

USO DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA DETERMINAR DENSIDADE BÁSICA DE MADEIRA CAÍDA DA RESERVA BIOLOGIA ABUFARI – TAPAUÁ – AM

Jean Victor de Castro TROVÃO¹

Flavia Machado DURGANTE²

Joaquim dos SANTOS³

Claudete Catanhede do NASCIMENTO⁴

Jorge Alves FREITAS⁵

¹Bolsista PAIC/FAPEAM; ²Co-orientadora INPA/LMF; ³Orientador INPA/LMF; ⁴Colaboradora INPA/LAPEAM; ⁵Colaborador INPA/CPFF

INTRODUÇÃO

O manejo da floresta Amazônica destaca-se como uma opção de uso da terra que pode gerar renda para a população mantendo a floresta em pé. No entanto, o uso de madeira caída naturalmente tem se mostrado promissor para desenvolver as comunidades que vivem em área de preservação permanente (Rocha 2010). O Laboratório de Manejo Florestal (LMF) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) incluiu uma equipe para avaliar a madeira caída no Sistema de Inventário Florestal Contínuo do Amazonas, de modo a captar informações que auxiliem a desenvolver o estado sem destruir a floresta.

Dentre as informações essenciais que precisam ser quantificadas sobre a madeira caída naturalmente, destaca-se as propriedades da madeira. São essas propriedades que definem o uso adequado para aquele material que está se decompondo na mata. A densidade da madeira é um dos principais indicadores das propriedades mecânicas e da destinação da madeira. A densidade básica da madeira dentro da árvore não é homogênea, ela varia na direção radial e na direção axial do tronco. Além dessas variações, a densidade varia em virtude da influência de fatores externos como clima, topografia, fertilidade do solo, etc. (Nogueira e Vale 1997). A densidade básica da madeira é a razão entre a massa seca e seu volume saturado. O modo convencional para determinar a densidade básica passa por um processo de saturação em água e posterior secagem em estufa e demora aproximadamente 20 dias, cada amostra.

Atualmente, a tecnologia da madeira tem evoluído em busca de métodos eficientes, rápidos e não destrutivos para avaliar propriedades da madeira (Schimleck *et al.* 2002; Viana *et al.* 2009). A espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) é uma técnica quimiométrica que tem sido amplamente utilizada para avaliar a madeira de modo qualitativo e quantitativo, representando um grande avanço na ciência e indústria madeireira (Tsuchikawa 2007). Porém, os principais trabalhos de espectroscopia em madeira são realizados em madeiras oriundas de plantios que, crescem em áreas temperadas e ou tropicais como *Pinus* e *Eucalyptus* (Schimleck *et al.* 2002; Viana *et al.* 2009). Os estudos que avaliam as propriedades de madeira tropical em novas tecnologias como o NIRS são recentes (Costa *et al.* 2011; Pastore *et al.* 2010; Silva *et al.* 2012), o que aponta a necessidade de novos estudos, principalmente devido a ampla variação das propriedades em madeiras tropicais de diferentes espécies (Fearnside 1997).

No entanto, a madeira caída é um material com potencial para desenvolver comunidades em unidades de conservação com a construção de pequenos objetos de madeira. Para isso, conhecer a densidade do material é essencial e, a técnica NIRS aparenta elevado potencial em estimar a densidade de modo rápido com alta precisão. Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da técnica não destrutiva NIRS em determinar a densidade de madeira caída de diferentes espécies tropicais, coletadas na Reserva Biológica do Abufari.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área

O estudo foi desenvolvido com dados coletados na Reserva biológica (Rebio) do Abufari, localizado no município de Tapauá entre as coordenadas geográficas de 4° 51'00" e 5°30'00" Latitude Sul e 62°47'00" e 63°22'00" Longitude W. Gr, na zona do Rio Purus, distante da capital do estado do Amazonas cerca de 449 km em linha reta e, por via fluvial, 1.228 km. Esta Rebio foi criada em 1982 e possui uma área aproximada de 233.864 hectares.

