

PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO CARVÃO VEGETAL DE TRES ESPÉCIES FLORESTAIS EXISTENTES NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO BRASIL.*

Ghislaine MIRANDA da CUNHA **

Ivan TOMASELLI ***

Paulo AGUINELIO GOMES ****

RESUMO

O estudo teve por objetivo determinar as propriedades químicas e físicas do carvão vegetal de tres espécies ocorrentes na caatinga: a leucena (*Leucaena leucocephala* Lam) a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul) e pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart). Determinou-se também, a massa específica aparente, teor de umidade e constituição química da madeira destas tres espécies.

As propriedades químicas foram expressas em termos de composição química elementar, análise imediata, análise das cinzas e poder calorífico e, as propriedades físicas em densidade aparente e verdadeira porosidade e friabilidade do carvão vegetal.

A temperatura de carbonização influenciou todas as propriedades químicas e físicas do carvão vegetal excepto o poder calorífico. O teor de cinzas encontrado, para as espécies catingueira e pereiro, entre 7.73 e 8,86% foi superior ao apresentado pelo carvão vegetal de outras espécies florestais. Entre as espécies estudadas a leucena apresentou o carvão vegetal com as melhores propriedades químicas: maiores teores de carbono total (81.47%) e carbono fixo (75.57%), menor teor de cinzas (4.31% e maior poder calorífico (7100Kcal/kg) e menor percentual de finos abaixo de 12mm (9.37%). Os maiores valores

encontrados de massa específica aparente da madeira e do carvão vegetal foi da espécie catingueira.

SUMMARY

This present study consists in determine the chemical and physicals properties of charcoal using three species of caatinga: the leucena (*Leucaena leucocephala* Lam), the catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul) and the pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart).

Some wood properties were analysed: specific gravity, moisture content and chemical constitution these three species. The chemical properties were elementary chemical analysis "imediately" analysis and superior calorific value. The physicals properties were specific gravity, porosity and charcoal powdery.

All chemicals and physicals properties

* Baseado na dissertação de mestrado defendido junto ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR.

** Ms. C., Eng Florestal, Prof. da UFPR, Autora da dissertação de mestrado na qual foi baseado este trabalho.

*** Ph. D., Eng. Florestal, Prof. da UFPR, Orientador da dissertação de mestrado.

**** Ms. C., Eng. Metalúrgico, Técnico do CETEC, Co-orientador da dissertação de mestrado.

had influency of carbonization temperature, except the calorific value. The ash content was high in all species used and varied between 7.73 to 8.86%. Among the species that were studied the leucena charcoal was the best chemicals and physical properties: total carbon (81.47%), fixed carbon (75,57%), ash content (4,31%), superior calorific value (7100Kcal/kg) and fines percentual (7.37%).

Catingueira showed the greater apparent density of wood and its charcoal.

1. INTRODUÇÃO

A utilização da madeira para fins energéticos, nas formas de carvão e lenha, é a principal fonte consumidora das espécies florestais ocorrentes na região semi-árida do Nordeste do Brasil. Porém, devido à utilização de métodos primitivos de transformação térmica desta matéria-prima e, também, à heterogeneidade das espécies que constituem a caatinga, o carvão obtido na região possui propriedades heterogêneas que nem sempre atendem as exigências de parte do mercado consumidor como as indústrias de calcário e siderúrgica.

Este trabalho propõe-se a determinar algumas propriedades químicas e físicas da madeira e do carvão vegetal obtido com a carbonização de três espécies florestais existentes na caatinga: a leucena (*Leucaena leucocephala* Lam) a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul) e o pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart).

A escolha destas espécies baseou-se nos dados existentes na literatura, os quais sugerem potencial energético para estas essências.

A leucena (*Leucaena leucocephala* Lam) é uma exótica que vem sendo muito difundida no semi-árido nordestino devido ao seu incremento médio de 2.31 m³/ha/ano apresentado na região (PIRES & FERREIRA, 1982).

Em estudos realizados pela NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE encontrou-se uma massa específica média da madeira de 0,54 g/cm³.

