



## COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS NÃO DESTRUTIVAS: USO DO TOMÓGRAFO DE IMPULSO E STRESS WAVE TIMER NA PREDIÇÃO DA QUALIDADE DO LENHO DE ÁRVORES DA AMAZÔNIA - BRASIL

Sâmia Valéria dos Santos Barros<sup>1</sup>; Niro Higuchi<sup>2</sup>; Claudete Catanhede do Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA, Manaus/AM/Brasil .

<sup>2,3</sup>Pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus/AM/Brasil

### RESUMO:

A pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência do método não destrutivo por meio da técnica do tomógrafo de impulso na qualificação *in situ* do material lenhoso da madeira das espécies *Eschweilera odora* (Poepp.) Miers (matamatá) e *Byrsonima crispera* Juss. (Murici), coletadas na Estação Experimental de Silvicultura Tropical – ZF-2/INPA, localizada na BR 174, Manaus/AM. Foram selecionadas aleatoriamente 06 árvores, sendo três de cada espécie, em 1 (um) hectare. Para avaliação utilizou-se o tomógrafo de impulso no DAP (diâmetro a altura do peito) para obtenção da velocidade e captura de imagens da seção transversal do lenho das árvores.

Posteriormente e, na mesma região do DAP foi aplicado o stress wave timer para medição do tempo. Após o corte as árvores foram desdobradas em toras para comparação com o estado de qualidade interna da madeira. Os resultados obtidos revelaram que na avaliação das imagens tomográficas não houve diferença nas cores da formação das imagens das árvores, porém uma diferença ocorreu na disposição das cores na formação das imagens, predizendo um padrão de imagens para espécie com material lenhoso homogêneo e outro padrão para material lenhoso heterogêneo. As informações obtidas pelo tomógrafo de impulso e stress wave timer mostraram-se fortemente correlacionadas. Pelo tomógrafo de impulso apresentar informações mais completas, esta técnica pode auxiliar na tomada de decisões acerca do corte de árvores, quanto à avaliação da qualidade interna da madeira.



**Palavras-chave:** madeiras da Amazônia, metodologia não destrutiva, tomógrafo de impulso, stress wave timer.

### ABSTRACT:

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the non destructive method by means of the impulse tomography technique in the *in situ* qualification of the woody material of the species

*Eschweilera odora* (Poepp.) Miers and *Byrsonima crispera* Juss., Collected at the Experimental Station of Tropical Forestry - ZF-2 / INPA, located at BR 174, Manaus / AM. 06 trees were randomly selected, three of each type, on one (1) hectare. For

evaluation used the pulse tomograph in DAP (breast height diameter) to obtain the speed and capturing images of the cross section of the wood trees. Subsequently, in the same region of DAP was applied stress wave timer for measuring time. After

cutting the trees were deployed in logs for comparison with the internal quality of the wood. he results showed that in the evaluation of the tomographic images there was no difference in the color of the image formation of the trees, however a difference occurred in the arrangement of the colors in the formation of the images, predicting a pattern of images for species with homogeneous woody material and another standard for heterogeneous woody material. The information obtained by the impulse and stress wave timer was strongly correlated. By the pulse tomographer to present more complete information, this technique can aid in the decision making about the cutting of trees, as to the evaluation of the internal quality of the wood.

**KEYWORDS:** Amazon wood, non-destructive methodology, impulse tomograph, *stress wave timer*.

## 1. INTRODUÇÃO

Na área de tecnologia de produtos florestais, para qualificação da matéria-prima florestal são determinadas as propriedades físicas e mecânicas da madeira. O conhecimento dessas propriedades é uma importante base para indicar o uso mais adequado e racional desse material.

Dentre as propriedades físicas, a densidade básica é a mais utilizada na caracterização da madeira. A densidade básica ou massa específica constitui um dos principais indicadores de qualidade da madeira, uma vez que se relaciona com as propriedades físicas e mecânicas deste material com o uso industrial e por ser de fácil determinação (PANSIN E DE ZEEUW, 1980).

