

QUANTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MATERIAL LENHOSO DE ÁRVORES CAÍDAS NATURALMENTE

Fernanda Barbosa BARROS¹

Claudete Catanhede do NASCIMENTO²

¹Bolsista Iniciação Científica INPA-PIBIC;

²Orientadora CBIO/INPA.

INTRODUÇÃO

O manejo florestal sustentável é definido como a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema, visando minimizar os danos ecológicos e reduzir perdas de madeira (Juvenal *et al.* 2002; Islam *et al.* 2010). Tal atividade, desenvolvida em florestas nativas, implica na realização de uma exploração planejada, seja de recursos madeireiros ou não-madeireiros. No Brasil o manejo florestal é de fundamental importância, pois é um país com grandes reservas de madeiras nativas, onde a grande maioria se localiza principalmente na região norte. Uma alternativa que pode ser recomendada é utilizar madeiras caídas naturalmente. O Amazonas enquanto detentor de uma enorme área florestal poderá seguir neste caminho. Estudos demonstram que a quantidade de madeiras naturalmente caídas disponíveis é semelhante à quantidade liberada para exploração pelo IBAMA por unidade de área (IBAMA 2006). Esta afirmação torna-se relevante quando avaliamos o impacto da exploração sobre a floresta em detrimento ao desperdício pelo não uso das necromassas. Outro fator a ser considerado, diz respeito à quantidade de emissão de carbono no contexto das mudanças climáticas (Rocha 2010). A evolução do consumo mundial de energia, baseada em combustíveis fósseis, conduziu a humanidade para uma matriz energética insegura, cara e, sobretudo, bastante negativa para o meio ambiente. Isso tem levado muitos países a considerarem a necessidade de profundas mudanças, incluindo a intensificação do aproveitamento de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo-se a madeira (Brito 2007). Para isso, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas científicas neste propósito, que permitam identificar as características desta matéria prima desde a área de exploração até a comercialização como produto final, que nesse caso será a avaliação do potencial dessas madeiras para produção de energia, balizando o parâmetro da qualidade entre a teoria científica e o resultado das espécies analisadas, tendo em vista a carência de trabalhos desenvolvidos neste segmento. No campo energético, a madeira é tradicionalmente chamada de lenha e, nessa forma, sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade. Hoje, a madeira ainda continua participando da matriz energética mundial, com maior ou menor intensidade, dependendo da região considerada (Brito 2007). O volume de madeira atualmente consumido para energia é da ordem de 220 milhões de metros cúbicos anuais, segundo fontes oficiais ligadas à área de energia (Ministério 2016). Para o aproveitamento racional e adequado dos resíduos florestais, faz-se necessário o estudo de suas propriedades energéticas (Protásio 2011). Neste caso, o poder calorífico é um excelente parâmetro de avaliação da potencialidade energética dos combustíveis de biomassa (Brand 2010). Para isso é necessário que se faça análise do poder calorífico, pois durante a combustão o poder calorífico pode variar de espécie para espécie, no processo de combustão da madeira possui componentes químicos como celulose, lignina, hemicelulose e extrativos que variam dependendo do tipo de espécie.

A densidade é uma das propriedades mais importantes da madeira por ser de fácil determinação e estar relacionada às suas demais características (Shimoyama e Barrichello 1991), é um dos principais parâmetros para determinar a qualidade da madeira quando visa utilização para fins de produzir energia. Madeira mais densa dá como resultado um carvão mais denso. Para um mesmo volume de madeira, normalmente fixo com a capacidade do forno, a obtenção de carvão mais denso resulta num maior rendimento volumétrico de carbonização. (Doat e Petroff 1975). Com isso o objetivo desse trabalho é avaliar a qualidade do material lenhoso proveniente de árvores caída naturalmente para fim energético.

