



## Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006

30 de Julho a 02 de Agosto, São Pedro – SP

CEVEMAD/UNESP - IBRAMEM

### DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA MADEIRA À TRAÇÃO COM ÂNGULO DAS FIBRAS INCLINADO EM RELAÇÃO AO CARREGAMENTO.

**Elias Antonio Nicolas** (eliasnic@fec.unicamp.br)

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

**Nilson Tadeu Mascia** (nilson@fec.unicamp.br)

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

**Alex Júlio Trinca** (laboratorio508@sp.senai.br)

Escola SENAI “Luiz Scavone” Itatiba/SP

**RESUMO:** Para materiais como a madeira, ao se aplicar um carregamento, de compressão ou tração, numa direção inclinada de um ângulo pequeno em relação às suas fibras, ocorre uma grande redução da resistência. A redução da resistência está diretamente relacionada à natureza anisotrópica da madeira. Por isso é necessário aplicar, para a madeira e seus compósitos, critérios de resistência que considerem a natureza anisotrópica e a assimetria de resistência, ou seja, diferentes resistências de tração e compressão numa mesma direção. Mas por causa da complexidade dos fenômenos de ruptura da madeira e seus compósitos, as estimativas usando teorias de ruptura ainda não foram completamente desenvolvidas. Consequentemente, métodos empíricos são usados, os quais sob algumas circunstâncias são razoavelmente precisos. A fórmula de Hankinson é um desses métodos e se aplica frequentemente para madeira, particularmente na compressão em direções inclinadas em relação às fibras. Vários autores sugerem que a fórmula de Hankinson é, também, adequada para estimar a resistência da madeira sob tração inclinada em relação às fibras. Apesar desta fórmula ser estritamente empírica, ela tem apresentado valores próximos aos valores obtidos em ensaios da madeira sob compressão e tração. Nesta pesquisa foram realizados ensaios tração em corpos-de-prova de madeira, da espécie “*Goupia glabra*” (cupiúba), nas direções inclinadas em relação às fibras (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° e 90°), tendo como objetivo principal comparar os resultados de ensaios com os valores obtidos através da fórmula de Hankinson.

**Palavras-chave:** madeira, anisotropia, resistência, tração

### DETERMINATION OF TENSION STRENGTH OF WOOD WITH ANGLE OF GRAINS INCLINED IN RELATION TO THE LOAD.

**ABSTRACT:** For materials as wood, when applying a compression or tension load, in an inclined direction of a small angle in relation to its grain, a great reduction of the strength occurs. The reduction of the strength is related directly to the anisotropic nature of wood. Therefore, it is necessary to apply, for wood and its composites, criteria of strength that consider the anisotropic nature and the asymmetry of strength, or either, different tension and compression strength in one same direction. But due to the complexity of the phenomena of rupture of wood and its composites, the predictions using failure theories had still not been developed completely. Consequently, empirical methods are used, which under some circumstances are reasonable accurate. Hankinson's formula is one of these methods and it has been applied frequently for wood, particularly in the compression in directions inclined in relation to grain. Some authors suggest that Hankinson's formula is adjusted to predict the strength of wood under tension inclined in relation to grain too. Despite this formula be strict empirical, it has presented values next to the values obtained in tests to wood under compression and tension stresses. This research had been carried through tension tests in wood specimens, of the species “*Goupia glabra*”, in the directions inclined in relation to grain (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° and 90°), having as objective main to compare the results of tests with the values obtained through the Hankinson's formula.

**Keywords:** wood, anisotropic, strength, tension

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira apresenta os maiores valores de resistência à tração na direção das suas fibras (longitudinal); nas outras direções (radial e tangencial) ocorre significativa redução dessa resistência, NORRIS(1939). Com o objetivo de se determinar como a inclinação das fibras da madeira, em relação à aplicação do carregamento, influencia na sua resistência à tração, foram realizados ensaios em corpos-de-prova de madeira da espécie “*Goupia glabra*” (Cupiúba) para vários ângulos de inclinação das fibras. Os dados obtidos nos ensaios de tração serão comparados com as estimativas da fórmula de Hankinson.

## 2. OBJETIVOS

Realizar ensaios de tração em corpos-de-prova de madeira com ângulos das fibras inclinados em relação ao carregamento. Comparar os resultados com as estimativas de resistência da fórmula de Hankinson.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Fórmula de Hankinson

A primeira fórmula para a determinação da resistência à compressão da madeira em uma direção inclinada em relação às fibras foi proposta por Hankinson em 1921.

Segundo BODIG (1993) por causa da complexidade dos fenômenos de ruptura em compósitos de madeira, as estimativas usando teorias de ruptura, TSAI(1971), ainda não foram completamente desenvolvidas. Conseqüentemente, métodos empíricos podem ser usados, os quais sob algumas circunstâncias são razoavelmente precisos. A fórmula de Hankinson é um desses métodos. Aplicada freqüentemente na madeira, particularmente na compressão, a fórmula apresenta a seguinte forma geral:

$$\sigma_{\theta} = \frac{f_0 \cdot f_{90}}{f_0 \cdot \sin^n \theta + f_{90} \cdot \cos^n \theta} \quad (1)$$

onde:

$\sigma_{\theta}$ : tensão última em uma direção inclinada em relação às fibras;

$f_0$ : tensão última paralela às fibras;

$f_{90}$ : tensão última perpendicular às fibras;

$\theta$ : ângulo de inclinação das fibras;

$n$ : expoente.

Na Figura 1 pode-se observar um esquema de ensaio de tração.