Para a caracterização da madeira é utilizado o método destrutivo ou convencional para o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas. Essa metodologia inicia a partir da derrubada de árvores, que consiste na retirada de amostras para confecção de corpos de prova na determinação de ensaios físicos e mecânicos, segundo as normas técnicas, possibilitando a qualificação da madeira para uso final, de maneira mais apropriada. Muitas vezes é uma metodologia onerosa, em razão do tempo consumido nas várias etapas de obtenção de amostras e recursos utilizados, como também inviabilizam o uso posterior das amostras (BARROS, 2016).

Por sua vez, o método não destrutivo permite que a avaliação de um produto possa ser realizada in loco, sem danificar o material ou interferir no uso. Na tecnologia da madeira, a aplicação desta metodologia, baseia-se no emprego de técnicas que utilizam a passagem de ondas de tensão a partir de um aparelho, que favorece a análise qualitativa do produto. No Brasil a utilização de ensaios não destrutivos em madeira ainda está iniciando. Porém, vem ganhando espaço nos últimos anos, constituindo uma valiosa ferramenta para o setor florestal, especialmente na seleção dos indivíduos ainda no campo (OLIVEIRA, 2005).

Entre as técnicas existentes destaca-se o tomógrafo de impulso, empregado para avaliação de lesões no tronco da árvore. Caracteriza-se por ser uma técnica menos invasiva, capaz de fornecer informações a respeito de seções transversais inteiras dos indivíduos avaliados com uma única medição (NICOLOTTI *et al.*, 2003).

A partir de 2003 evidenciou-se alguns estudos com tomografia de impulso realizados por Nicolotti *et al.* (2003), Martinis *et al.* (2004), Gilbert e Smiley (2004), Pereira (2009), Rollo (2009), Amodei *et al.*, (2010) e Uliana (2010), registrando bons resultados quando comparados com outras técnicas. A comparação entre tecnologias que auxiliam na avaliação interna de árvores in loco, mostra-se uma importante forma de avanço na caracterização da qualidade da madeira.

Utilizando a metodologia não destrutiva, com a técnica de emissão de ondas de tensão é possível realizar leituras rápidas que em curto prazo poderão disponibilizar informações sobre a qualidade interna do lenho, que poderão auxiliar as decisões do manejo florestal, assim como na tecnologia da madeira, quanto ao melhor aproveitamento da matéria-prima.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade da madeira de duas espécies florestais da Amazônia a partir de um “inventário da qualidade”, com o uso do tomógrafo de impulso, de forma a auxiliar as ações do manejo florestal na identificação do estado de sanidade das árvores, utilizando a metodologia não destrutiva com auxílio de técnicas/ferramentas que caracterizem indivíduos florestais e o seu potencial para comercialização. Assim, a avaliação não destrutiva poderá

contribuir significativamente provendo informações necessárias para caracterizar acuradamente os recursos madeireiros assegurando a qualidade do produto final e o seu uso mais adequado, de forma a valorizar a madeira na árvore ainda em pé.

## 2. MATERIAL E METODOS

A área de estudo e coleta está localizada na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (EEST/INPA), km 50, M/E da Rodovia BR-174, Manaus/AM – Boa Vista/RR.

Selecionou-se aleatoriamente uma área (parcela) de 01 hectare, sendo realizada a análise visual do estado externo de cada árvore, registrando informações a respeito da ocorrência ou não de ocós visíveis, ataque de insetos, como coleópteros, térmitas ou até mesmo a presença de fungos.

Para o estudo foram consideradas as espécies florestais com o mínimo de três árvores para avaliação interna do lenho. Assim, foram destacadas as espécies Matamatá (*Eschweilera odora*) e Murici (*Byrsonima crista*), endêmicas da região Amazônica.