MATERIAL E MÉTODOS

A matéria prima utilizada nesta pesquisa foi coletada na área da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (E.E.S.T./INPA) - Núcleo ZF-2 -, no km 23 da estrada vicinal ZF-2 que se inicia a esquerda do km 50 da Rodovia BR-174 (Manaus-Boa Vista). A pesquisa foi desenvolvida ao longo da estrada da Estação Experimental de Silvicultura Tropical - ZF-2, selecionada pela equipe do Laboratório de Engenharia de Artefatos de madeira - LEAM/INPA, onde foram inventariadas e identificadas com placas, todas as árvores que possuem as características de ter caído naturalmente, ou seja, com raízes expostas e que estiverem na classe de diâmetro de $25 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 45 \text{ cm}$. As medições do DAP (Diâmetros a altura do peito) foram efetuadas com auxílio de uma fita diamétrica. Foram registradas dez árvores ao longo do perímetro da ZF2, identificadas pelas numerações 1 a 17, sendo selecionada somente cinco árvores aleatoriamente para compor esta pesquisa. De cada árvore identificada como caída naturalmente foi retirada um disco da base com 10 cm de espessura e de cada disco uma cunha para identificação científica da espécie, determinação da densidade aparente, teor de cinza e poder calorífico. Estas etapas foram desenvolvidas no laboratório de Engenharia de Artefatos de madeira – LEAM e no laboratório da Química da madeira do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Os procedimentos foram realizados conforme as normas da Comissão Panamericana de Normas Técnicas – COPANT (1971).

A densidade aparente é a relação entre a massa (g) e o volume (cm^3) no mesmo teor de umidade. Para esta propriedade foram retiradas seis amostras nas dimensões $2 \times 2 \times 3 \text{ cm}$, as quais foram pesadas e medida na largura, espessura e comprimento para o cálculo do volume. Para avaliação do poder calorífico e teor de cinzas as amostras foram transformadas em cavacos e posteriormente em serragem no laboratório de Engenharia e Artefatos. As serragens foram pesadas em balança analítica para obtenção de 3g para o poder calorífico e 1g para o teor de cinzas no laboratório de Química do INPA. O PC foi determinado no calorímetro. Para a análise da cinza foi colocado 1 g de serragem no cadinho de porcelana e levado para estufa com temperatura de $\pm 105 \text{ }^\circ\text{C}$ até peso constante. Depois de atingido o peso seco constante, o material foi levado para mufla, onde a temperatura foi regulada de 200 em 200 $^\circ\text{C}$ até alcançar temperatura de 600 $^\circ\text{C}$. Após alcançar a temperatura desejada, o material ficou na mufla por mais 10 minutos e em seguida foi colocado no dessecador, e pesado na balança analítica, segundo a norma ASTM D1102-56 (1984). Com base nos dados coletados foram realizadas análises de acordo com o tipo variável qualitativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após identificação pelo laboratório de anatomia do INPA, verificou-se que foram coletadas quatro espécies diferentes (Tabela 1) e que estas não fazem parte da cadeia produtiva do segmento da indústria da madeira na cidade de Manaus, conforme consulta nos relatórios do LEAM (Tabela 1). As espécies mencionadas possuem

densidade baixa, media e pesada. Segundo a classificação de (Carvalho 1996) as madeiras com massa específicas entre 0,40 a 0,49 g/cm³ são consideradas como leves, 0,50 a 0,59 g/cm³ consideradas como moderadamente pesadas, de 0,60 a 0,70 g/cm³ consideradas pesadas e acima de 0,70 g/cm³ muito pesadas. Com relação a esta classificação, é possível observar com análise das médias da densidade aparente na tabela abaixo, que as madeiras caídas naturalmente possui em densidades consideradas pesadas como é possível analisar nas espécies *Miconia cf. poeppigii* Triana, cuja densidade é de 0,7349 g/cm³ possuindo um desvio padrão de 0,0496, e *Byrsonina crispera* Juss com média de 0,5993 g/cm³ cujo desvio padrão é de 0,0067. Já a espécie *Croton lanjouwens* Jablonski é considerada muito leve, pois como observado na tabela 2, seu teor de densidade aparente é de 0,4121 e desvio padrão de 0,0347.

Tabela 1. Valores da densidade média, desvio padrão, número máximo e número mínimo.

Identificação	Nome Científico	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
(1) 2	<i>Holopyxidium latifolium</i> (A.C.Sm.) R. Knuth	0,5993	0,0067	0,6027	0,5857
(2) 7	<i>Byrsonina crispera</i> Juss	0,6422	0,0325	0,6422	0,5720
(3) 8	<i>Croton lanjouwens</i> Jablonski	0,4121	0,0347	0,4331	0,3522
(4) 11	<i>Miconia cf. poeppigii</i> Triana	0,7349	0,0496	0,7830	0,6471
(5) 13	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	0,5490	0,0733	0,6219	0,4452

O coeficiente de variação foi de aproximadamente de 7,79 considerado como precisão alta, conforme Storck *et al.* (2011). Nota-se, na Tabela 3, que existe diferença significativa em nos tratamentos da análise da densidade aparente $F_c > F_{5\%}$, em nível de 5%.

Tabela 2. Quadro da ANOVA, para análise estatística da densidade aparente.