Coleta e Análise dos Dados

* Inventário e cubagem rigorosa de madeira Caída

Em 2013 foi realizado um inventário na Rebio do Abufari. Foram instaladas 146 parcelas de 20 x 125 m (2500 m²) com todos os indivíduos de DAP maior que 10 cm mensurados. A equipe de campo da madeira caída é composta por um engenheiro florestal (LMF/INPA), um técnico de campo e um comunitário local. As árvores caídas dentro e entre as parcelas instaladas são cuidadosamente limpas, mensurada a altura, cubadas e uma amostra em forma de cunha é

retirada. Foram inventariadas e cubadas 282 árvores caídas dentro e entre as parcelas do inventário. Porém, para identificação anatômica e análise de densidade foram coletadas 173 amostras. Dessas amostras, foram selecionadas 29 amostras, de espécies diferentes, para determinação da densidade da madeira e testar o potencial da espectroscopia no infravermelho próximo. As espécies selecionadas foram: *Calycophyllum spruceanum* Benth, *Acioa edulis* Prance, *Geissospermum sericeum* Benth. et Hook, *Hirtella cf. bicornis* Mart. & Zucc., *Inga sp.*, *Buchenavia huberi* Ducke, *Tetragastris cf. mucronata* (Rusby) Swart., *Theobroma subincanum* Mart., *Guatteria dura* R.E.Fries, *Tachigali myrmecophila* Ducke, *Vatairea guianensis* Aubl., *Guatteria inundata* Mart., *Ormosia sp.*, *Inga paraensis* Ducke, *Ocotea canaliculata* Mez., *Licania oblongifolia* Standl, Mouriria trunciflora Ducke, *Lecythis usitata* Miers. va. *paraensis* R. Knuth, *Pterocarpus amazonicus* Huber, *Parinari montana* Aubl., *Minuartia guianensis* Aubl., *Lecointea amazonica* Ducke, *Vochysia vismiaefolia* Spruce ex Warm., *Micropholis guyanensis* subsp. *duckeana* (Baehni) T.D.Penn., *Himatanthus articulatus* (Vahl) Woodson, *Virola surinamensis* (Rol.) Warb, *Parinari excelsa* Sabine e duas espécies não identificadas.

Preparação das subamostras

De cada amostra disponibilizada pelo inventário de madeira caída em formato de cunha, foram retiradas 4 subamostras com dimensões 2x2x3 cm, considerando a posição da medula e da casca no sentido radial da cunha (Figura 1). Posteriormente as amostras são lixadas.

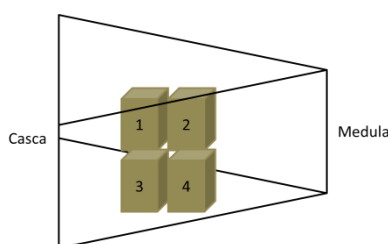


Figura 1. Esquemática das subamostras retirada das amostras de cunha. As numerações representam: 1) Parte superior da cunha próximo da casca; 2) Parte superior da cunha próximo da medula; 3) Parte inferior da cunha próximo da casca; 4) Parte inferior da cunha próximo da medula.

Determinação da densidade básica convencional

A determinação da densidade básica da madeira caída amostrada na Rebio do Abufari foi realizada pelo método adotado pelo Laboratório de Engenharia e Pequenos Objetos de Madeira (LAPEAM) do INPA, com os seguintes passos: 1) as amostras foram submersas em um recipiente com água por um período de 15 dias para reidratar; 2) a medição do volume verde por meio do deslocamento líquido, onde cada uma das peças é mergulhada em um recipiente graduado completo de água, para determinação do volume provocado pela imersão da peça (Princípio de Arquimedes); 3) após essa fase, cada peça é seca em estufa à temperatura de 100°C até peso constante considerando duas medidas com pesos iguais, a primeira sendo realizada 24 horas após o início da secagem e as seguintes no intervalo de 6 horas de observação até coincidência de dois valores consecutivos (Williamson e Wieman 2010). A densidade básica da amostra é a razão entre o peso seco e o volume saturado da madeira.

