

Foto: Edson Alves de Lima



Potencial do *Eucalyptus benthamii* para produção de carvão em fornos convencionais

Edson Alves de Lima¹
Helton Damin da Silva²
Elson Luiz Tussolini³

A Região Sul do Brasil apresenta frequente ocorrência de geadas severas como principal fator limitante para o desenvolvimento da maioria das espécies do gênero *Eucalyptus*. Dentre as espécies mais plantadas em áreas de ocorrência de geadas, podemos citar *Eucalyptus dunnii*, *E. viminalis* e *E. benthamii*. Apesar de ser uma espécie pouco difundida, *E. benthamii* surge como uma das poucas alternativas para estas áreas (HIGA; PEREIRA, 2003). Esta espécie tem sido recomendada para cultivo em regiões sujeitas a geadas com temperaturas de até -6 °C (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011; PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Estudos em escala de laboratório já indicam que esta espécie apresenta bom potencial para uso energético para combustão e produção de carvão (LIMA et al., 2011; PEREIRA et al., 2001). No entanto, apesar do seu bom potencial de produção de biomassa, até o momento nenhum estudo em escala industrial foi publicado demonstrando seu potencial para produção de carvão.

O objetivo deste trabalho foi verificar a resposta do *E. benthamii* em relação à produção de carvão em fornos convencionais e à qualidade tecnológica do mesmo.

A madeira de seis anos foi colhida de um plantio em Guarapuava, PR, conduzido no espaçamento 3 m x 2 m.

O corte das árvores foi realizado por meio de motosserra, com seccionamento de toras num comprimento de 1,2 m, seguido do carregamento em caminhões e transporte até a carvoaria, onde foi realizada a carbonização com a madeira de diâmetro superior a 6 cm.

Produção do carvão (carbonização)

Para a carbonização foram realizadas cinco bateladas, sendo utilizados fornos do tipo "rabo quente", com volume médio de 14,57 m³ (Tabela 1). De cada forno foram retiradas aleatoriamente 3 toras (1,2 m) e destas coletados discos aos 30, 60 e 90 cm, para determinação de umidade. Na estimativa da massa de madeira de cada forno foi utilizado o fator de

¹Licenciado em Ciências Agrícolas, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, edson@cnpf.embrapa.br

²Engenheiro florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, helton@cnpf.embrapa.br

³Geógrafo, Coordenador da Cooperativa Agrária Agroindustrial, elson@agraria.com.br

cubicação (converte o volume empilhado em volume sólido) 1,4 e densidade 475 kg m⁻³ (LIMA et al., 2011), representado pela equação 1:

$$\text{Carga} = Fc \times D \times V \quad (1)$$

Em que:

Fc: fator de cubicação = 0,7;

D: densidade básica da madeira (kg m⁻³);

V: volume do forno (m³).

O tempo total de carbonização foi computado a partir do momento da ignição até a abertura dos fornos para retirada do carvão.

Tabela 1. Volume dos fornos, umidade da madeira e massa da madeira de *E. benthamii* carbonizada em fornos convencionais.

Forno	Capacidade do forno (st)	Umidade em base úmida (%)	Carga (kg de lenha)
1	15,43	22,0	5.100
2	15,40	22,0	5.089
3	14,53	20,0	4.792
4	14,51	19,8	4.786
5	12,98	20,2	4.282
Média	14,57	20,8	4.810

Após cada carbonização, os fornos foram descarregados, pesando-se as frações de carvão comercial, finos e tiço (madeira semi-carbonizada), para cálculo do rendimento gravimétrico (Figura 1). Foi considerado carvão comercial a fração carbonizada que ficou retida em peneira de 6 mm e a fração que passou pela peneira foi considerada finos. O cálculo de rendimento gravimétrico foi estimado pela equação 2.

$$\text{RG} = (\text{MC}/\text{MM}) \times 100 \quad (2)$$

Em que:

RG: rendimento do carvão (%);

MC: massa do carvão;

MM: massa da madeira seca.