Sua composição química apresentou resultados de 71.80% de holocelulose, 23% de

lignina, 0.85% de cinzas e 2,15 de extrativos.

A catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul) é uma espécie muito utilizada para a produção de carvão, lenha e estacas (BRAGA, 1976). Sua massa específica foi determinada por PAULA (1980) e situa-se entre 0.82 e 0.85 g/cm³. O mesmo autor constatou a presença de cristais romboédricos em suas células parenquimáticas.

Uma das espécies mais abundantes da caatinga é o pereiro que além de ser utilizada em serviços de marcenaria e carpintaria também é transformada em carvão vegetal. Determinações realizadas por PAULA (1982) apontaram sua massa específica dentro do intervalo de 0.68 a 0.70 g/cm³. O mesmo autor constatou a presença de cristais romboédricos de oxalato de cálcio nas células parenquimáticas.

2. MATERIAL E METODOS:

Foram utilizadas três espécies florestais da região semi-árida, a exótica leucena (*Leucaena leucocephala* Lam) e as nativas catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul) e o pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart). As amostras foram retiradas de árvores que possuíam o diâmetro, a 10 cm do nível do solo, superior a 5 cm.

Estas amostras foram transformadas em corpos de prova com 30 cm de comprimento e diâmetro natural das peças. As carbonizações foram conduzidas em retorta elétrica, utilizando-se temperaturas finais de carbonização de 350, 450, 550 e 750°C e taxa de aquecimento de 0.625°C/min, com duas repetições para cada tratamento.

Com o objetivo de correlacionar as propriedades do carvão vegetal com a espécie que o originou, foram determinadas a massa específica aparente, teor de umidade e análise química dos constituintes de cada espécie vegetal testada.

Para a determinação da massa específica aparente utilizou-se a norma ASTM-D-2395-69 método B-III. O teor de umidade foi determinado pelo método da pesagem.

A análise química dos constituintes da madeira foi realizada segundo as normas ABCP e determinou os teores de celulose (ABCP

M9371), hemicelulose (ABCP C8/70), lignina (ABCP C7/71), solubilidade em álcool benzeno (ABCP M6/68) e cinzas (ABCP P3/70).

A amostragem do material para a determinação das propriedades do carvão vegetal foi realizada conforme a norma ABNT NBR 6923 e, para cada propriedade avaliada foram realizadas tres repetições e aplocados a análise de variancia e o teste de Tukey ao nivel de 5% de probabilidade.

As propriedades químicas foram analisadas em termos de composição química elementar, análise imediata, poder calorífico e análise das cinzas do carvão.

A composição química elementar foi determinada diretamente em analisados elementar CHN, marca Perkin - Elmer.

A análise imediata foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 8112.

A análise química das cinzas foi feita através dos métodos gravimétricos - via húmida e volumétrica.

O poder calorífico superior foi determinada em bomba calorimétrica, conforme a norma ABNT NBR 8633.

As propriedades físicas do carvão vegetal foram aqui avaliadas em termos de densidade aparente e verdadeira, porosidade e friabilidade do carvão vegetal.

As análises aparente e verdadeira foram realizadas conforme metodologia desenvolvida pelo CETEC, que baseia-se na norma ASTM D-167-73.

A porosidade foi obtida pelo relação entre as densidades aparente e verdadeira.

A friabilidade, que é expressa pelo percentual de finos abaixo de 12 mm, foi determinada segundo a norma ABNT NBR 8740.

3. RESULTADOS E DISCUSSões

Os resultados de massa específica aparente, teores de umidade e constituintes da madeira encontradas para as tres espécies estudadas, podem ser vistos no Quadro n. 01.

Observa-se que a leucena, uma espécie de rápido crescimento, foi a que apresentou menor massa específica aparente.

No entanto, a catigueira, que possui maior teor de extrativos, obteve os maiores valores de massa específica aparente.

Os resultados encontrados estão de acordo com a média citada pela literatura, tanto de massa específica aparente como de análise química da madeira (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1977; PAULA, 1980).

