplicação de carga, foi estabelecido, com base na experiência adquirida, o tempo de duração do ensaio como sendo igual a dois minutos, entendendo como duração do ensaio o tempo decorrido do início de aplicação da carga até se atingir a resistência convencional (tensão que provoca deformação específica residual igual a 0,2%). A velocidade constante de deformação igual a 0,01 mm/s permite que a resistência convencional seja atingida em um tempo em torno de 2 minutos.

Foi realizada experimentação com o objetivo de verificar se existe diferença significativa entre os resultados obtidos nos ensaios realizados com três velocidades diferentes de aplicação de carga, de tal forma que os tempos de duração dos ensaios fossem iguais a um minuto e meio, dois minutos, e dois minutos e meio. Também foram realizados ensaios com velocidade constante de deformação de forma a atingir a resistência convencional em um tempo em torno de 2 minutos, para comparação com os resultados obtidos em ensaios com velocidade constante de aplicação de carga.

Os resultados obtidos permitem concluir que o fator velocidade de aplicação de carga, com tolerância de meio minuto no tempo de duração do ensaio, não tem influência significativa nos valores obtidos para a resistência convencional e para o módulo de elasticidade. A resistência da madeira obtida em ensaio com velocidade constante de deformação apresenta alguma diferença em relação à obtida em ensaio efetuado com velocidade constante de carga, mesmo que o tempo de duração do ensaio seja o mesmo nos dois casos. Isto ocorre pelo fato da maior discrepância entre as velocidades, nos dois casos, ocorrer justamente nas imediações do ponto de definição da resistência, existindo tendência do ensaio realizado com velocidade constante de carga conduzir a valor superior para a mesma.

4- MÉTODO DE ENSAIO PROPOSTO

A seguir está apresentada a proposta de método para o ensaio de compressão normal às fibras da madeira. Este ensaio tem por objetivo determinar a resistência ($f_{c,90}$) e o módulo de elasticidade ($E_{c,90}$) da madeira solicitada por compressão normal às fibras.

4.1- Equipamento

Máquina universal de ensaios. Se esta não possuir dispositivo para registro de deslocamentos, utilizar dois relógios comparadores para medir deformações. A precisão mínima para medida das deformações é 0,01 mm. Instrumento para medida das dimensões dos corpos-de-prova com precisão mínima igual a 0,01 mm.

4.2- Corpos-de-prova

As dimensões nominais dos corpos-de-prova são 50 mm na direção radial, 50 mm na direção longitudinal e 100 mm na direção tangencial, conforme figura 4. As dimensões reais devem ser determinadas quando da realização do ensaio.

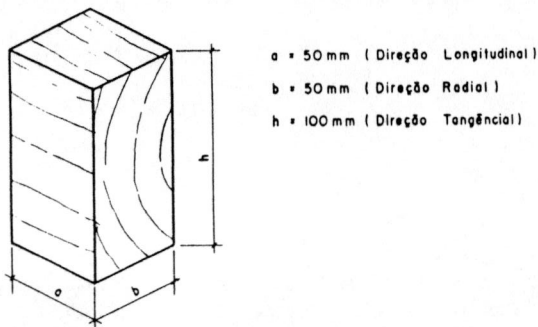


FIGURA 4- Dimensões dos corpos-de-prova

Os corpos de prova devem ter a superfície da face de aplicação de carga (seção 50 x 50 mm) com bom acabamento. Após a preparação, os corpos-de-prova devem ser acondicionados de modo a não ocorrer perda de umidade. Sugere-se a realização do ensaio, quando possível, logo após a preparação dos corpos de prova.

4.3- Determinação da resistência convencional ($f_{c,90}$) e do módulo de elasticidade ($E_{c,90}$)

A resistência convencional e o módulo de elasticidade serão determinados por intermédio de um diagrama carga x deformação. O módulo de elasticidade é definido no trecho reto do diagrama, através de regressão linear. A resistência convencional corresponde ao ponto obtido da seguinte maneira: desloca-se o trecho reto do diagrama, paralelamente na direção horizontal, um valor correspondente a 0,2% de deformação do corpo-de-prova; o cruzamento desta reta com o diagrama define o ponto com o valor de carga correspondente à resistência,

4.4- Velocidade de ensaio

Os ensaios devem ser realizados, preferencialmente, com velocidade constante de deformação igual a 0,01 mm/s. Como alternativa, os ensaios podem ser realizados com velocidade constante de aplicação de carga, sendo o valor da mesma estipulado de forma que a resistência convencional seja obtida em um tempo de ensaio igual a 2 minutos \pm 0,5 minuto.

4.5- Procedimentos do ensaio

Após a preparação dos corpos-de-prova, efetuar a medida de suas dimensões. A carga será aplicada na direção tangencial aos anéis de crescimento. No caso da máquina universal de ensaios não possuir dispositivo para registro das deformações dos corpos de prova, estas serão medidas por intermédio de dois relógios comparadores posicionados conforme mostrado na figura 5. A deformação do corpo-de-prova será igual a média das leituras dos dois relógios.