Determinação da densidade básica no NIRS

Para avaliar o potencial da técnica NIRS em prever a densidade básica das amostras foram coletados 1 espectro de cada subamostra. O espectrômetro utilizado foi o FT-NIR Analyser Antares II da Termo Cientific, que expressa o valor de absorvância da amostra no comprimento de onda na região do infravermelho próximo (1000 a 2500 nm ou 4.000 a 10.000 número de ondas por centímetro - cm^{-1}) com uma resolução de 8 cm^{-1} e 16 scan. A densidade do espectro coletado foi estimada por uma equação de regressão parcial multivariada (PLS) calibrada com amostras coletadas na região de Balbina, Presidente Figueiredo (dados não publicados). Para comparação dos valores de densidade básica determinados por método convencional e os estimados pelo NIRS utilizou-se uma análise de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade básica das espécies analisadas apresentou amplitude de variação de $0,24 \text{ g.cm}^{-3}$ a $0,87 \text{ g.cm}^{-3}$ com maior frequência entre $0,6 \text{ g.cm}^{-3}$ a $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$, conforme apresentado na figura 2 e dentro do intervalo apresentado por Fearnside (1997). As amostras coletadas em campo, em sua maioria, não possuíam a região do cerne já formada, apenas alburno. Consequentemente, a variação das subamostras no sentido medula-casca não foi significativa. Das 29

espécies selecionadas, apenas 6 tiveram 0,05 g.cm⁻³ de diferença no valor da densidade entre as subamostras mais próximas da medula e as mais próximas da casca.

Ao comparar a densidade básica observada pela análise convencional com a densidade estimada pelo NIRS, a análise de correlação de Pearson apresentou valor de 0,78, com um valor de p abaixo de 0,01 indicando uma boa correlação entre a densidade estimada e a densidade real. Das 116 subamostras, 39 apresentaram erro acima de 0,1 g.cm⁻³ no valor de densidade enquanto que as 77 restantes tiveram erros abaixo desse valor. A Tabela 1 apresenta a média de densidade real e estimada pelo NIRS para as subamostras das espécies que apresentaram os maiores erros de estimativa.

As Figuras 3 e 4 apresentam os erros de estimativa da equação para cada densidade e observa-se que o modelo tem uma tendência de subestimar amostras de maior densidade e superestimar amostras de menor densidade. Isso pode ter acontecido devido ao modelo testado obter poucas amostras nas extremidades dos valores de densidade, ou seja, poucas amostras com baixa e alta densidade e muitas amostras próximo da média. Um exemplo é que, a menor densidade que existe dentro da calibração do modelo foi de 0,35 g.cm⁻³ e a menor entre as testadas neste trabalho foi de 0,24 g.cm⁻³. É possível concertar esse erro por meio do ajuste da equação e, para isso, é necessário incluir novas amostras no modelo com valor de densidade nas extremidades. Dessa forma, novos trabalhos podem ser realizados para incluir mais amostras com novos valores de densidade para calibração do NIR e melhorar a estimativa da densidade para diferentes espécies de diferentes sítios da Amazônia.

Tabela 1. Espécies com os maiores erro de estimativa.

Espécie	Média dens. real (g.cm ⁻³)	Média dens. nirs (g.cm ⁻³)	Erro (g.cm ⁻³)
N.I.	0,752	0,580	0,172
<i>Ormosia sp.</i>	0,693	0,525	0,168
<i>Hirtella cf. bicornis</i> Mart. & Zucc.	0,782	0,655	0,127
<i>Guatteria inundata</i> Mart.	0,321	0,470	-0,149
<i>Vochysia vismiaefolia</i> Spruce ex Warm.	0,301	0,473	-0,172
<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	0,325	0,523	-0,198

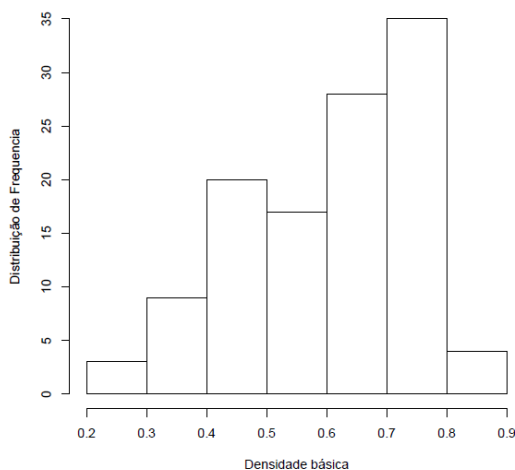


Figura 2. Frequência da densidade básica das 116 subamostras.

