

ESTIMATIVA DO PODER CALORÍFICO DE MADEIRAS DE *Acacia measrnsii* E *Eucalyptus grandis*

CAROLINA MEINCKE COUTO¹; MARCUS VINICIUS TABELÃO PILOTTO²;
DARCI ALBERTO GATTO³; RAFAEL BELTRAME⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – carol_couto2@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – marcus.pil@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - darcigatto@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – beltrame.rafael@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O grande consumo de energia, fundamentado principalmente em fontes não renováveis, desencadeia cada vez mais as questões ambientais e econômicas. Diante disto, a busca por fontes energéticas renováveis vem aumentando, tendo como destaque a madeira, uma das fontes energéticas mais antigas (CINTRA, 2009) que apresenta participação diferenciada em diversas partes do mundo dependendo do nível de desenvolvimento do país, da disponibilidade de florestas, entre outros (BRITO, 2007).

No Brasil, a madeira e o carvão vegetal são utilizados amplamente como fonte de energia, contribuindo com 11,6% da oferta interna de energia (BRASIL, 2010). A matriz energética brasileira apresenta uma distribuição equilibrada entre as fontes de energia, renovável e não renovável.

Atualmente, com a otimização das florestas plantas e a necessidade de maior fornecimento de energia para suprir o crescente consumo das novas indústrias, o uso da biomassa florestal tornou-se uma alternativa viável do ponto de vista ambiental. Entretanto, devido à sua heterogeneidade (granulometria, densidade, teor de umidade e poder calorífico), algumas limitações são impostas ao seu aproveitamento energético (MÜLLER, 2005).

Para elevar a eficiência do material e torna-lo competitivo frente a outras fontes de energia, suas propriedades energéticas precisam ser controladas. Este controle é feito através da análise e acompanhamento de variáveis como teor de umidade, teor de cinzas, densidade e poder calorífico (BRAND, 2007).

O poder calorífico refere-se à quantidade de energia liberada na forma de calor pela combustão de uma unidade de massa de madeira. Com relação o teor de umidade, a madeira por se tratar de um material higroscópico, ou seja, possui a capacidade de absorver água do ambiente de exposição, o que acarreta perda significativa do seu potencial energético em virtude do gasto de energia ocasionado durante a etapa da secagem do combustível.

Já a densidade básica da madeira, possui relação direta com a produção de matéria seca pelo vegetal. É uma característica importante, sendo um excelente índice de qualidade para diferentes produtos da madeira, pois está associada com outras propriedades intrínsecas da mesma.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo estimar o poder calorífico de madeiras de *Acacia measrnsii* e *Eucalyptus grandis* em função do teor de umidade e da massa específica básica.

2. METODOLOGIA

Para elaboração do estudo, foram coletados em dois estabelecimentos da cidade de Pelotas-RS, amostras de toras de madeiras (com casca) de *Acacia*

measnsii e *Eucalyptus grandis*, usadas para a produção de energia. Após a coleta das amostras, as mesmas foram encaminhadas ao Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas, onde, primeiramente, selecionaram-se duas toras de cada espécie para a retirada das amostras.

Com o auxílio de uma serra policorte (tipo guilhotina), excluiu-se as extremidades das toras e foram retirados três discos de aproximadamente 20 mm de espessura, serrados separadamente ao longo da tora. Em seguida, os discos foram demarcados, onde foram retiradas cunhas (opostas) utilizadas para a determinação do teor de umidade e da massa específica básica da madeira.

O teor de umidade foi determinado com auxílio de uma balança analítica de precisão, onde se aferiu a massa inicial de cada cunha. Após as mesmas foram encaminhadas para a estufa a temperatura de 103°C, onde permaneceram até atingirem a massa constante (massa seca). De posse desses dados, determinou-se o teor de umidade através da seguinte equação 1:

$$TU_i = \frac{M_i - M_s}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

Em que: P_u = massa inicial (g); P_o = massa seca (g); T_u = teor de umidade (%).

