

## **RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO COM ESPÉCIE QUE OCORRE NA REGIÃO SEMIÁRIDA**

Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes<sup>1</sup>; Ana Clara Cabral Davi<sup>1</sup>; Renato Vinícius Oliveira Castro<sup>2</sup>;  
Rafael Leite Braz <sup>3</sup>; Rosimeire Cavalcante dos Santos<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil;

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil; <sup>3</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco

izabelle.rodriguesferreira@gmail.com<sup>1</sup>; anaclara.florestal@gmail.com<sup>1</sup>; castrorvo@ymail.com<sup>2</sup>;  
rlbraz.ufrpe@gmail.com<sup>3</sup>; meire\_caico@yahoo.com.br<sup>1</sup>;

**Resumo:** O Angico vermelho *Anadenanthera colubrina* var. cebil (Griseb.) Altschul é uma espécie de ocorrência no semiárido brasileiro e, por sua tolerância à seca, estudos demonstram a sua importância para o desenvolvimento da região semiárida. Ao longo dos anos, a supressão da caatinga por ação antrópica vem reduzindo bastante esse bioma. Este fato se dá, principalmente, pelo uso do potencial energético de suas espécies vegetais sem a devida preocupação com a sustentabilidade do mesmo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento e a qualidade do carvão produzido com madeira de ocorrência na região semiárida brasileira. Para a realização das análises, as amostras obtidas da espécie *Anadenanthera colubrina* var. cebil (Griseb.) Altschul, foram provenientes de uma área experimental, submetida ao manejo florestal, localizada no município de Floresta, na fazenda Itapemirim, na mesorregião do São Francisco no Estado de Pernambuco. As amostras já foram cedidas em umidade de equilíbrio com o ambiente (12%). As variáveis analisadas foram rendimento gravimétrico, teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo. Os resultados obtidos nesse estudo são os valores de 39,47% no que se refere ao rendimento gravimétrico, teores de carbono fixo de 63,29%, teores de cinzas dentro dos padrões (3,07%) e alto valor de materiais voláteis (33,60%) encontrados no carvão dessa espécie, o que dentre outras coisas, indica a presença de muitos carboidratos e extrativos na madeira, os quais poderiam ser recuperados e utilizados como um subproduto da carbonização. Em suma, concluiu-se que o carvão de *Anadenanthera colubrina* possui boa qualidade, sendo indicado para queima direta em caldeiras.

**Palavras-Chave:** caatinga, biomassa, carbonização, propriedades químicas, angico.

## **Introdução**

Com a distribuição de sua vegetação de ocorrência exclusiva no Brasil, o bioma Caatinga apresenta uma grande variedade de espécies endêmicas distribuídas entre fauna e flora. Um dos usos mais tradicionais da madeira oriunda de espécies da Caatinga é para geração de energia, seja na forma de lenha ou carvão. A maior parte desta biomassa é proveniente de remanescentes de florestas nativas (MMA, 2009).

Cerca de 23,964 toneladas de lenha foram transformadas em carvão vegetal no Brasil em 2015, apesar do número elevado este foi o menor valor encontrado desde 2006 pelo Balanço Energético Nacional (BEN, 2016). Em relação à região Nordeste, a demanda energética tende a agredir os remanescentes de mata nativa de onde a madeira é subtraída (TAVARES, 2013) e, de forma especial, àquelas que são extraídas da região semiárida, sem planejamento prévio.

De forma geral, a madeira é uma promissora matéria prima para produção de energia. Mesmo sendo um combustível de baixa densidade energética, quando comparadas a outras fontes não renováveis, é o material mais recomendado por ser uma fonte de energia completamente renovável (TRUGILHO et al., 2004). O potencial energético de determinada espécie florestal pode ser avaliado por diversas variáveis, como: rendimentos gravimétricos, teor de carbono, poder calorífico, e análise química do carvão (MACHADO; VOGEL; SILVA, 2014).

Em função da carência de informações sobre a vegetação do Semiárido brasileiro e considerando a importância da flora da Caatinga como sustento para a população rural e da grande ocorrência de angico-vermelho no Semiárido brasileiro, esta pesquisa teve como objetivos avaliar o rendimento e a qualidade do carvão produzido com madeira de ocorrência na região semiárida brasileira.

## **Metodologia**

Para a realização das análises, as amostras obtidas da espécie *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul, nome popular “angico vermelho” foram provenientes de uma área experimental, submetida ao manejo florestal, localizada no município de Floresta, na fazenda Itapemirim, na mesorregião do São Francisco no Estado de Pernambuco.

Para o processo de carbonização foram utilizados galhos finos de tamanho e formato irregular, sem previa medição e, posteriormente, transformados, de forma manual, em cavacos, com auxílio de um formão, resultando em cerca de um quilograma de material.

As amostras já foram cedidas em umidade de equilíbrio com o ambiente (12%) e devidamente, acomodadas em sacos plásticos, para posterior carbonização.

O processo de carbonização ocorreu, em um forno tipo mufla, da marca MAGNUS'S, modelo 0910. Todas as análises foram seguidas e adaptadas da Norma ABNT 8112 (ABNT, 1986).

