III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

APLICAÇÃO DE ANÁLISES NÃO DESTRUTIVAS EM MADEIRA DE Cedrela fissilis Vell. UTILIZADA EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Carlos Silveira[1]
Carolina Nogueira Xavier[2]
Amanda Arantes Junqueira[1]
Norma Maciel[1]
José Henrique Camargo Pace[3]
Alexandre Monteiro de Carvalho[4]
João Vicente de Figueiredo Latorraca[3]

[1] Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
[2] Universidade Federal de Lavras
[3] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
[4] Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

APLICAÇÃO DE ANÁLISES NÃO DESTRUTIVAS EM MADEIRA DE *Cedrela fissilis* Vell. UTILIZADA EM RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Resumo: Com as intensivas ações antrópicas visando expandir fronteiras agrícolas recorrente nas ultimas décadas, as práticas de restauração florestal ganharam maior importancia no cenário nacional. Ensaios não destrutivos têm sido utilizados nestas práticas devido a sua facilidade de aplicação na avaliação das propriedades da madeira sem a necessidade do corte das árvores. Neste sentido, a pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade da madeira do cedro-rosa por meio de análises não destrutivas, e dessa forma avaliar o estado fitossanitário da árvore por meio da tomografia de impulso e determinar a densidade da madeira pela densitometria de raios-X e pelo método gravimétrico. Sendo assim, 8 indivíduos de cedro-rosa com 16 anos de idade e com diâmetros maiores que 20 cm, foram selecionados. Realizando a analise de tomografía de impulso e após Foram retiradas amostras do lenho com auxílio dasonda de Pressler a fim de realizar as análises de densidade básica e de densidade aparente pela densitometria de raios-X. A densidade básica obteve o valor médio de 513,66 kg/m^3 e a densidade aparente a 15%, realizada através da densitometria de raios-X de 527,7 kg/m^3. A densitometria de raios-X estimou com precisão a idade dos indivíduos. A tomografia apresentou valor médio de propagação de ondas de 539,72 m/s, ressaltando que somente 2 indivíduos apresentaram considerada variação no estado fitossanitário da madeira. As metodologias não destrutivas utilizadas demonstraram ser eficazes no estudo de propriedades físicas de espécies florestais sem a utilização da amostragem destrutiva.

Palavras-Chave: tomografia de impulso, densitometria, densidade e espécie nativa.

APPLICATION OF NON-DESTRUCTIVE ANALYSIS IN WOOD OF *Cedrela fissilis* Vell. USED IN FOREST RESTORATION

Abstract: With the intensive anthropic actions aimed at expanding recurrent agricultural frontiers in the last decades, the forest restoration practices have gained greater importance in the national scenario. Non-destructive tests have been used in practical for their ease of application in the characterization of the disposition of the anatomical elements, monitoring the development of the individuals and elaboration of use proposals according to the quality of the studied wood. The objective of this research was to evaluate the quality of pink cedar wood by non-destructive analysis and to report its development to the practice of forest restoration. Eight individuals of 16-year-old pink cedar with diameters greater than 20 cm were selected. With samples obtained by the Pressler increment borer it were realized the analysis of basic density and apparent density by X-ray densitometry. The basic density was 513,66 kg/m^3 and the apparent density at 15%, performed by X-ray densitometry was 527,7 kg/m^3. The X-ray densitometry accurately estimated the age of individuals. The impulse tomography showed an average wave propagation of 539,72 m/s, emphasizing that only 2 individuals presented variation in the phytosanitary status of the wood. The non-destructive methodologies used have demonstrated that some studies of physical properties and for the development of native forest species without the use of destructive sampling can be effective.

Keywords: impulse tomography, densitometry, density and native species.

1. INTRODUÇÃO

Dos 886 milhões de hectares de cobertura florestal pertencente à América Central e do Sul, 61% encontram-se no Brasil, tornando o país o segundo em cobertura florestal no mundo, superado apenas pela Rússia (BNDES, 2002). A cobertura florestal brasileira está estimada em 463 milhões de hectares. Desses, estima-se que 98,5% sejam constituídos pela floresta natural, localizada predominantemente na região Norte do país (SFB, 2014).

Entretanto, nossas florestas nativas têm sido alvo de intensivo desmatamento com o passar das últimas décadas.

A agropecuária, a expansão urbana, a construção de empreendimentos de energia, como usinas hidrelétricas, e o próprio consumo da população são os principais motivos que levam ao desmatamento florestal no Brasil (ICMBio, 2014).