Para a obtenção da massa específica básica, as cunhas foram submersas em água, até a sua saturação. Posteriormente, mediu-se o volume saturado pelo método de deslocamento por imersão em água (empuxo). Após a obtenção do volume saturado, colocaram-se as cunhas em estufa a uma temperatura de 103°C, até peso constante. Diante disto, pode-se calcular a massa específica básica, através da equação 2:

$$\rho_b = \frac{P_o}{V_u} \quad (2)$$

Em que: ρ_b = massa específica básica (g/cm³); P_o = peso seco (g); V_u = volume saturado (cm³).

Para o cálculo do poder calorífico estimado, usou-se uma modificação da equação (3) sugerida por NOCK *et al* (1975):

$$P_{ci} = \rho_{bás} \cdot \left(4500 - 52 \cdot \left(\frac{T_u}{1 + \left(\frac{T_u}{100} \right)} \right) \right) \cdot 1,162294E^{-3} \quad (3)$$

Em que: P_{ci} = poder calorífico inferior (Kwh/m³); ρ_b = massa específica básica (kg/m³); T_u = teor de umidade (%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de teores de umidade estão apresentados na Tabela 1, para a madeira de eucalipto e acácia negra. As peças de madeira de eucalipto apresentaram valores de teor de umidade (TU), variando de 43,2% até 61,7%, tendo como média de 53,7%. Estes altos valores de TU acarretam em maiores custo no transporte desta madeira e na perda do poder calorífico. Já os valores médios de TU da acácia negra oscilaram entre 19,9% a 21,3%, obtendo um valor médio de 20,4%. Ao contrário da madeira de eucalipto, a acácia apresentou valores de TU abaixo ao

ponto de saturação das fibras, o que pode influenciar positivamente no poder energético da madeira.

Tabela 1: Valores médios de teores de umidade das amostras de *Eucalyptus grandis* e *Acacia measrnsii*.

TEOR DE UMIDADE - EUCALIPTO				TEOR DE UMIDADE - ACÁCIA			
AMOSTRA	Pu (g)	Po (g)	TU (%)	AMOSTRA	Pu (g)	Po (g)	TU (%)
E1T1	59,850	38,730	54,531	A1T1	26,460	22,070	19,891
E1T2	47,490	31,260	51,919	A1T2	28,740	23,930	20,100
E2T1	42,610	26,350	61,708	A2T1	18,390	15,300	20,196
E2T2	51,150	35,720	43,197	A2T2	21,500	17,730	21,263
E3T1	46,430	29,630	56,699	A3T1	19,350	16,050	20,561
E3T2	31,780	20,600	54,272	A3T2	28,790	23,900	20,460
MÉDIA	46,552	30,382	53,721	MÉDIA	23,872	19,830	20,412

Conforme a Tabela 2 pode-se verificar os valores médios de massa específica básica das madeiras de eucalipto e acácia negra.

Tabela 2: Valores médios de massa específica básica das amostras de *Eucalyptus grandis* e *Acacia measrnsii*.

MASSA ESPECÍFICA BÁSICA - EUCALIPTO				MASSA ESPECÍFICA BÁSICA - ACÁCIA			
AMOSTRA	Po (g)	Vu (cm ³)	Mbas (g/cm ³)	AMOSTRA	Po (g)	Vu (cm ³)	Mbas (g/cm ³)
E1M1	24,150	47,870	0,504	A1M1	21,310	35,190	0,606
E1M2	31,160	64,790	0,481	A1M2	22,830	38,170	0,598
E2M1	42,040	84,180	0,499	A2M1	18,220	30,390	0,600
E2M2	28,570	57,070	0,501	A2M2	18,410	29,010	0,635
E3M1	27,450	55,450	0,495	A3M1	14,770	23,700	0,623
E3M2	26,200	53,710	0,488	A3M2	14,610	24,290	0,601
MÉDIA	29,928	60,512	0,495	MÉDIA	18,358	30,125	0,610

Como pode ser observado na Tabela 2, a pb do eucalipto obteve valor médio de 0,49 g/cm³ e 0,61 g/cm³ para a madeira de acácia negra. Diante destes resultados, pode-se observar que as madeiras das suas espécies estudadas possuem pb com boas características para fins energéticos, pois como citado por GATTO et al (2003) a madeira oriunda de eucalipto é tida como moderadamente pesada, com massa específica básica entre 0,42 a 0,50 g/cm³ (USDA, 1987).