O tempo total de carbonização foi de 210 minutos a uma temperatura máxima de  $460 \pm 10$  °C com a taxa de  $1,4^\circ\text{C}/\text{min}$ . A carga de cada carbonização foi composta de aproximadamente 100g de cavacos. Quatro carbonizações foram realizadas e, dessas, duas amostras, em duplicata, foram utilizadas para análise química imediata do carvão, obtendo-se assim, resultados para as porcentagens de cinzas, carbono fixo e materiais voláteis. As amostras de cavacos foram colocadas em recipientes de aço inoxidável com 13 cm de largura, 15 cm de comprimento por 8 cm de altura, com tampa e levado à mufla previamente aquecida a  $150^\circ\text{C}$ , mantendo-se essa temperatura por 30 minutos. Após esses 30 minutos iniciais, a temperatura foi elevada para  $250^\circ\text{C}$ , permanecendo nesta temperatura por mais 30 minutos. Dessa forma ao iniciar as reações exotérmicas, o tempo passou a ser registrado a cada  $20^\circ\text{C}$ , até atingir a temperatura máxima programada de  $460^\circ\text{C}$ .

A amostra permaneceu dentro da mufla por cerca de 12 horas, para resfriamento.

O produto da carbonização proveniente da mufla foi macerado em almofariz (recipiente cerâmico) e posteriormente peneirado, com auxílio de peneiras na classificação de 65 e 100 mesh.

O rendimento gravimétrico foi determinado pela relação entre o peso seco do carvão e o peso (completamente seco) da madeira usada no processo de carbonização, dado pela equação 1:

(1)

$$RG = \frac{PSC}{PSM} \times 100$$

Onde: RG = Rendimento gravimétrico de carvão (%);

PSC = peso seco do carvão (g);

PSM = peso seco da madeira (g).

Para determinação do teor de cinzas, foi pesado, em uma balança analítica, um grama do carvão macerado (absolutamente seco) retido na peneira de 65 mesh. Seguiu-se a metodologia determinada de acordo com os procedimentos descritos na norma ABNT NBR 8112 (1986), os teores de cinzas foram obtidos através da equação 2:

(2)

$$CZ = \frac{m1 - m0}{m} \times 100$$

Onde: CZ = Teor de cinzas (%);

$m_1$  = massa do cadinho + resíduo (em g);

$m_0$  = massa do cadinho (em g);

$m$  = massa da amostra (em g).

Para determinação do teor de materiais voláteis seguiu-se a Norma ABNT 8112 (ABNT, 1986). A equação 3 para obtenção do teor de materiais volatáteis foi:

(3)

$$MV = \frac{m_2 - m_3}{m} \times 100$$

Sendo: MV = Materiais voláteis (%);

$m_2$  = peso do material volatilizado (em g);

$m_3$  = peso do carvão (em g);

$m$  = massa da amostra (em g).

O teor de carbono fixo foi calculado de forma indireta utilizando com base nas variáveis previamente determinadas, seguindo a equação 4:

(4)

$$CF = 100 - (CZ + MV)$$

Onde: CF = Teor de carbono fixo (%);

CZ = Teor de cinzas (%);

MV = Teor de materiais voláteis (%).

## Resultados e discussão

Os dados encontrados para o rendimento gravimétrico em carvão e para os teores de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo, do carvão de angico vermelho, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores obtidos no processo de carbonização da *Anadenanthera colubrina*

Amostra	RG (%)	CZ (%)	MV (%)	CF (%)
1	39,07	2,88	33,23	63,89
2	38,96	2,92	33,50	64,58
3	38,98	2,97	33,99	63,04
4	39,47	3,54	34,80	61,66
<b>Média</b>	<b>39,47</b>	<b>3,07</b>	<b>33,60</b>	<b>63,29</b>
<b>Mínimo</b>	38,96	2,88	33,23	61,66
<b>Máximo</b>	39,47	3,54	34,80	64,58
<b>DP</b>	0,21	0,27	0,66	1,08
<b>CV</b>	0,53	8,77	1,96	1,72

RG = Rendimento gravimétrico; CZ = Teor de cinzas; MV = Material volátil e CF = Carbono fixo. DP = Desvio padrão; CV = Coeficiente de variação (%)

Os valores obtidos na prática podem ser comparados com os encontrados por outros autores, na Tabela 2:

Tabela 2: Médias da carbonização comparadas com outros autores

	A autora (2017)	Valle et al. (2008)	Paes et al. (2012)
<b>RG (%)</b>	39,12	37,7	--
<b>CZ (%)</b>	3,07	2,27	3,88
<b>MV (%)</b>	33,60	31,49	29,85
<b>CF (%)</b>	63,29	66,23	--

RG = Rendimento gravimétrico; CZ = Teor de cinzas; MV = Material volátil e CF = Carbono fixo

O aumento do rendimento gravimétrico pode ser relacionado com o teor de lignina da madeira (CINTRA, 2009), fator esse que pode ser levado em consideração para o carvão do angico. Araujo et al., (2013) encontraram um valor de teor de lignina de 21,02% quando avaliaram os componentes estruturais da madeira do angico. O teor de cinzas é a massa do resíduo sólido inorgânico existente.

