

ÂNGULOS ALFA E BETA PARA O ENSAIO “OFF-AXIS” DE *Eucalyptus sp* E *Pinus sp*.

ALPHA AND BETA ANGLES FOR "OFF-AXIS" TEST OF *Eucalyptus sp* AND *Pinus sp*.

Priscila ROEL DE DEUS¹; Claudio de CONTI²; Luciano Rossi BILESKY¹

RESUMO - O ensaio off-axis trata-se de um ensaio de tração onde os eixos de simetria do material fazem um ângulo com os eixos do corpo de prova e a direção da carga aplicada. A grande vantagem deste ensaio é a extração da não uniformidade da distribuição de tensões que ocorrem no centro do corpo de prova, que naturalmente estão presentes nos ensaios normalizados para o cisalhamento. Para construir o corpo de prova off-axis é necessário calcular o ângulo entre a direção de simetria do material e a direção longitudinal do corpo de prova, denominado na literatura como ângulo alfa. Além disso, durante a realização do ensaio off-axis, para minimizar os efeitos de esmagamento impostos pelas garras da máquina, utilizam-se duas placas coladas em cada uma das extremidades do corpo de prova, onde a extremidade interna da placa faz um ângulo oblíquo com o eixo do material, conhecido na literatura como ângulo beta. No entanto, uma das desvantagens do ensaio off-axis é que para obter o conjunto de ângulos alfa e beta é necessário o conhecimento prévio das constantes elásticas do material, que são diferentes para cada espécie de madeira. O objetivo deste trabalho é obter um único conjunto de ângulos alfa e beta para diferentes espécies de *Eucalyptus* e um único conjunto de ângulos para diferentes espécies de *Pinus*. Com estes ângulos pretende-se simular o ensaio off-axis com o método dos elementos finitos, com o intuito de obter as principais características deste ensaio e com isso justificar o uso de um único conjunto de ângulos. Resultados preliminares feitos para três espécies de *Eucalyptus* e três espécies de *Pinus* indicam que é possível obter um único conjunto de ângulos para as folhosas e um único conjunto para as coníferas.

Palavras-chave: Cisalhamento, Método dos Elementos Finitos, constantes elásticas.

ABSTRACT - The test off-axis it is a tensile test where the axes of symmetry of the material makes an angle with the axes of the specimen and the direction of the applied load. The great advantage of this test is the extraction of non-uniform distribution of stresses that occur in the center of the specimen, which are naturally present in the standard tests for the shear. To build the samples off-axis is necessary to calculate the angle between the direction of symmetry of the material and the longitudinal direction of the specimen, known in the literature as alpha angle. In addition, during the test off-axis, to minimize the effects of crushing taxes in the clutches of the machine, we use two cards glued on each end of the specimen, where the inner edge of the plate makes an oblique angle with the axis of material, known in literature as the angle beta. However, one of the disadvantages of off-axis test is that for the set of angles alpha and beta is required prior knowledge of the elastic constants of the material, which are different for each species of wood. The objective of this work is to obtain a single set of alpha and beta angles for different species of *Eucalyptus* and a single set of angles for different

¹ Doutorando do Departamento de Engenharia mecânica, UNESP – FEG, priscila.roel@posgrad.itapeva.unesp.br; lrbiles@gmail.com.

² Professor Doutor na UNESP – Campus experimental de Itapeva, conti@itapeva.unesp.br

species of *Pinus*. With these angles is intended to simulate the off-axis test with the finite element method, in order to obtain the main characteristics of this test and thus justify the use of a single set of angles. Preliminary results done for three species of *Eucalyptus* and three species of *Pinus* indicate that it is possible to obtain a single set of angles for hardwoods and one set to softwoods.

Keywords: Shear, Finite Element Method, elastic constants.

INTRODUÇÃO

O ensaio off-axis consiste num corpo de prova com formato de um paralelepípedo, onde a direção de simetria do material faz um ângulo com o eixo longitudinal do corpo de prova e a direção da carga aplicada. Esse ensaio foi proposto inicialmente por Chamis e Sinclair (1977) para compósitos artificiais e atualmente tem sido aplicado a madeira.

A grande vantagem do ensaio off-axis é que a distribuição das tensões no centro do corpo de prova é uniforme, permitindo assim uma leitura real das tensões de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras e consequentemente a determinação dos módulos de cisalhamento paralelos às fibras.

Porém uma das dificuldades em se aplicar o ensaio off-axis é a construção do corpo de prova, pois para se determinar o ângulo entre as fibras e a direção de simetria do material é necessário conhecer as constantes elásticas da madeira. Esses dados são difíceis de determinar experimentalmente e também na literatura.

Para tanto, é proposto nesse trabalho obter um único conjunto de ângulos para as espécies de *Pinus sp* e um único conjunto de ângulos para as espécies de *Eucalyptus sp*.

ÂNGULOS ALFA E BETA

Em Yoshihara e Ohta (2000) os valores encontrados para a resistência de cisalhamento com o ensaio off-axis são próximas aos valores encontrados na literatura, quando os ângulos entre a direção das fibras e a direção longitudinal do corpo de prova estão entre 10° e 30° para *spruce* e entre 15° e 30° para *katsura*. Esses ângulos são valores maiores do que o valor 10° utilizado e sugerido por Chamis e Sinclair (1977) para analisar materiais compósitos.

Em Garrido (2004) o ensaio off-axis foi realizado com um ângulo de 15° entre a direção das fibras e a direção longitudinal do corpo de prova e 34° para as a inclinação das placas coladas nas extremidades do corpo de prova e concluiu que é um ensaio adequado para a identificação direta do módulo de corte G_{LR} da madeira de *Pinus pinaster Ait.*

Para melhor compreensão do comportamento mecânico de materiais com direções principais, Todeschini (2009) investigou ensaios biaxiais e uniaxiais. Utilizou o ensaio de compressão para a madeira de *Goupia glaba* e *Pinus eliotti*, no qual utilizou ângulos aleatórios e obteve resultados satisfatórios com pequenas inconsistências devido à heterogeneidade da mesma.

Em Roel (2010) foi utilizado o ângulo de 12,88° para o *Eucalyptus citriodora*, esse ângulo foi determinado através dos coeficientes de flexibilidade da madeira. Os resultados foram compatíveis aos encontrados na literatura, porém a construção do corpo de prova foi uma das dificuldades encontradas pelo autor.

O corpo de prova do ensaio off-axis é construído a partir do ângulo entre a simetria do material e as fibras, esse ângulo é determinado através do coeficiente de flexibilidade no referencial de ortotropia. Segundo Bodig e Jayne (1993) o coeficiente de flexibilidade é calculado com os dados das constantes elásticas de cada madeira