De acordo com o ICMBio (2014) a agropecuária afetou no último ano 458 espécies, incluindo aves e peixes, seguida da expansão urbana, com 254 e dos empreendimentos de energia, que somaram 187 espécies ameaçadas.

Por não haver planejamento, o desmatamento seguido pelo uso do fogo é considerado predatório em função dos severos danos que causa ao meio ambiente, gerando, inclusive, enormes passivos ambientais (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Para atenuar o desmatamento, práticas de restauração florestal têm crescido em critérios de estudo para propiciar ao meio ambiente recursos para se estabilizar e desenvolver a fim de retornar a uma condição natural.

A restauração florestal é uma prática antiga na história de diferentes povos, regiões e épocas que visavam relacionar a difícil tarefa de reconstruir a floresta buscando também o restabelecimento da biodiversidade, da estrutura e de complexas relações ecológicas da comunidade (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004).

Para avaliar o desenvolvimento de indivíduos arbóreos utilizados em restauração florestal estão sendo utilizadas metodologias de análise que não efetuam a derrubada da árvore, sendo denominados a estas metodologias análises não destrutivas.

A avaliação não destrutiva é definida como a ciência de identificar as propriedades físicas, químicas e mecânicas de uma peça de determinado material sem, no entanto, alterar suas capacidades de uso final (ROSS et al., 1999). O critério de eficiência desta caracterização não realiza a extração de corpos-de-prova, uma vez que a avaliação é feita na própria peça ou estrutura. Para que os métodos de amostragem não destrutiva sejam confiáveis é necessário um ajuste prévio do método e do equipamento utilizado, a fim de se obter uma maior segurança e confiabilidade nos resultados (OLIVEIRA, 2011).

Os ensaios não destrutivos apresentam como principais vantagens à rapidez na coleta de dados, o baixo custo de aplicação e a possibilidade de avaliação de um grande número de indivíduos (GOMES, 2007).

Estas pesquisas têm contribuído para o avanço do conhecimento da variabilidade natural da madeira, permitindo a identificação de materiais que possuam madeira mais homogênea e livre de defeitos internos (ocos e podridão), o que auxilia na escolha da forma mais adequada de sua utilização (GOMES, 2007; OLIVEIRA, 2011).

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. foi avaliada nesta pesquisa devido a seu histórico de exploração, comercialização e seu potencial madeireiro, comprovado por meio de ensaios destrutivos e tendo como matéria-prima áreas diferentes das restauradas consideradas

neste trabalho. Referências de trabalhos anteriores são encontradas nas publicações dos autores Lorenzi (2002), Salomone (2011) e Silva (2013).

Neste contexto, essa pesquisa teve como objetivo verificar o perfil fitossanitário da madeira através da tomografia de impulso na madeira de *Cedrela fissilis* Vell.; avaliar o perfil radial da densidade da madeira através da densitometria de raios X; determinar a densidade básica da espécie através do método gravimétrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedência e amostragem do material

As árvores estão localizadas na Fazenda Sant'Ana do Monte Alegre, no município de Descalvado, São Paulo. De acordo com estudos anteriores e inventários na área estudada, foram totalizados 31 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vellozo. Todos foram implantados em 2001, possuindo 16 anos de idade, quando analisados. A partir das informações obtidas pelo inventário foram sorteados 8 indivíduos que possuísse diâmetro superior a 20 cm. A escolha de indivíduos com estes valores de diâmetro foi orientada pela literatura e por profissionais para tornar a avaliação por meio da tomografia mais eficiente possível, de acordo com a disponibilidade do número de sensores para utilizar na análise.

2.2 Análise do estado sanitário do fuste utilizando a tomografia de impulso

A tomografia de impulso é um método não destrutivo que permite a avaliação do interior do lenho de árvores pela passagem de ondas mecânicas, sendo possível analisar a presença de defeitos (fungos, ataques de insetos, rachaduras, nós, etc.) que possam afetar as propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira. O funcionamento do tomógrafo é baseado na reconstrução de seções transversais de objetos por meio de informações fornecidas pela passagem de ondas provenientes da superfície (AMODEI, 2010).

O tomógrafo de impulso é composto por sensores que são fixados nas seções transversais das árvores. Ao receberem estímulo mecânico com auxílio do martelo, tais sensores produzem ondas mecânicas, onde o tempo de percurso e a velocidade entre sensores são medidos pelo software do equipamento (AMODEI, 2010).