Utilizou-se o tomógrafo de impulso da marca ARBOTOM da RINNTECH, composto de 24 sensores, bateria, carregador, cabos de conexão, notebook marca Panasonic modelo CF-52 e *software* instalado do ARBOTOM. O princípio de funcionamento deste aparelho está na determinação da velocidade das ondas mecânicas, que percorrem o lenho das árvores através de uma fonte de emissão (martelo de impacto) e recepção (sensores instalados no tronco). Os valores de velocidade da onda mecânica formam uma imagem da seção transversal do tronco da árvore com diferentes colorações (RINNTECH, 2005).

Para obtenção das imagens tomográficas nas espécies selecionadas fixou-se na altura do DAP de cada árvore, sensores (numerados e dispostos no sentido horário) conectados entre si por cabo e bateria interligada ao computador portátil, que recebia o tempo percorrido pela onda e transformava em velocidades automaticamente pelo *software* do equipamento (Figura 01).



**Figura 1. Procedimento de instalação e execução do Tomógrafo de impulso no fuste da árvore, e obtenção de imagem de uma seção transversal do lenho no computador.**

Foi iniciado um impacto (pancada) com 05 medições em cada sensor. As ondas que percorreram o lenho de cada árvore e alcançaram os sensores originaram o tempo de propagação da onda que foram utilizados no cálculo da velocidade, formatando uma imagem tomográfica codificada por cores da seção transversal do tronco de cada árvore (Figura 1).

O *stress wave timer* foi aplicado na mesma altura do DAP na sessão transversal para comparação de dados com tomógrafo de impulso. Foi posicionado um transdutor de partida (martelo de impacto) e um receptor de chegada ao tronco da árvore, que recebe o sinal, ambos acoplados em equipamento que registra o tempo de propagação da onda tensão.

Para avaliação das imagens tomográficas obtidas, as árvores estudadas foram derrubadas e seccionadas em toras para avaliação visual do lenho em comparação às imagens.

Para comparar os dados obtidos pela tomografia de impulso com os dados do *stress wave timer*, selecionou-se a área transversal das árvores onde estaria contida a imagem tomográfica e o percurso percorrido pela emissão das ondas de tensão e onda mecânica.

Também, produziu-se o diagrama de dispersão das médias de velocidade de onda mecânica *versus* as médias da velocidade do *stress wave timer*, sendo aplicado o teste Tukey para comparação entre as médias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização das espécies avaliadas

A Tabela 01 apresenta às características dendrométricas coletadas dos indivíduos avaliados, sendo observado que a espécie Matamatá apresentou valor médio do diâmetro superior a espécie Murici. Contudo, sua altura foi inferior a espécie Murici.

**Tabela 01. Valores médios dos dados dendrométricos das espécies.**

Espécie			DAP	Altura
Família	Nome Científico	Nome Comum	(cm)	(m)
Lecythidaceae	<i>Eschweilera odora</i> (Poepp.) Miers.	Matamatá	35,33	10,97
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crispera</i> Juss.	Murici Murici-da-mata	31,77	11,73

DAP = Diâmetro a altura do peito

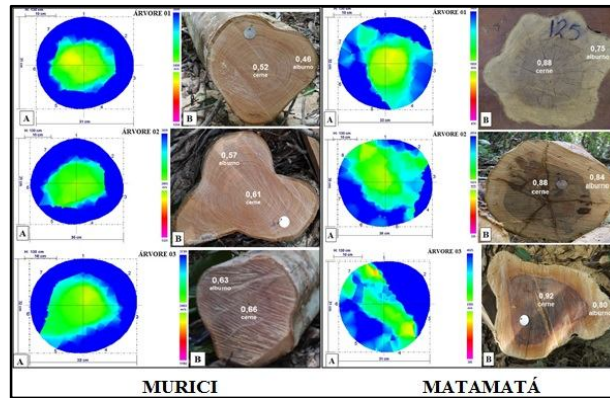
Após o corte das árvores foi observado que a madeira do murici apresenta cerne e alborno indistinto (homogêneo), enquanto a madeira do matamatá apresenta este material lenhoso diferenciado (heterogêneo), com cerne e alborno bem definido.