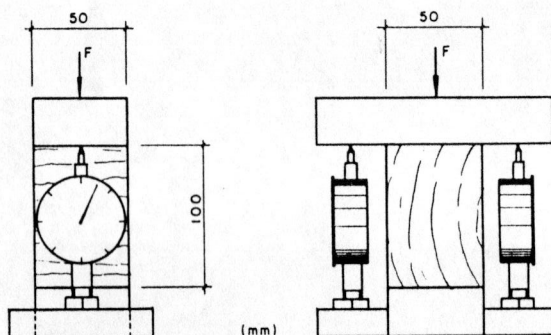


FIGURA 5- Ensaio de compressão normal

O ensaio deve ser realizado até um nível de carga que garanta que a resistência convencional da madeira já tenha sido excedida. Este nível pode ser definido quando for observado um apreciável aumento do acréscimo das deformações para incrementos constantes de carga. No caso de utilização de relógios comparadores, devem ser feitas, pelo menos, medidas de deformações para dez níveis de carga, do início do ensaio até ser atingida a resistência. Após o término do ensaio, determinar o teor de umidade da madeira.

4.6- Resultados do ensaio

Fazer o diagrama carga x deformação, a partir dos resultados obtidos no ensaio, conforme exemplo mostrado na figura 6.

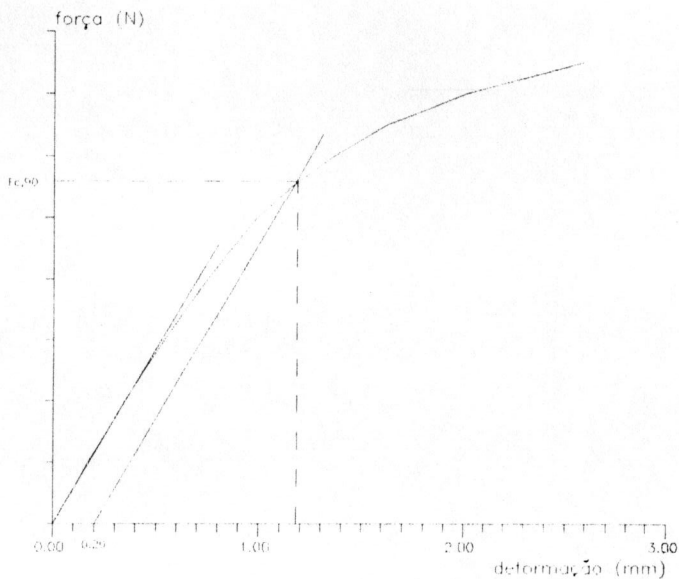


FIGURA 6- Diagrama carga x deformação

Determinar o módulo de elasticidade ($E_{c,90}$), por intermédio do coeficiente angular (c) do trecho reto do diagrama, considerado situado entre os valores de tensões iguais a 0,1 e 0,5 de $f_{c,90}$. Este valor de $f_{c,90}$ deve ser estimado, inicialmente.

$$E_{c,90} \text{ (MPa)} = c \text{ (N / mm)} \frac{h \text{ (mm)}}{a \text{ (mm)} \times b \text{ (mm)}} \quad (01)$$

Determina-se a carga correspondente à resistência convencional da madeira deslocando-se paralelamente na horizontal o trecho reto do diagrama, um valor igual a 0,002 h , o cruzamento desta reta com o diagrama define o valor de carga igual a $F_{c,90}$. A resistência ($f_{c,90}$) será dada por:

$$f_{c,90} \text{ (MPa)} = \frac{F_{c,90} \text{ (N)}}{a \text{ (mm)} \times b \text{ (mm)}} \quad (02)$$

ABSTRACT

This work presents a testing procedure in order to be employed in wood characterization in compression perpendicular to the grain; this test is not indicated by NBR-6230 (Physical and mechanical tests in wood). Are discussed points referred to the specimen geometry and speed of testing.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. *Annual book of ASTM standard*. Philadelphia, ASTM, 1993. v. 4.09: Wood.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Ações e segurança nas estruturas - NBR-8681*. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Ensaio físicos e mecânicos de madeiras - NBR-6230*. Rio de Janeiro, ABNT, 1980.
- BODIG, G.J.; JAYNE, B.A. *Mechanics of wood and wood composites*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1982.
- BROTERO, F.A. *Métodos de ensaios adotados no IPT para o estudo das madeiras nacionais*. São Paulo, IPT, 1939. (Boletim 24 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas)
- COMMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. *Maderas - Método de determinação de la compression perpendicular al 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.
- FELDBORG, T. Determination of some mechanical properties of timber in structural sizes. In: INTERNATIONAL TIMBER ENGINEERING CONFERENCE, LONDON, 2-5 setembro, 1991. Anais... London, 1991, v.2, p.2189-2199.
- FUSCO, P.B. Uma proposta de normalização das resistências da madeira estrutural. In: ENCONTRO REGIONAL EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 1., São Paulo, 4-5 novembro, 1993. Anais... São Paulo, EPUSP-IBRAMEM, 1993, p.213-233.
- FUSCO, P.B.; ALMEIDA, P.A.O. Fundamentos para o estabelecimento de um método de ensaio de compressão normal da madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3., São Carlos, 26-28 julho, 1989. Anais... São Carlos, LaMEM-EESC-USP, 1989, v.4, p.19-26.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO-3132 - Wood - Testing in compression perpendicular to grain*. Switzerland, ISO, 1975.
- MADSEN, B.; HOOLEY, R.F.; HALL, C.P. A design method for bearing stresses in wood. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 1982, v.9, n.2, p.338-349.
- WOLCOTT, M.P.; KASAL, B.; KAMKE, F.A.; DILLARD, D. Testing small wood specimen in transverse compression. *Wood and Fiber Science*, 1989, v.21, n.3, p.320-329.