Em cada sensor, são produzidas ondas de impacto geradas pelo estímulo mecânico do martelo no sensor. Essas ondas mecânicas percorreram o lenho até alcançarem os demais sensores e, assim, gerar os tempos de propagação da onda utilizados no cálculo de sua velocidade. Estas são calculadas automaticamente pelo software ARBOTOM utilizando a Equação 1.

$$V = D/T \qquad (1)$$

Em que:
V = Velocidade da onda mecânica (m/s);
D = distância percorrida pela onda (m);
T = tempo utilizado para a onda percorrer determinada distância (s).

A partir desses dados foram confeccionados gráficos da velocidade de onda da seção transversal (imagem tomográfica) de cada árvore. As variações da coloração nas imagens permitiram identificar as características distintas da madeira, geradas pelas diferentes velocidades de propagação de onda dentro do lenho. Assim, o uso do tomógrafo

pode ser correlacionado com apodrecimentos, nós e ocos internos, podendo também ser um indicativo de densidade e resistência da madeira.

Foi utilizado o tomógrafo de impulso Arbotom a fim de verificar o estado fitossanitário da árvore, para tal foi realizada a mensuração da circunferência da árvore na altura do DAP (a 1,30 m do solo) e esta foi dividida pelo número de sensores (n=5) para que estes fossem fixados equidistantemente na seção transversal da árvore analisada. Os condutores metálicos foram fixados na árvore para sustentação dos cinco sensores de impulsos frontais.

Com os sensores instalados e conectados ao computador, o Arbotom informa os dados da propagação do impulso gerado pelo impacto mecânico do martelo (Figura 1).

Figura 1. Realização da tomografia de impulso. (A) Instalação dos sensores; (B) geração de impulsos através do martelo; (C) imagem 2D representando o tronco de um indivíduo de *Cedrela fissilis* Vell.

2.3 Determinação da densidade da madeira por meio da densitometria de Raios-X

Na altura do DAP (1,30 do solo), obedecendo às normas estabelecidas pelo manual de utilização do trado, inserindo-o no lenho na posição de 90 graus. Foram retiradas de cada árvore duas amostras do lenho, baguetas no sentido Norte-sul e Leste-oeste.

A partir das baguetas foram obtidos corpos de prova para realizar a analise da densidade da madeira no equipamento de densitometria de raios-X.Para isso, foram confeccionados suportes usando um painel de MDF, e após esta etapa as baguetas foram coladas nos mesmos orientando-se a posição da casca e da medula. Depois de coladas, as baguetas foram cortadas com 2 mm de espessura com o auxílio de serra circular vertical dupla.

Após o corte, as baguetas foram acondicionadas em uma câmara climática com 20°C e 70 ± 5% de umidade por 24h visando atingir a densidade aparente (a uma umidade relativa de 15%), de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997).

Em seguida, as baguetas foram analisadas em um densitômetro de raios-X modelo QTRS-01X, com fonte colimada de feixes de raios-X (Figura 2). A determinação da densidade aparente por densitometria de raios-X foi realizada conforme Amaral &Tomazello Filho (1998).

2.4 Determinação da Densidade básica pelo método gravimétrico

As baguetas foram imersas por cerca de 15 dias em um recipiente com água a fim de atingirem a saturação. Posteriormente, foram mensuradas e pesadas. A densidade básica é definida como a relação entre a massa seca e o volume saturado em água.

$$\rho_{bas} = m_s / v_{sat} \qquad \text{(Equação 2)}$$

Procurou-se verificar se a densidade básica em árvores vivas determinadas por métodos não destrutivos pode ser associada aos valores de tomografia e densitometria de raios-X, assim como estudado por Gonçalves (2009) avaliando metodologias não destrutivas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estado fitossanitário da árvore pela Tomografia de impulso

A análise da tomografia das árvores de *Cedrela fissilis* Vell. gerou as imagens tomográficas 2D apresentadas na Figura 2. A variação da velocidade de propagação da onda mecânica gerada pelo software do tomógrafo promoveu uma variação na coloração das secções transversais.