No Quadro n. 02 estão apresentados os

Quadro n. 01 - Massa específica aparente, teor de umidade e constituintes da madeira das tres espécies estudadas.

Propiedades	Espécies					
	Leucena	C. U%	Catingueira	C. U%	Pereiro	C. U%
massa específica aparente (g/cm ³)	0.69	11.80	0.82	3.07	0.70	3.91
teor de umidade (g/cm ³)	10.70	16.77	12.81	10.91	12.79	7.67
celulose (%)	57.94	4.81	52.30	6.10	54.91	26.64
hemicelulose (%)	120.58	8.18	22.37	0.26	22.70	12.53
Lignina (%)	24.72	1.53	20.68	3.58	23.62	1.43
extractivos (%)	3.56	0.61	8.37	0.09	5.00	0.27
cinzas (%)	0.86	1.18	2.11	0.06	0.61	0.00

resultados obtidos da análise da composição química elementar do carvão e do poder

calorífico superior.

Observa-se que o percentual de carbono

Quadro n. 02 - Composição química elementar e poder calorífico do carvão vegetal em função da temperatura de carbonização.

Espécie	Tem oC	C %	H %	N %	Poder calorífico superior (Kcal/kg)	C. U. %
Leucena	350	78.32	3.69	1.30	6757	0.01
	450	78.96	3.56	0.77	7197	10.79
	550	87.18	2.70	1.05	7298	3.31
	750	—	—	—	7149	1.63
Catingueira	350	69.01	3.25	0.76	6058	0.12
	450	74.32	2.77	1.02	6406	0.88
	550	77.61	2.39	1.00	6785	2.92
	750	—	—	—	6554	3.81
Pereiro	350	72.22	3.41	0.84	6235	7.84
	450	74.62	2.48	0.99	6412	7.10
	550	77.32	2.43	1.67	6602	4.33
	750	—	—	—	6491	1.53

total aumenta com a elevação da temperatura de carbonização. Este fato ocorreu devido á liberação de compostos gasosos no decorrer da carbonização que consomem mais hidrogenio ou oxigenio do que carbono. (WENZEL, 1970).

A variação do poder calorífico em função da temperatura de carbonização não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade. A leucena apresentou os maiores resultados

de poder calorífico. Porém, estes são inferiores aos encontrados para *Eucalyptus saligna* (COUTINHO, 1984) e *Prosopis juliflora* (BARBOSA, 1986).

Através de análise imediata determinou-se os teores de carbono fixo, matérias voláteis e cinzas em função da temperatura, cujos resultados estão expostos no Quadro n. 03.

Os resultados apresentados no Quadro n.

Quadro n. 03 - Análise imediata do carvão vegetal

Teores	Temperatura °C	Espécies					
		Leucena	C. U%	Catingueira	C. U%	Pereira	C. U%
Carbono fixo	350	62.89	4.76	63.09	0.26	58.25	2.20
	450	79.91	0.19	71.02	0.54	68.23	0.58
	550	79.13	0.59	74.23	0.46	69.92	1.02
	750	83.36	0.14	77.76	0.26	81.29	0.70
Matérias Voláteis	350	30.54	7.93	29.58	1.26	32.58	5.19
	450	15.54	1.88	20.55	2.51	20.64	1.55
	550	14.44	3.53	15.94	1.41	17.68	7.12
	750	8.55	7.11	9.25	0.60	8.02	8.41
Cinzas	350	2.51	5.43	6.20	0.43	7.91	0.19
	450	4.64	0.57	7.54	0.81	9.25	0.61
	550	5.07	1.48	8.38	0.81	9.02	1.48
	750	5.03	5.74	8.82	1.90	9.26	2.18

03 demonstram que o teor de carbono fixo é influenciado pela temperatura, aumentando com a elevação da temperatura de carbonização.