Avaliação da qualidade do carvão

Para análise do carvão foram coletadas três amostras em cada forno, de pontos diferentes, sendo uma próxima à entrada de carga/descarga, uma ao centro e uma ao fundo do forno. Estas amostras foram reunidas e obteve-se uma amostra composta para as análises de qualidade.

Foto: Edson Alves de Lima



Figura 1. Operário realizando a descarga do forno e ensacamento do carvão após a carbonização.

Foi analisada a qualidade do carvão, onde realizou-se a análise imediata (umidade, voláteis, teor de carbono fixo e cinzas) segundo a norma NBR 8112/1986 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986) e o poder calorífico superior (PCS) pela norma NBR 8633/1984 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984). Os resultados da análise imediata foram comparados com a norma que estabelece padrões mínimos de qualidade para comercialização de carvão vegetal no estado de São Paulo.

O tempo total de carbonização variou de 96 a 120 horas, com média de 102,4 horas (Tabela 2), considerado baixo para o modelo de forno testado. Brito (1990) cita que o forno rabo quente apresenta um ciclo/tempo médio de carbonização de 240 horas. Possivelmente, o baixo tempo observado está relacionado ao baixo teor de umidade que a madeira apresentava (Tabela 1).

O índice de conversão médio lenha/carvão foi de 2,4, ou seja, é necessário 2,4 st de madeira de *E. benthamii* para obtenção de 1 metro de carvão (mdc). Este valor está acima dos observados por Silva et al. (1992) para cinco espécies no cerrado, em forno rabo quente. Os autores observaram que os índices de conversão variaram de 1,46 a 1,82, para *E. camaldulensis* e *E. phaeotricha*, respectivamente. O índice de conversão do *E. benthamii* está abaixo do índice adotado por Brito (1990) para este tipo de forno (2,5).

O rendimento gravimétrico em carvão de 27% (Tabela 2) está dentro da faixa considerada normal para a tecnologia trabalhada ((BARCELLOS et al., 2004). Quanto à geração de finos, o valor observado neste trabalho (4,5%) está abaixo do observado por Silva et al. (1992) para as espécies *E. phaeotricha* (13,8%), *E. pilularis* (13,4%), *E. camaldulensis* (7,8%), *Corymbia citriodora* (7,3%) e *E. tereticornis* (6,6%).

A falta de normatização para a qualidade do carvão vegetal é uma deficiência da atividade, que dificulta a padronização do produto e a fiscalização da sua qualidade. A única norma sobre qualidade

de carvão vegetal é do estado de São Paulo, que apresenta padrões mínimos de qualidade física, química e de produção de carvão vegetal, como base para certificação de produtos, estabelecidos pela norma PMQ 3-03 (SÃO PAULO, 2003). Esta norma estabelece que, quanto à qualidade química, o carvão vegetal deve apresentar teor de carbono fixo > 75%; teor de cinzas < 1,5% e umidade < 5%. Com respeito às características de qualidade do carvão, somente o teor de carbono fixo do carvão de *E. benthamii* (71,4%) ficou abaixo do valor preconizado pela norma (Tabela 3). Quanto aos teores de umidade, voláteis e cinzas, estes atendem aos requisitos exigidos pela norma.

Tabela 2. Tempo de carbonização, rendimentos de carvão, tiço e finos produzidos em fornos convencionais a partir de madeira de *E. benthamii*.