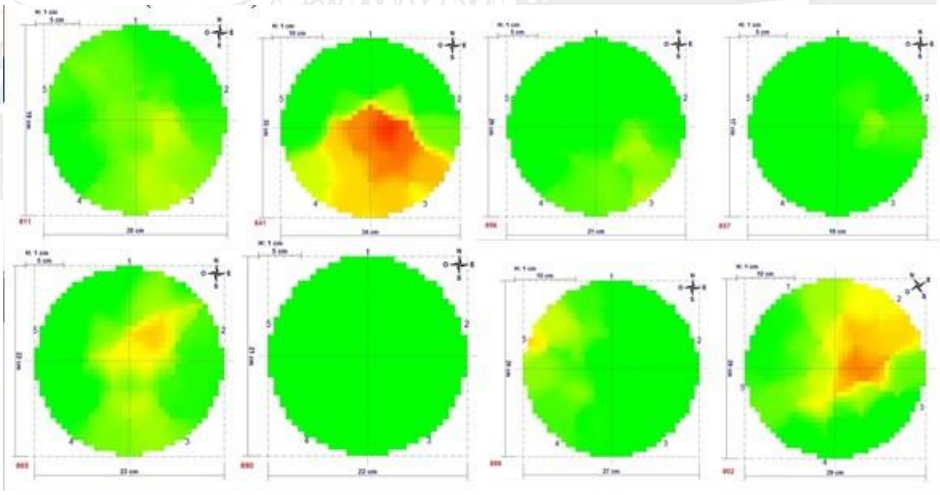

Figura 2. Imagens em duas dimensões (2D) fornecida através da tomografia de impulso dos indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell.

A imagem dos indivíduos demonstra que o lenho apresentou bom estado de sanidade na maioria dos indivíduos e foi constatada presença de defeitos, provavelmente ocos internos, em apenas dois indivíduos.

A variabilidade de cores é uma característica relacionada à heterogeneidade do material analisado, que envolve fatores como idade (as árvores analisadas estavam com 14

anos), ausência de práticas de manejo florestal, usos anteriores para fins acadêmicos e de pesquisa (CASTRO, 2011).

De forma mais generalizada, foi constatada uma coloração esverdeada na maior parte dos perfis analisados, o que denota grande velocidade de propagação da onda gerada no ensaio. Em alguns indivíduos verificaram-se colorações amareladas e avermelhadas nas regiões centrais e de periferia, o que indica uma velocidade de onda menor. De acordo com Castro (2011) esta menor velocidade está associada à natureza do material ali existente e a problemas de sanidade.

As velocidades médias de propagação da onda, dadas em metros por segundo, apresentaram os valores inseridos na Tabela 1.

Tabela 1. Velocidades médias da tomografia de impulso nos indivíduos

Indivíduo	Velocidade média (m/s)
811	818,1
841	314,7
856	469,4
857	764,55
865	478,35
890	560,65
899	351,35
902	560,65
Média	**539,72**

As imagens tomográficas geradas pelo software Arbotom 2.05c, referentes à estrutura interna do lenho do cedro-rosa, indicaram sintomas de lesões internas mais latentes em dois indivíduos.

Além dos diferentes tipos de madeira, fatores externos como o vento, a chuva, ruídos elevados e influências inerentes ao equipamento, como qualidade da batida feita pelo usuário do equipamento no momento do ensaio (diferentes intensidades de batidas nos sensores) e fixação dos conectores metálicos podem afetar as medições (AMODEI, 2011).

Castro (2011) afirma que em alguns estudos a avaliação das imagens tomográficas pode ser mascarada ou imprecisa, visto que a proximidade entre os sensores distorcem os resultados, principalmente nas regiões mais periféricas. A tomografia de lenhos funciona melhor em indivíduos de maior porte.

3.2 Densidade da madeira a partir da Densitometria de raios-X

Os resultados de densitometria de raios-X gerados pelo QTRS- 01X apresentaram valores calculados para idade das árvores muito próximos e/ou exatamente iguais com as informações levantadas de idade da realização do plantio, como destacado abaixo na Figura 3.