FV	GL	SQ	QM	F	F _{5%}
TRATAMENTOS	4	293907	73907	36,2574	2,87
RESÍDUOS	20	40531	2027		
TOTAL	24	334438			
MÉDIA geral		0,578249757			
CV(%)		7,7850485			

Nota-se, pelo teste de Tukey, que a espécie que possuiu melhor densidade aparente foi, *Miconia cf. poeppigii* Triana, pois diferiu significativamente das outras espécies em estudo. Porém as espécies *Byrsonina crispera* Juss, *Holopyxidium latifolium* (A.C.Sm.) R. Knuth, *Cecropia sciadophylla* Mart. não diferiu, significativamente, em nível de 5% de probabilidade de erro. A densidade aparente mais baixo foi da espécie *Croton lanjouwens* Jablonski, como pode ser observado na Tabela 3.

Comparando trabalhos em relação ao poder calorífico é possível observar em um trabalho feito por (Howard 1973), onde afirma que o poder calorífico superior para folhosas varia na faixa de 4.600 a 4.800 kcal/kg. Já (Doat 1977), realizou uma pesquisa com 105 espécies de 5 países tropicais, que foi possível verificar valores de poder calorífico superior entre 4.310 e 5.170 kcal/kg, (Quirino *et al.* 2005) indica valores entre 3.350 a 5.260 kcal/kg para a madeira de mais de cem espécies brasileiras, enquanto Brito (1993), verificou que o poder calorífico em folhosas tropicais está entre 3.500 a 5.000 kcal/kg

Tabela 3. Análise da densidade aparente pelo teste tukey.

4 (11)	<i>Miconia cf. poeppigii</i> Triana	0,72635 a
2 (7)	<i>Byrsonina crispera</i> Juss	0,62652 b
1 (2)	<i>Holopyxidium latifolium</i> (A.C.Sm.) R. Knuth	0,59652 b
5 (13)	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	0,54561 b
3 (8)	<i>Croton lanjouwens</i> Jablonski	0,39626 c

Números seguidos pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Valores do poder calorífico dados em Kcal/kg. Cálculo da média, desvio padrão, número máximo e número mínimo.

Identificação	Nome Científico	Média	Desvio Padrão	Número Máximo	Número Mínimo
(1) 2	<i>Holopyxidium latifolium</i> (A.C.Sm.) R. Knuth	4558,932	28,7449	4579,2575	4538,6061
(2) 7	<i>Byrsonina crispera</i> Juss	4414,525	2,4921	4416,2867	4412,7623
(3) 8	<i>Croton lanjouwens</i> Jablonski	4656,788	212,5293	4807,0690	4506,5072
(4) 11	<i>Miconia cf. poeppigii</i> Triana	4321,483	27,7681	4341,1179	4301,8479
(5) 13	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	4665,099	252,9418	4843,9554	4486,2417

Com a análise dos dados da Tabela 4 é possível observar que as árvores caídas naturalmente na floresta não diferenciam em relação ao poder calorífico, das árvores já estudadas. Como é possível observar no poder calorífico na *Cecropia sciadophylla* Mart., cuja média do poder calorífico obtido foi de 4665,099 kcal/kg. Já a espécie *Miconia cf. poeppigii* Triana teve a menor média em relação ao poder calorífico, sendo esse de 4321,483 kcal/kg, porém ainda assim é considerado um poder calorífico elevado.

Tabela 5. Quadro da ANOVA, para análise estatística do Poder Calorímetro das árvores caídas naturalmente.

FV	GL	SQ	QM	F	F _{5%}	PROBABILIDADE
TRATAMENTOS	4	183515,5161	45878,8784	2,0712	5,19	22,27872 ns
RESÍDUOS	5	110751,7888	22150,35776			
TOTAL	9	294267,3024				
MÉDIA geral		4523,3657				
CV(%)		3,290248				

Com análise de variância (ANOVA) na Tabela 5, o coeficiente de variação foi de aproximadamente de 3,29 considerado como precisão muito alta, do experimento conforme (Storck *et al.* 2011). Nota-se, na Tabela 6, que não existe diferença significativa nos tratamentos da análise do poder calorímetro. Isso implica dizer que as cinco espécies que foram estudadas, não diferem entre si, em relação ao poder calorífico.

Tabela 6. Valores de cinzas da madeira em %. Cálculo da média, desvio padrão, número máximo e número mínimo.