Forno	Tempo de carbonização (h)	Índice de conversão (st lenha/MDC)*	Carvão produzido (kg)	Tiço gerado (kg)	Finos gerados (kg)**	Rend. Grav. (kg carv kg ⁻¹ de lenha)		
						Carvão (%)	Tiço (%)	Finos (%)
1	96,0	2,1	1.455	285	284	28,5	5,6	5,6
2	96,0	2,6	1.589	134	188	31,2	2,6	3,7
3	100,0	2,5	1.042	650	147	21,7	13,6	3,0
4	100,0	2,3	1.127	537	313	23,5	11,2	6,5
5	120,0	2,5	1.286	130	148	30,0	3,0	3,5
Média	102,4	2,4	1.300	347,2	216	27,0	7,2	4,5
DP	10,0	0,2	226	236,7	78	4,2	4,9	1,5

* estéreo de lenha / metro de carvão

** finos ≤ 6mm.

Tabela 3. Densidade a granel, análise imediata (umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo) e poder calorífico superior (PCS) do carvão de *E. benthamii* produzido em fornos convencionais.

Forno	Densidade a granel (kg m ⁻³)	Análise imediata				PCS (MJ kg ⁻¹)
		Umidade (%)	Voláteis (%)	Cinzas (%)	Carbono fixo (%)	
1	194	3,1	23,8	0,9	71,2	30,220
2	269	3,5	25,3	0,7	70,5	30,782
3	180	2,6	25,4	0,9	71,1	31,677
4	179	2,6	22,9	1,0	73,4	30,967
5	252	3,3	24,8	0,8	71,0	30,572
Média	215	3,0	24,5	0,8	71,4	30,844
DP	42,56	0,39	1,04	0,12	1,12	0,54

Conclusões

- A madeira de *Eucalyptus benthamii* é adequada para produção de carvão vegetal em fornos convencionais, gerando carvão de boa qualidade.
- O *E. benthamii* é uma boa alternativa para produção de carvão vegetal para a Região Sul.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Cooperativa Agrária Agroindustrial pela doação da madeira e ao produtor de carvão Sr. José Maciel, por ceder os fornos para a produção do carvão.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: carvão vegetal: análise imediata: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

BARCELLOS, D. C.; PIMENTA, A. S.; SILVA, J. S.; COUTO, L. C. Desempenho de um forno de carbonização semi-contínuo tipo container para produção de carvão vegetal. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 183-189, 2004.

BRITO, J. O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. **Documentos Florestais**, Piracicaba, SP, n. 9, p.1-19, maio 1990.

HIGA, R. C. V.; PEREIRA, J. C. D. **Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 100).

LIMA, E. A. de; SILVA, H. D. da; LAVORANTI, O. J. Caracterização dendroenergética de árvores de *Eucalyptus benthamii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 65, p. 9-17, jan./mar. 2011. DOI: 10.4336/2010.pfb.31.65.09

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 129).

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 66 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 214).

PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E. G.; SHIMIZU, J. **Características físicas, químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Eucalyptus benthamii***. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 4 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 50).

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução SAA - 10, de 11 de julho de 2003. Define norma de padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal (PMQ 3-03), como base para certificação de produtos pelo sistema de qualidade de produtos agrícolas, pecuários e agroindustriais do Estado de São Paulo, instituído pela Lei 10.481-99. **Diário Oficial [do] Poder Executivo**: seção I, São Paulo, v. 113, n. 129, 12. jul. 2003.

SILVA, H. D. da; PIRES, I. E.; ARAÚJO, F. D. Comportamento silvicultural e aptidão para produção de carvão de cinco espécie de *Eucalyptus*, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 24/25, p. 71-78, jan./dez. 1992.

Comunicado Técnico, 305

Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
Colombo, PR, CEP 83411-000
Fone / Fax: (0***) 41 3675-5600
E-mail: sac@cnpf.embrapa.br



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



1ª edição
Versão eletrônica (2012)

Comitê de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Álvaro Figueredo dos Santos*,
Antonio Aparecido Carpanezi, *Claudia Maria Branco de Freitas Maia*, *Dalva Luiz de Queiroz*, *Guilherme Schnell e Schuhlí*, *Luís Cláudio Maranhão Froufe*, *Marilice Cordeiro Garrastazu*, *Sérgio Gaiad*

Expediente

Supervisão editorial: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Revisão de texto: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*
Edição eletrônica: *Rafaele Crisostomo Pereira*