O matamatá apresenta grã-direita e textura média, com sua madeira altamente resistente aos fungos apodrecedores e apresenta-se moderadamente fácil para aplainar. O murici apresenta grã-direita e textura média, e a madeira demonstrou ser de baixa resistência ao apodrecimento e boa resistência ao ataque de cupins de madeira seca (Loureiro *et al.*, 1979). Durante análise visual e em laboratório observou-se que as características da madeira destas espécies apresentam qualidades desejáveis para setor madeireiro, por exemplo, a coloração, a resistência, a densidade e usinagem.

#### 3.2 Avaliação das imagens tomográficas

A aplicação do tomógrafo de impulso no lenho das árvores das espécies murici e matamatá produziram as respectivas imagens tomográficas apresentadas da Figura 2. A partir das imagens foram classificados dois grupos de indivíduos para comparação da confiabilidade das informações fornecidas pela tomografia de impulso.

O primeiro grupo pertence à espécie Mmurici definido por apresentar o material lenhoso (cerne e alborno) indistinto (homogêneo). O segundo grupo com a espécie matamatá com material lenhoso distinto (heterogêneo).



**Figura 02. (A) Imagem tomográfica na seção transversal do tronco da árvore; e (B) vista do corte transversal da madeira, com densidade básica do cerne e albarno das árvores de Murici e Matamatá, respectivamente.**

De forma geral, houve uma grande variabilidade de cores, como resposta à heterogeneidade do material analisado. Nas partes centrais das imagens observou-se uma coloração esverdeada e, tonalidades de amarelo. Nas regiões periféricas do lenho ocorreu uma coloração azulada. Concluiu-se que havia uma menor velocidade de onda no centro do lenho, tendendo a um aumento em direção à casca, isto posto, porque os maiores valores de velocidade foram registrados nas faixas azuis, enquanto os menores entre as tonalidades verdes e amarelas. Rollo (2009) analisando as imagens tomográficas da espécie Tipuana, afirma que cores azul e verde indicam maior velocidade, e amarelo e vermelho indicam menor velocidade de propagação da onda mecânica.

Nas árvores de murici foi observado que houve semelhança na composição de cores na formação das imagens, predominando o tom verde e, suavemente o amarelo na árvore 2, sendo um pouco mais intenso nas árvores 1 e 3, na região central. Próximo à casca, na região do albarno evidenciou-se a coloração azul. Observou-se em análise visual que as amostras retiradas nas árvores de murici não haviam defeitos internos (rachaduras ou ataques de microrganismos). Este padrão de imagem pode prever um comportamento homogêneo na propagação da onda mecânica entre as árvores desta espécie.

A formação das imagens tomográficas pode está relacionadas à constituição da madeira, ou padrão da batida exercida em cada sensor, uma vez que foi observado nas imagens do lenho que não houve defeitos internos nesta espécie.

Nas árvores da espécie matamatá as imagens tomográficas apresentaram mesmo padrão de coloração da espécie murici, com exceção da cor vermelha evidente na árvore 3 desta espécie. Apesar da mesma apresentação das cores, no matamatá as cores estavam mais dispersas da região central, observado nas 3 árvores. Esta característica da imagem pode ter relação com a disposição do cerne no tronco da árvore. Não foram observados defeitos internos após o desdobro da madeira.