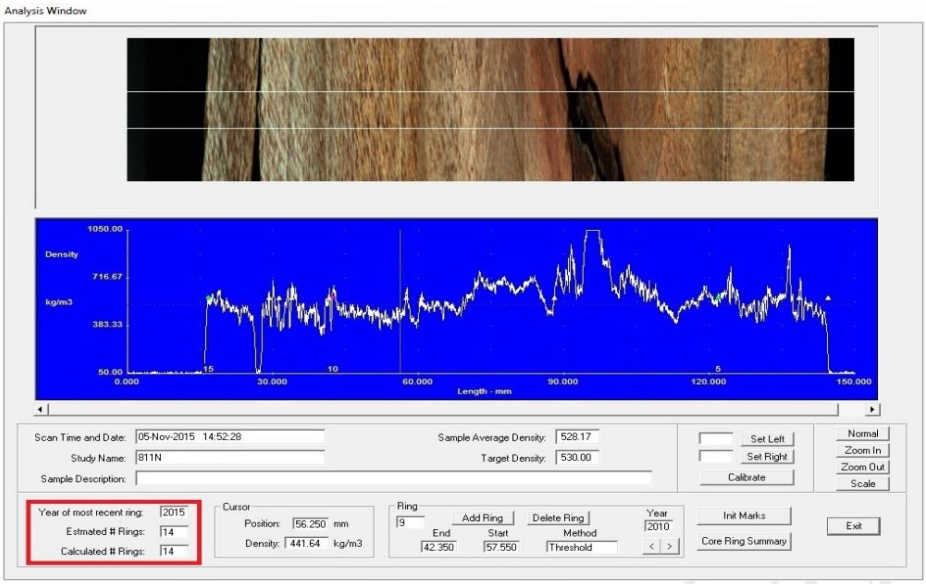

Figura 3. Valores estimados e calculados através da contagem de anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell.

Dessa forma, obtiveram-se a densidade aparente (umidade a 15%) no sentido radial para as duas baguetas de cada árvore (sentido norte-sul e leste-oeste), após foi calculada a média dessas baguetas para obter a densidade aparente média por árvore, conforme valores descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade aparente (15% de umidade) obtido pela densitometria de raios-X dos 8 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell.

Indivíduo	**Densitometria (kg/m^3)**
811	526,93
841	528,24
856	528,53
857	525,89
865	526,21
890	534,7
899	533,91
902	517,14
Média	**527,70**

O perfil radial da densitometria (sentido medula-casca) demonstrou oscilação dos valores, variando de 517,14 a 533, 91 kg/cm^3. Os valores encontrados nesta pesquisa são menores do que quando comparado a outros trabalhos que estudaram eucaliptos e o comportamento da densidade aparente através da técnica de densitometria de raios-X (ALZATE, 2004; MAURI, 2010; SETTE JUNIOR, 2010; RODRIGUES, 2013; BOA, 2014).

O incremento em diâmetro das árvores habitualmente forma anéis de crescimento, e a formação destes anéis é um fator que influencia a variação da densidade no sentido medula-casca, podendo estar relacionada às variações nos valores de densidade observadas nas imagens de raios-X digital (BURGER; RICHTER, 1991).

3.3. Densidade básica determinada pelo método gravimétrico

Os resultados apresentados na tabela abaixo (Tabela 3) referem-se aos valores de densidade básica obtidos.

Tabela 3. Densidade básica dos indivíduos analisados

Indivíduo	Densidade básica (kg/m3)
811	452,97
841	553,74
856	504,45
857	506,84
865	594,5
890	469,5
899	513,7
902	521,5
Média	**514,65**

Os valores encontrados neste trabalho condizem com as pesquisas realizadas por Jankowsky (1990) apresentaram valores no intervalo em torno de 440 kg/m^3 para a madeira do cedro rosa, confirmando a expectativa de uma madeira de média densidade de boa trabalhabilidade, sendo uma espécie com densidade considerada leve a moderada. A densitometria de raios-X confirma esta afirmação, a metodologia estimou com eficiência a densidade aparente da madeira e confirmou os valores encontrados de desta variável para a espécie pelo IPT (1989).

A densidade da madeira estudada, densidade básica obtida pelo método gravimétrico e a densidade aparente obtida pela densitometria de raios-X, não apresentaram diferença estatística no teste Tukey ($P > 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Análise das médias pelos métodos de densidade utilizados

Metodologia	Valor (kg/m^3)
Gravimetria	514,65 ± 41,77 a
Densitometria de raios-X	527,70 ± 5,42 a

Nota: Médias com letras minúsculas iguais, não diferem estatisticamente.

Os dois métodos utilizados mostraram-se eficientes na amostragem dos valores de densidade para *Cedrela fissilis* Vell., sendo precisos na análise e apresentando as médias no mesmo intervalo estatístico, confirmando a informação de que esses valores de densidade favorecem a aplicação desta madeira em diferentes setores madeireiros, tais como construção civil, mobiliário e demais usos.

4. CONCLUSÕES

A análise da densidade aparente dos indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell. através da densitometria de raios-X demonstrou a eficácia do aparelho, pois os valores encontrados condizem com os valores da literatura.