Os rendimentos em carvão encontrados para a madeira de *Anadenanthera colubrina*, foram superiores aos obtidos por Valle et al. (2008) ao trabalharem com cinco espécies do Cerrado, que variaram de 24,87 (gomeira - *Vochysia thirsoidea*) a 28,67 % (barbatinão - *Styphodendron adstringens*).

Para a madeira de *Eucalyptus grandis*, carbonizadas sob as mesmas condições das espécies da Caatinga, Oliveira (2003) obteve de rendimento em carvão de 33,68%. Desta forma, podemos afirmar que a espécie pesquisada apresenta rendimento em carvão semelhante ao *Eucalyptus grandis*.

O carvão pode conter até 3% de cinzas compostas, principalmente, de cálcio, potássio e fósforo, além de magnésio, ferro e silício (ARANTES, 2009). Segundo Oliveira (2003), um maior percentual de cinzas na madeira está associado a um menor teor de lignina.

É preferível por parte dos que produzem carvão vegetal, espécies que apresentem baixo teor de cinzas, pois o carvão originado destas tende a apresentar maior rendimento energético.

O teor de materiais voláteis determina a facilidade de ignição, a estabilidade da chama e a velocidade de combustão. Um alto teor de voláteis facilita a ignição e a combustão (SOUZA et al., 2016). Assim, a boa qualidade do carvão da espécie carbonizada pode ser determinada utilizando esse critério. Os teores de materiais voláteis encontrados nesta pesquisa, foram semelhantes aos valores encontrados por Almeida (2015) em espécies do semiárido brasileiro, onde para a *Amburana cearensis* encontrou o valor de 32,61% e para *Piptadenia stipulacea* 32,04%.

A quantidade de carbono fixo encontrada para a madeira de *Anadenanthera colubrina*, é considerado um valor alto, o ideal seria utiliza-la em processos que sejam menos exigentes em teor de carbono como, por exemplo, para a queima direta.

## **Conclusões**

Por meio da análise dos resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que a madeira de *Anadenanthera colubrina* apresentou o valor de 33,60% no que se refere ao rendimento gravimétrico no processo de carbonização, e esse valor está dentro do intervalo esperado para o processo de carbonização de madeiras;

Considerando os teores de carbono fixo encontrados nesta pesquisa (63,29%), podemos considerar que o carvão de *Anadenanthera colubrina* possui boa qualidade, e valor de cinzas dentro dos padrões considerados ideais, sendo indicados para queima direta em caldeiras;

O alto valor de materiais voláteis encontrados no carvão dessa espécie pode indicar dentre outras coisas, a presença de muitos carboidratos e extrativos na madeira, os quais poderiam ser recuperados e utilizados como um subproduto da carbonização. Neste caso essa alta porcentagem de materiais voláteis facilita a ignição e a queima deste carvão, mas gera muita fumaça, o que o torna inconveniente para alguns usos, como por exemplo, o doméstico.

## Referências

ALMEIDA, Antonio Marcos César et al. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, 2015.

ARANTES, M.D.C. **Variação das características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake** 2009. 149 f. Tese (Doutorado em ciência e tecnologia da madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ARAÚJO, et al. Determinação dos componentes estruturais da madeira do angico vermelho. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2013, Recife. **Anais eletrônicos**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 8112 - **Análise química imediata do carvão vegetal**. Rio de Janeiro, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 8633 - **Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro, 1986.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2016: Ano base 2015/**Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>. Acesso em: 21 de maio 2017.

CINTRA, T. C. **Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranapanema, SP**. 2009. 850 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

MACHADO, G. de O.; VOGEL, F.; SILVA, M. M. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas, químicas e energéticas do carvão de cinamomo (*Melia azedarach* L.). **Ambiência, Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 10, n. 1, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Caatinga. **Biomass**. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 13.03.2017.

OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semiárido nordestino.** 2003. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SOUZA, N. D. de., et al. Estudo de caso de uma planta de carbonização: avaliação de características e qualidade do carvão vegetal visando uso siderúrgico. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n.2, p. 270-277, 2016.

TAVARES, M. A. de M. E. **Estudo da viabilidade da produção de briquetes e seus possíveis impactados sobre o meio ambiente e o mercado de trabalho da região do baixoAçu, RN.** 2013. 247 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

TRUGILHO, et al. Energia de Biomassa Florestal: a contribuição da UFLA. **Renabio, biomassa e energia.** v. 1, n. 3, p. 221-224, 2004.

VALLE, M. L. A.; ARNHOLD, A.; SILVA, J. C. Caracterização da madeira e carvão do Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) (Benth) Brenan.. In: XVIII Simpósio de Iniciação Científica, VIII SIMPÓS - Mostra Científica da Pós-Graduação, VI Simpósio de extensão universitária e II SEn - Simpósio de ensino. 2008. **ANAIS do XVIII Simpósio de Iniciação Científica, VIII SIMPÓS - Mostra Científica da Pós-Graduação, VI Simpósio de extensão universitária e II SEn - Simpósio de ensino.** Viçosa, 2008.