Identificação	Nome Científico	Média	Desvio Padrão	Número Máximo	Número Mínimo
(1) 2	<i>Holopyxidium latifolium</i> (A.C.Sm.) R. Knuth	0,2427	0,1291	0,3340	0,1514
(2) 7	<i>Byrsonina crista</i> Juss	0,2141	0,1056	0,2888	0,1394
(3) 8	<i>Croton lanjouwens</i> Jablonski	0,1440	0,0830	0,2027	0,0853
(4) 11	<i>Miconia cf. poeppigii</i> Triana	0,3315	0,0713	0,3819	0,2811
(5) 13	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	0,1701	0,0598	0,2124	0,1278

As porcentagens de cinzas de madeiras em zonas temperadas estão entre 0,2-0,5%, porém em madeiras de florestas tropicais esses valores podem ser frequentemente mais altos (Klock *et al.* 2005). Segundo Tsoumis (1991), por meio de estudos e análises, determinou faixas de valores que avaliam teores de cinzas na madeira em espécies tropicais. A faixa que o autor determina para cinzas é de 0,1- 5,4% de teor de cinzas.

Na tabela 6 é possível observar a média em porcentagem obtida de cinzas das árvores caídas naturalmente. Nota-se que o teor de cinzas não foge do padrão determinado pela literatura. A maior média dos teores de cinzas obtidos foi da espécie *Miconia cf. poeppigii* Triana com teor de cinza de 0,3315%, e com desvio padrão de 0,0713 podendo-se verificar que há homogeneidade nas amostras. Já o menor teor de cinzas foi obtido pela espécie *Croton lanjouwens* Jablonski, cuja média de cinza foi de 0,1440% com desvio padrão, de 0,0830, o que também indica homogeneidade das amostras.

Tabela 7. Quadro da ANOVA, para análise estatística do teor de cinzas das árvores caídas naturalmente.

FV	GL	SQ	QM	F	F _{5%}	PROBABILIDADE
TRATAMENTOS	4	0,04249	0,010623	1,2266	5,19	40,50861 ns
RESÍDUOS	5	0,0433	0,00866			
TOTAL	9	0,858				
MÉDIA geral	0,22048					
CV(%)	42,207511					

Para o teor de cinzas, o coeficiente de variação foi de aproximadamente de 42,21 considerado como precisão muito baixa, conforme (Storck *et al.* 2011). Nota-se, na Tabela 7, que não existe diferença significativa nos tratamentos da análise do teor de cinzas, a hipótese H₀ é aceita, pois F_c é menor F_{5%}, em nível de 5%. Isso implica dizer que as cinco espécies que foram estudadas, não diferem entre si, em relação aos teores de cinzas.

CONCLUSÃO

As madeiras provenientes de árvores caídas naturalmente possuem densidade aparente de média alta com potencial para gerar energia, em função do poder calorífico ter variado de 4558 a 4579 kcal/kg e valores de cinzas de 0,1514 a 0,3340.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1997. *NBR7190: Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro- RJ. 107 pp.