Quando comparada a pb das madeiras de acácia em relação ao eucalipto, constata-se que a pb é superior, o que proporciona uma maior eficiência energética e conseqüentemente uma espécie superior caloricamente.

O poder calorífico (P_{CI}) da madeira é diretamente influenciado pelo TU e pb, onde madeiras com altos TUs apresentarão maiores gastos energéticos para evaporar a água presente na madeir. Já a pb apresenta uma relação inversa, onde as madeiras com menores valores de pb representarão menores valores de poder calorífico.

Os resultados obtidos para os P_{CI} das duas espécies estudadas representam valores energético das amostras e madeiras, estão representados na Tabela 3.

Tabela 3: Estimativa do poder calorífico das amostras de *Eucalyptus grandis* e *Acacia measrnsii*.

PODER CALORÍFICO EUCALIPTO		PODER CALORÍFICO ACÁCIA	
AMOSTRA	Pci (Kwh/m ³)	AMOSTRA	Pci (Kwh/m ³)
E1P1	1562,676	A1P1	2560,088
E1P2	1522,061	A1P2	2523,319
E2P1	1460,241	A2P1	2526,929
E2P2	1705,640	A2P2	2646,653
E3P1	1506,615	A3P1	2617,204
E3P2	1514,199	A3P2	2528,485
MÉDIA	1545,239	MÉDIA	2567,113

Como se pode observar na Tabela 3, o P_{CI} das amostras de eucalipto, foram diretamente afetados pelo alto TU, o que demonstrou uma perda no rendimento de aproximadamente 25%, que pode ser comprovado pelo menor PCI de 1460,2 Kwh/m³. Já as toras de acácia, que possuíam menores TU e maior pb, em relação ao eucalipto, apresentaram valores médios para P_{CI} de 2567,1 Kwh/m³ o que representa um aumento 66,13% em comparação ao eucalipto.

4. CONCLUSÕES

Os elevados valores de teores de umidade das toras de *Eucalyptus grandis* gerou uma perda energética e econômica. Ao comparar o poder calorífico entre as duas espécies, verificou-se a influência da massa específica básica no P_{CI} , pois o teor de umidade pode ser controlado através do tempo de exposição. A *Acacia measmsii* por apresentar maiores valores de poder calorífico, pode ser indicada para atividades que utilizam a madeira como fonte de energia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAND, M. A., **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 168 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2007.
- BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2010**. Brasília/DF, Ministério de Minas e Energia/MME, 271 p., 2010 (ano base 2009).
- BRITO, J.O., **O Uso Energético da Madeira**, Estudos Avançados 21 (59), 2007.
- CINTRA, T.C. **Avaliações Energéticas de Espécies Florestais Nativas Plantadas na Região do Médio Paranapanema**, SP, 2009.
- GATTO, D. A.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; DURLO, M. A. Características da lenha produzida na região da quarta colônia de imigração italiana do rio grande do sul. **Ciência Florestal**. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2003. v. 13, n. 2, p. 7-16.
- MÜLLER, M. D., **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005. 108 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2005.
- NOCK, H. P.; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Tecnologia da madeira**. Curitiba: UFPR- Departamento de Engenharia e Tecnologias Rurais, 1975. 200p.
- USDA. United States Department of Agriculture. Forest Service. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Washington: Department of Agriculture, 1987. 466p.