Quando se relaciona as imagens tomográficas a definição dos grupos distintos e indistintos, se observa que as imagens do grupo indistinto (homogêneo), no caso o murici, apresentam um padrão semelhante na disposição das cores. Enquanto as imagens do grupo heterogêneo (cerne e albarno definidos), as imagens tomográficas não obedecem a padrão de formação. Podendo-se inferir que, a presença de cerne e albarno influencia na formação das imagens, e conseqüentemente na tonalidade das cores. Como o tomógrafo trabalha em diversas partes da madeira, por ocasião dos diversos sensores acoplados, finda reconhecendo diversas faixas de densidade ao longo da seção.

As imagens geradas permitiram observar as condições do lenho, por meio da construção da seção transversal, demonstrando a praticidade de manuseio do equipamento. Este procedimento foi recomendado por Rinntech (2005), quando afirmou que as imagens tomográficas não devem ser única

base de decisão para avaliar uma seção transversal, mas em combinação com outros dados coletados na árvore.

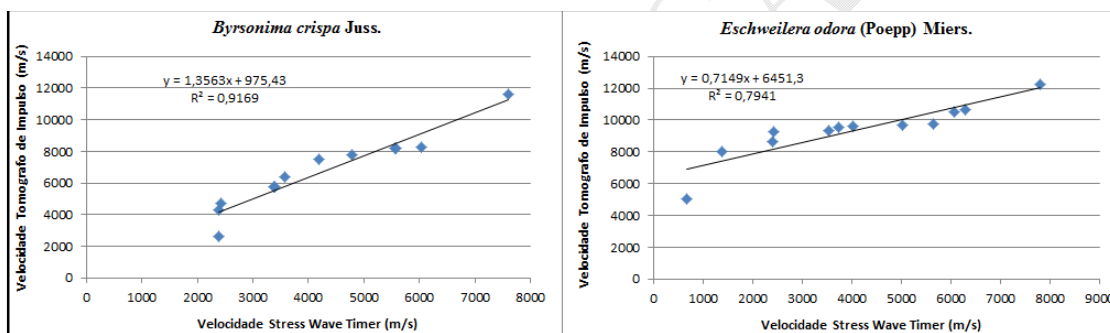
O tomógrafo de impulso foi utilizado na avaliação do tronco de árvores de *Quercus alba* e de *Carya* spp., mostrando correlação com a avaliação visual, com erro de 3 a 8% na imagem produzida (GILBERT & SMILEY, 2004).

Na análise do lenho de árvores de *Tectona grandis*, a tomografia de impulso permitiu diagnosticar regiões com degradação do lenho (AMODEI et al., 2010).

A técnica de tomografia de impulso, através das imagens tomográficas, associadas às fotos do corte transversal das árvores, variações da velocidade e, características das espécies, neste estudo permitiu avaliar a qualidade interna do lenho. A obtenção destas informações construiu uma metodologia eficiente para avaliação da qualidade da madeira da árvore in situ, podendo ser aplicada em outras espécies.

### 3.3 Relação entre a velocidade do tomógrafo de impulso vs stress wave timer

A tomografia de impulso reproduz a região da seção transversal em sua totalidade, a partir dos diversos sensores acoplados, fornecendo uma variação dos valores de velocidade que podem detectar regiões com possíveis lesões, indicadas pelas imagens tomográficas. O *stress wave timer* possibilita a obtenção de valores de velocidade também de uma seção transversal, de acordo com percurso da onda tensão, propiciando a utilização dos dados obtidos na avaliação da resistência da madeira.



**Figura 3. Diagrama de dispersão das médias da velocidade da onda mecânica (tomografia de impulso) vs média velocidade da onda de tensão (stress wave timer), com R<sup>2</sup> significativa a 1% pelo teste de t.**

Construiu-se um diagrama de dispersão para cada espécie com os dados coletados. Para a espécie murici (*Byrsonima crispa*) os dados gerados com tomógrafo de impulso e *stress wave timer* apresentaram-se fortemente correlacionados com o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 0,9169. No matamatá (*Eschweilera odora*) o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 0,7941, apesar de inferior ao do murici, também apresentou correlação entre os dados obtidos do tomógrafo de impulso com o *stress wave timer*.