- Almeida, G.; Brito, J.O.; Perré, P. 2010. Alterations in energy properties of eucalyptus wood and bark subjected to torefaction: The potential of mass loss as a synthetic indicator. *BioRes. Techno*, 101: 9778-9784.
- Alonso, M.; Bedoya, R. 1997. Reservas extractivas de Madera Caída en la península de Osa, Costa Rica: Metodologías de bajo impacto para el manejo participativo. *Anais Simpósio Internacional sobre possibilidades de manejo florestal na América Tropical*. Santa Cruz de La Sierra, Bolívia.
- Amaral, P.; Amaral, N.M. 2005. *Manejo Florestal Comunitário: processos e aprendizagens na Amazônia brasileira e na América Latina*. Instituto Internacional de Educação no Brasil. Belém-PA, 81pp.
- Brand, M.A. 2010. Energia de biomassa florestal. *Interciência*, Rio de Janeiro, RJ. 131 pp.
- Brito, J.O. 1993. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In: *VI Congresso Florestal Brasileiro, 6., Pan Americano, 1, Curitiba, Anais*. Curitiba: SBS. p. 280–282.
- Brito, J.O. 2007. O uso energético da madeira. *Estudos avançados*. Piracicaba, 21(59): 185.
- Carvalho, A. 1996. Características e propriedades da madeira. Madeidura – valorização de madeira, lda. In: *Madeiras Portuguesas*. Instituto Florestal, Lisboa. Disponível em: (<http://www.maidadura.com/publicacoes/caracteristicas-e-propriedades-da-madeira>). Acesso em: 24/01/2016.
- Cavalcanti, M.A.; Nascimento, C.C.; Azevedo, C.P. 2003. Desenvolvimento de Modelos para Diagnosticar Rendimento e Desperdício de Madeiras em Três Serrarias da Cidade de Manaus. *XII Jornada de Iniciação Científica*. PIBIC/INPA. 201-202 pp.
- Clement, C.R.; Higuchi, N. A floresta amazônica e o future do Brasil. *Revista Ciência e Cultura*. 58: 44-49.
- CPNT - Comissão Panamericana de Normas Técnicas. 1971. Maderas: Método de Determinación del peso específico COPANT. 30: 1-4.
- Dias, A.C.C.P.; Neves, A.D. 1980. Levantamento dos Solos da Estação Experimental Rio Negro. *Boletim Técnico EMBRAPA*.
- Doat, J. 1977. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques*, Nogent-Sur-Marne, n. 172, p. 33-55, mar./abr.
- Doat, J.; Petroff, O. 1975. Carbonization of tropical woods. Experimental tests and industrial perspectives. *Bois Forêts des Trop.* 159: 55-72.
- Hayasida, W.; Sousa, A.S.; Lima, M.P.; Nascimento, C.C.; Ferreira, A.G. 2008. Proposta de aproveitamento em resíduos de pau-rainha (*Brosimum rubescens*) descartados pelo setor madeireiro. *Acta Amazonica*, 38: 749-752.
- Higuchi, N.; Santos, J. dos; Lima, A.J.N.; Teixeira, L.M.; Carneiro, V.M.C.; Tribuzy, E.S. 2006. Manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira. 140-155.
- Howard, A.M. 1973. Heat of combustion of various southern pine materials. *Wood Science*, 5: 194–197.
- IBAMA. 2006. *Instrução Normativa n. 05*.
- Islam, R.; Siwar, C. 2010. Trade and environment in the forestry sector: Towards sustainable forest management. *Asian Journal of Scientific Research*, 3: 1–17.
- Juvenal, T.; Mattos, R. 2002. O setor florestal no brasil e a importância do reflorestamento. *Technical report, BNDS Setorial*.
- Klock, U.; Muniz, G.; Hernandez, J.; Andrade, A. 2005. *Química da madeira*. Curitiba: UFPR. 86p. Apostila.

- Marabotto, M.T.; Cunha, M.P.; Cruz, I.A.; Silva, C.L. 1986. *Poder Calorífero e Pirólise de dez espécies florestais da Amazônia brasileira – Peruana*. Dissertação de Mestrado, CPPF/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.
- Mendes, L.M.; Silva, J.R.M.; Lima, J.T.; Trugilho, P.F.; Rezende, E.C. 1996. Secagem da madeira ar livre e alguns pontos básicos para compra de madeira serrada. *Ciência e Prática*, 2: 30p.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria de Energia. (http://www.brazil-rounds.gov.br/geral/balanco_energetico/ben_p03.pdf). Acesso em 30/01/2016.
- Nennewitz, I. 2008. *Manual de tecnologia da madeira*. São Paulo: Blucher. 354p.
- Protásio, T.P. 2011. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesq. Flor. Bras.*, 31: 113-122.
- Quirino, W.F.; Vale, A.T.; Andrade, A.P.A.; Abreu, V.L.S.; Azevedo, A.C.S. 2005. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da Madeira*, 15: 100-106.
- RADAM-BRASIL 1978. *Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais*. RADAM (Projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia Manaus, 626 pp.
- Ranzani, G. 1980. Identificação e Caracterização de Alguns Solos da Estação de Silvicultura Tropical. *Acta Amazonica*, 10: 7- 41.
- Rocha, J.A. 2010. *Madeira caída como oportunidade para o manejo florestal comunitário em unidades de conservação no Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais. CFT/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.
- Storck, L.; Garcia, D.C.; Lopes, S.J.; Estefanel, V. 2011. *Experimentação vegetal*. 3.ed. Santa Maria: UFSM. 200 p.
- Telles, B.M.P.; Rosas, L.V.; Soares, S.C. 2007. *Aproveitamento de resíduos de madeira gerados pelas empresas madeireiras do município de Benjamin Constant*. PAIC/UEA, Tabatinga, ESTADO. 2 pp.
- Tsoumis, G. 1991. Science and technology of Wood: ações essenciais para Amazônia. *Acta Amazonica*, 1/2: 55-68.
- Yonekura, L. 2004. *Produtos de madeira estruturados a partir de grafismos indígenas*. Projeto de Graduação de Desenhista Industrial com habilitação em Projeto do Produto – Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus. 101 pp.