



DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES ELÁSTICAS DA MADEIRA GARAPA UTILIZANDO ULTRASSOM

¹**Rejane Costa Alves** (rejane.alves@ufersa.edu.br), ²**Fernanda Cinthia Fernandes Dantas** (fernandac_dantas@hotmail.com), ³**Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco** (mantilla@dees.ufmg.br), ⁴**Raquel Gonçalves** (raquel@feagri.unicamp.br)

¹ **Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ Universidade Federal de Minas Gerais**

Departamento de Ciências Vegetais/ Departamento de Estruturas

² **Universidade Federal Rural do Semi-Árido**

Departamento de Ciências Vegetais

³ **Universidade Federal de Minas Gerais**

Departamento de de Arquitetura e Urbanismo

⁴ **Universidade Estadual de Campinas**

Faculdade de Engenharia Agrícola

RESUMO: Em virtude da falta de conhecimento dos valores das constantes elásticas das madeiras brasileiras na literatura, esse trabalho se faz importante. A madeira é considerada como material ortotrópico, assim é necessário determinar três módulos de elasticidade, três módulos de deformação transversal e seis coeficientes de Poisson. Foi adotado o método de propagação de ondas ultrassônicas na madeira garapa (*Apuleia leiocarpa*), utilizando o Panametrics-NDT EPOCH4 (Olympus/Panametrics NDT Inc, San Diego, CA), com transdutores longitudinal e transversal, e frequência de 1MHz. Com base nos resultados foi possível determinar os valores característicos de cálculo dessas propriedades.

Palavras Chave: Propagação de onda, Módulo de elasticidade, Método não destrutivo, *Apuleia leiocarpa*, madeira.

DETERMINATION OF CONSTANT ELASTIC WOOD GARAPA USING ULTRASOUND

ABSTRACT: Due to lack of knowledge of the elastic constants of Brazilian woods in the literature, this work is important. Wood is considered an orthotropic material; thus, it is necessary to determine three modules of elasticity, three modules of transverse deformation, and six coefficients of Poisson. We adopted the ultrasonic wave propagation method in wood Garapa (*Apuleia leiocarpa*), using Panametrics-NDT EPOCH4 (Olympus/Panametrics NDT Inc, San Diego, CA), with longitudinal and transversal transducers, and frequency of 1MHz. Based on the results it was possible to determine the characteristic values for calculating these properties.

Keywords: Wave propagation, Modulus of elasticity, Non- destructive method, *Apuleia leiocarpa*, wood.

1. INTRODUÇÃO

A nomenclatura anisotropia é atribuída em madeira por apresentar variação em resposta à direção em que a tensão é aplicada, esse comportamento é justificado pela organização de sua estrutura interna (BUCUR, 2006). A estrutura pode ser, por exemplo, a orientação das fibras. Mascia e Vanalli (2012) dizem ainda que materiais anisotrópicos não apresentam simetria elástica, e apresentam diferenças nas propriedades mecânicas em direções diferentes. Os mesmos autores ainda afirmam que, se em uma estrutura anisotrópica aparece algum tipo de simetria, suas propriedades de elasticidade também indicam tal simetria, e assim a lei de Hooke pode ser simplificada. Como é o caso da madeira.

Na tentativa de diminuir as constantes de engenharia, tem se simplificado-a como um material ortotrópico (SLYKER (1972), BODIG e JAYNE (1982); GARAB et al. (2010), MASCIA e VANALLI (2012), KOHLHAUSER e HELLMICH (2012), MASCIA e NICOLAS (2013)). E com isso suas constantes elásticas se reduzem a doze, três módulos de elasticidade (E_L , E_T , e E_R), três de módulos de cisalhamento (G_{RT} , G_{TL} , e G_{RL}), e seis coeficientes de Poisson (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RT} , ν_{RL} , ν_{TR} e ν_{TL}) (BODIG e JAYNE (1982); BUCUR (2006), GONÇALVES et al. (2014) e VÁZQUEZ et al. (2015)).

O estudo do princípio de propagação da onda aplicável a materiais ortotrópicos teve início em 1880 com o desenvolvimento da equação de Christoffel (BUCUR, 1984). E cerca de um século depois foram iniciados os estudos visando à caracterização física e mecânica da madeira (STANGERLIN et al., 2010). Os métodos não destrutivos de avaliação de madeira têm sido amplamente utilizados no mundo.

De acordo com Bucur (2006) o desenvolvimento de técnicas de ultrassom para a determinação das constantes elásticas da madeira foi divulgado no Reino Unido na década de 1960. E a partir desta data houve a difusão destes ensaios em todo o mundo. Autores como Bodig e Goodman (1972), Bolza e Kloot (1963), Kennedy (1965), Atherton (1980), Curry (1976), Bucur (1984) e Warren (1979) contribuíram para percepção da importância da técnica de propagação de ondas acústicas para avaliação de madeira. Levando em consideração a utilização de ondas acústicas com frequências maiores que 20 kHz são utilizados métodos de ultrassom, que utilizam um cristal de quartzo que converte corrente elétrica em ondas oscilatórias.

Alguns trabalhos mais recentes foram realizados na tentativa de explorar o princípio de propagação da onda para estimar algumas propriedades da madeira, na maioria das vezes, determinando as constantes elásticas em suas três direções principais. Daí o objetivo do trabalho é determinar as constantes elásticas utilizando a equação de Christoffel.

2. MATERIAL E MÉTODO

Os ensaios não destrutivos foram realizados no laboratório de Materiais de construção e estruturas, LabEND-UNICAMP. As madeiras ensaiadas foram em forma de corpos de prova de compressão (50x50x150mm) da espécie *Apuleia leiocarpa* (garapa). Ao todo foram utilizados CPs orientados nas seis direções, as três principais (radial, tangencial e longitudinal) e as três intermediárias (longitudinal radial, longitudinal tangencial e radial tangencial). Vale ressaltar que, a maioria dos trabalhos para as madeiras brasileiras são realizadas apenas com as madeiras orientadas nas três direções principais. Tomou-se cuidado de utilizar sete repetições, com a finalidade de determinar os valores característicos de cálculo dessas propriedades, dados esses não disponíveis na literatura.