A sanidade de 80% das árvores de *Cedrela fissilis* Vell. analisada com a tomografia de impulso apresentou bom estado fitossanitário.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por auxílio financeiro por meio do Projeto Temático (Processo n. 2013/50718-5).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZATE, S. B. A. Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *urophylla*. 2004. 150 p Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AMODEI, J. B. et al. Avaliação Preliminar da Qualidade da Madeira de *Tectona grandis* L. f. Através da Tomografia de Impulso. Revista Floresta e Ambiente. v.17, n.2, p.124-12, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projetos de estruturas de madeira - Rio de Janeiro, 1997. 107p

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.16, p. 3-30, 2002.

BOA, A.C. Caracterização da madeira da metade superior do tronco de árvores de *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla* de 13 anos para produção de celulose. 2004. 93 p Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espirito Santo, Jerônimo Monteiro . 2004.

BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R.A.A.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica nas seções transversais do caule e da base do tronco para a copa de eucalipto. IPEF, n.15, p.73-82, 1977.

BUCUR V. Theory of and experimental methods for acustic characterization of wood. In: Acoustics of wood. 2 ed. Berlin: Springer-Verlag; ,p. 39-104, 2006.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CARRASCO, E.V.M.; AZEVEDO JÚNIOR, A.P. Avaliação não destrutiva de propriedades mecânicas de madeiras através de ultra-som: fundamentos físicos e resultados experimentais. Revista Cerne, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-191, 2003.

GOMES, A. F. Avaliação das características da madeira e de polpa de *Eucalyptus* mediante a aplicação de métodos não destrutivos na árvore viva. 2007. 141p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. "Planos de Manejo das Florestas Nacionais do Crepori, Jamanxim e do Amana, localizadas no estado do Pará" Produto 3.2 - Relatório Inventário Florestal da Floresta Nacional do Crepori - Relatório Final 04PND0207 - Consórcio Senografia/STCP. Curitiba/PR. 2009, 376p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Fichas de Características das madeiras brasileiras. São Paulo. ed. 2, n. 1791, 1989.

JANKOWSKY, I. P.et al. Madeiras brasileiras. Caxias do Sul: Spectrum. p. 172, 1990.

LORENZI, H., Árvores Brasileiras – Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas nativas do Brasil. v 1. Instituto Plantarum. Nova Odessa – SP, 2002.

MATOS, J. L. M. Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1997.

MAURI R. Anatomia e densidade de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com variação de altitude e topografia no estado de Minas Gerais. 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

OLIVEIRA, B. R. U. et al. Microdensitometria de Raios X Aplicada na Determinação da Variação da Densidade do Lenho de Árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Revista Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 103-112, 2011.

OLIVEIRA, F.G.R.; SALES, A. Efeito da densidade e do teor de umidade na velocidade ultrasônica da madeira. Revista Minerva, São Carlos, v. 2, n. 1, p. 25-31, 2005.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J. F. Retratibilidade volumétrica e desensidade aparente da madeira em função da umidade. IPEF, n.39, p.33-40, 1988.

RINNTECH. User Manual - Arbotom 3-D Tree Impulse Tomograph, version 1.59 for Microsoft Windows 98, 2000, XP. Heidelberg: Microsoft Window; 2005. 42 p.

RODRIGUES, B. P. Qualidade do lenho de árvores de clone de *Eucalyptus grandis* X *E. urophylla* sob estresse abiótico e o impacto na produção de celulose. 2013. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós- Graduação em Ciências Florestais Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de Florestas Ciliares. In Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. EDUSP/FAPESP 3 ed., p.235-247. 2004.

ROSS, R. J. et al. Inspection of Timber Bridges Using Stress Wave Timing Nondestructive Evaluation Tools. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-114 USDA, Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI.17 p, 1999.

SALOMONE, L. G. C. Ensaios de Usinagem em Amostras da Madeira de Cinco espécies Nativas Brasileiras. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). 2011. 30p. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica. 2011.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB – Sistema Nacional de Informações Florestais. Disponível em <http://www.florestal.gov.brsnif/recursos-florestais/bens-e-servicos-que-a-floresta-fornece>. Acessado em: 05/Mai/2017.

SETTE JUNIOR, C.R. Aplicação de potássio e sódio no crescimento do lenho de árvores de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden. 2010. 153 p.Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SILVA, C.C. Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. 101p. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2013.

THE NATURE CONSERVANCY – TNC. Manual de Restauração Florestal. Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. 2013. 130p.

TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M.P.; ROQUE, R.M. Manual de aplicação de densitometria de raios-X em amostras de madeira, CRAD e CERD. Piracicaba, 2005. 32p.