No diagrama de dispersão observou-se que as velocidades de ambos os equipamentos possuem uma relação significativa, indicando que o tomógrafo de impulso pode substituir o *stress wave timer* na qualificação do material lenhoso, por disponibilizar um número maior de dados para avaliação da sanidade da árvore.

O resultado alcançado permite analisar que os dados obtidos com o tomógrafo de impulso são semelhantes aos dados obtidos pelo *stress wave timer*. O valor do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) foi significativo pelo teste de Tukey a 1%, portanto médias da velocidade do tomógrafo de impulso e médias da velocidade do *stress wave timer* obtidas ao logo da seção transversal são semelhantes para todas as amostras.

As árvores de murici apresentaram valores de velocidade variando de 1.192 a 3.739 m/s, enquanto as árvores de matamatá registraram velocidade de 345 a 5.571 m/s. Observa-se que para o material lenhoso heterogêneo, o percurso de propagação da onda dentro do sólido foi maior.

Rinntech (2005) afirma que as velocidades de impulso dentro da madeira são altamente correlacionadas com a densidade do material, e, portanto, pode ser usado para reunir informações sobre a sua qualidade.

Apesar da diferença entre as classes de velocidade, nenhuma das árvores registrou defeito interno no lenho. O matamatá apresentou leve rachadura de topo no momento do corte. Essa característica pode está associada ao gênero *Eschweilera*, para ocorrência de rachaduras no momento da derruba. Apresentaram ótima qualidade após desdobro pelos aspectos físicos e sem defeitos internos.

Estudos semelhantes com uso do tomógrafo de impulso foram observados por Amodei *et al.*, (2010) quando avaliaram 8 árvores de *Tectona grandis* L.F.A., com Tomógrafo de impulso ARBOTON e encontraram grande variação das velocidades (500 – 3.091 m/s) para as árvores estudadas de mesma idade e provenientes de mesmo povoamento, podendo ser atribuído as variações anatômicas, físicas e químicas encontradas entre as árvores e até mesmo dentro da mesma árvore.

Uliana (2010) avaliou a viabilidade da tomografia de impulso na detecção de lesões e ocos na espécie *Manilkara huberi* (maçaranduba) para aplicação no manejo florestal, visando reduzir a geração de resíduos e os impactos negativos da atividade, encontrando correlação da imagem tomográfica com a qualidade do fuste após o corte.

Avaliando árvores em pé, Stević *et al.* (2013) utilizaram o tomógrafo de som e resistógrafo e encontraram resultados que mostram que a estrutura da madeira não estava danificada, mas que existiam apenas fissuras locais que atingiam o seu núcleo. Rollo *et al.* (2013) utilizando tomógrafo de impulso e resistógrafo em dois toretes sadios de *Eucalyptus saligna* Sm, afirma que por gerar uma imagem da seção transversal inteira, a tomografia de impulso apresenta dados mais completos do que os gerados pelo resistógrafo. No entanto, estudos com árvores vivas, com lesões internas e de diferentes espécies e densidades devem ser realizados para maior conhecimento dessa tecnologia.

As informações fornecidas pelo uso da tomografia de impulso possibilitou uma avaliação preliminar qualitativa da madeira, de forma não destrutiva. A tomografia de impulso mostrou-se um método eficaz e prático, que traz maiores informações do estado interno das árvores, em relação aos outros métodos, além de possibilitar a localização da área afetada. É uma técnica inovadora e de fácil manuseio para caracterizar o lenho da árvore.

Por isso, Rinntech (2005) sugere que as diferenças particulares entre as espécies precisam ser levadas em conta. Além disso, pode também ser atribuído a influências externas (vento, chuva, ruídos elevados) e influências inerentes ao equipamento, como qualidade da pancada (diferentes intensidades de batidas nos sensores), fixação dos conectores metálicos, entre outros.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos revelaram na avaliação das imagens tomográficas que não houve diferença de cores nas imagens das árvores. Contudo, houve diferença na disposição das cores na formação das imagens, obedecendo a um padrão para espécie com material lenhoso homogêneo e outro padrão para material lenhoso heterogêneo.