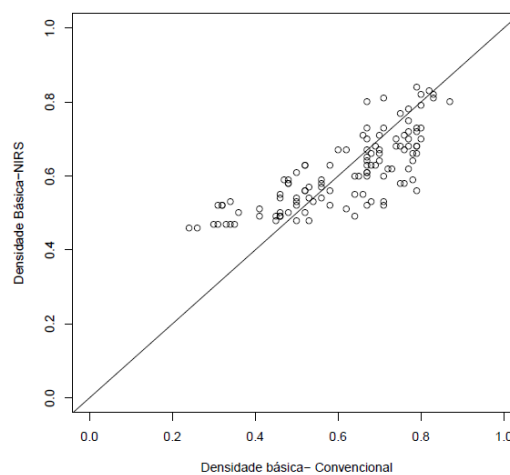


Figura 3. Comparação entre a densidade real e a densidade estimada pela equação.

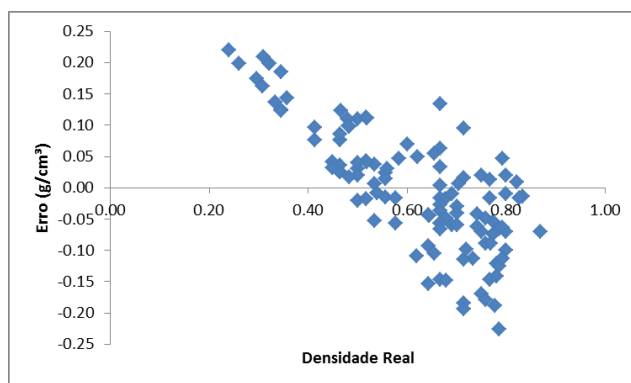


Figura 4. Erro de estimativa da equação em função da densidade real das 116 subamostras.

CONCLUSÃO

A equação utilizada para estimar a densidade no NIR apresentou boa correlação com a densidade real, apresentando o valor de 0,78 para análise de correlação de Pearson. As densidades que apresentaram maior erro de estimativa encontraram-se nos extremos de densidade o que supõe a necessidade de incluir novas amostras nessas faixas de densidade para ajuste da equação.

REFERÊNCIAS

- Costa. M.de.A.; Costa. A.F.; Pastore, T.C.M.; Braga, J.W.B.; González, J.C. 2011. Caracterização do ataque de fungos apodrecedores de madeira através da colorimetria e da espectroscopia de infravermelho. *Ciência Florestal*, 21 (3): 567-577.
- Fearnside, P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecol. Manage*, 90: 59–87.
- Nogueira, M.V.P.; Vale, A.T. 1997. Densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a massa específica básica média e variação radial e axial. *Revista Árvore*, 21: 547-554.
- Pastore. T.C.M.; Braga. J.W.B.; Coradin. V.T.R.; Magalhães. W.L.E.; Okino. E.Y.A.; Camargos. J. A.A.; Muñiz. G.I.B.de.; Bressan. O.A.; Davrieux. F. 2010. Near infrared spectroscopy(NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: Discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixá. *Holzforschung*, 65: 73-80.
- Rocha, J.A. 2010. Madeira caída como oportunidade para manejo florestal comunitário em unidades de conservação no Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas. 91p.
- Schimleck L.R.; Evans R.; Matheson A.C. 2002. Estimation of *Pinus radiata* D. Don clear wood properties by near infrared spectroscopy. *J. Wood Sci*, 48: 132-137.
- Silva. A.R.de.; Pastore. T.C.M.; Braga. J.W.B.; Davrieux. F.; Okino. E.Y.A.; Coradin. V.T.R.; Camargos. J. A.A.; Prado. A.G.S.do. 2012. Assessment of total phenols and extractives of mahogany wood by near infrared spectroscopy (NIRS). *Holzforschung*, 67: 1-8.
- Tsuchikawa, S. 2007. *Applied Spectroscopy Reviews*, 42: 43-71.
- Viana. L.C.; Trugilho. P.F.; Hein. P.R.G.; Lima. J.T.; Silva. J.R.M.da. 2009. Predicting the morphological characteristics and basic density of *Eucalyptus* wood using the NIRS technique. *Cerne*, 15(4): 421-429.
- Williamson, G.B.; Wiemann, M.C. 2010. Measuring wood specific gravity correctly. *American Journal of Botany*, 97: 519-524.