As informações obtidas pelo tomógrafo de impulso e *stress wave timer* mostraram-se correlacionadas.

O tomógrafo de impulso por produzir uma imagem da seção transversal do lenho da árvore apresenta informações mais completas quando comparado com o *stress wave timer*.

A técnica da tomografia de impulso pode auxiliar na tomada de decisões acerca do corte de árvores, quanto à avaliação da qualidade interna da madeira.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMODEI, J.B.; OLIVEIRA, B.R.U.; GURGEL, M.M.; CARVALHO, R.A.M.; LATORRACA, J.V.F. Avaliação preliminar da qualidade da madeira de *Tectona grandis* L.F. através da tomografia impulso. **Revista Floresta e Ambiente**. jul./dez. 2010; 17(2):124-128.
- BARROS, S.V.S. Avaliação da qualidade da madeira de árvores da Amazônia por método não destrutivo de propagação de onda: tomógrafo de impulso e *stress wave timer*. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais. INPA. 134f. 2016.
- GILBERT, E.A.; SMILEY, T. Picus Sonic tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus alba*) and hickory (*Carya spp.*). **Journal of Arboriculture**. Champaign, v. 30, n. 5, p. 277-281, Sep. 2004.
- LOUREIRO, A.A., SILVA, M.F. & ALENCAR, J.C. 1979. **Essências madeireiras da Amazônia. Vol. II**. INPA/SUFRAMA, Manaus.
- MARTINIS, R.; SOCCO, L. V.; SAMBUELLI, L.; NICOLOTTI, G.; SCHIMITT, O.; BUCUR, V. 2004. Tomographie ultrasonore pour les arbres sur pied. **Annals of Forest Science**, Champenoux, v. 61, n. 2, p. 157-162.
- NICOLOTTI, G.; SOCCO, L. V.; MARTINIS, R.; GODIO, A.; SAMBUELLI, L. Application and comparison of three tomographic techniques for detection of decay in trees. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 2, p. 66-78, 2003.
- OLIVEIRA, A. N. **Previsão de ganho genético nas propriedades da madeira de Eucalyptus avaliadas em amostragens destrutivas e não destrutivas**. 2005. 78p. il. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Lavras – UFLA.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of wood technology. 4. ed. New York: McGraw Hill, 722 p.
- PEREIRA, L. C. R. 2009. **Tomografia de impulso para estimativa da densidade da madeira**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 48p.
- RINNTECH. User Manual – Arbotom 3-D Tree Impulse Tomograph, version 1.59 for Microsoft Windows 98, 2000, XP. Heidelberg: Microsoft, 42p. 2005.
- ROLLO, F.M.A. **Identificação de padrões de resposta à tomografia de impulso em tipuanas (*Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze)**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 123f. 2009.
- ROLLO, F.M.A.; JUNIOR, M.A.S.; VIANA, S.M.; ROLLO, L.C.P.; COUTO, H.T.Z.C.; FILHO, D.F.S. Comparação entre leituras de resistógrafo e imagens tomográficas na avaliação interna de troncos de árvore. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 331-337, abr./jun. 2013.
- STEVIC, Z.; NIKOLOVSKI, D.; SIEGERT, B.; LOCHERT, V. Thermography and other new technologies for tree diagnostics. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?q=thermography+and+other+new+technologies+for+tree+diagnostics&hl=pt-br>. Acesso em: out/2013.
- ULIANA, L. R. **Aplicação da tomografia de impulso na avaliação da qualidade do lenho de árvores de maçaranduba, *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier**. Tese (Doutorando) em Ciências Florestais. ESALQ. Piracicaba. 156p. il. 2010.