O carvão vegetal originado pela espécie leucena apresentou os maiores teores de carbono fixo, porém, estes valores estão inferiores aos apresentados pelo carvão vegetal obtido com a carbonização das espécies *Eucalyptus grandis* (OLIVEIRA et alii, 1982), jurema-preta (FARIA, 1984) e algaroba (BARBOSA, 1986).

O teor de cinzas também aumentou com a elevação da temperatura e apresentou-se muito superior aos resultados encontrados com o genero *Eucalyptus*. Este fato pode ser atribuído as condições climáticas da região onde foram coletadas as amostras que apresentou solos silicosos contendo cálcio e potássio (DUQUE,

1980). Um outro ponto que pode ser levado em consideração é a presença abundante de cristais romboédricos de oxalato de cálcio encontrados nas células parenquimáticas das tres espécies testadas. O alto teor de óxido de cálcio encontrado na análise química das cinzas de carvão vegetal, apresentada no Quadro n. 04, confere um peso maior a esta hipótese.

A leucena apresentou o carvão vegetal com menor teor de cinzas e a catingueira o maior percentual. Estes resultados estão de acordo com os encontrados na análise dos constituintes da madeira apresentados no Quadro n. 01.

Para uma melhor compreensão do efeito das cinzas nas diversas utilizações do carvão vegetal foi realizada a análise química das cinzas que está exposta no Quadro n. 04.

As tres espécies apresentam teores de

Quadro n. 04 - Análise química das cinzas do carvão vegetal

Espécie	CaO %	Al ₂ O ₃ %	Mg 0%	Si O ₂ %	S %	P %
Leucena	37.20	0.42	8.38	1.01	0.50	2.71
Catingueira	65.70	0.15	1.20	0.05	0.30	0.51
Pereiro	54.20	0.30	4.69	0.60	0.23	1.01

CaO, Mg 0 e Si O₂ superiores ao genero *Eucalyptus* (OLIVEIRA et alii, 1982).

Através do Quadro n. 05 pode-se observar as propriedades físicas do carvão vegetal das tres espécies estudadas em função da temperatura de carbonização.

O Quadro n. 05 mostra que ocorreu uma elevação da densidade aparente entre as temperaturas de 450 e 550° C. A densidade verdadeira aumentou com a elevação da temperatura de carbonização. Os resultados obtidos para a espécie catingueira, que também apresentou a maior massa específica aparente da madeira, foram superiores a leucena e ao pereiro.

As tres espécies demonstraram ter comportamento similar no teste de tamboramento, ocorrendo um acréscimo no percentual de finos entre as temperaturas de 450 e 550 f°C. A leucena apresentou os menores percentuais de finos abaixo de 12 mm. Isto pode ser atribuído ao fato das amostras de leucena

utilizadas neste trabalho, possuírem diâmetros menores (em média 10 cm). Peças menos espessas geram menores gradientes de umidade e, conseqüentemente, menores tensões internas que podem rachar o carvão.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

1. Os valores médios de massa específica aparente de 0.82 g/cm³ encontrados para a catingueira, de 0.69 g/cm³ para a leucena e 0.70 g/cm³ para o pereiro, demonstram que estas tres espécies possuem potencial para transformação em carvão vegetal.

2. Não foi possível estabelecer uma correlação precisa entre as propriedades do carvão vegetal e os constituintes químicos da madeira das tres espécies estudadas. Recomenda-se maiores estudos posteriores.

3. As tres espécies apresentaram aumento no teor de carbono total e carbono fixo com a

Quadro n. 05 - Densidades aparente e verdadeira, porosidade e friabilidade do carvão vegetal em função da temperatura de carbonização.

Propriedades	Temperatura °C	Espécies					
		Leucena	C. U%	Catingueira	C. U%	Pereira	C. U%
Densidade aparente g/cm ³	350	0.35	3.27	0.55	6.56	0.45	3.85
	450	0.33	8.02	0.52	3.33	0.42	2.38
	550	0.32	1.79	0.52	1.12	0.44	1.30
	750	0.36	1.62	0.58	2.65	0.50	1.16
Densidade verdadeira g/cm ³	350	1.22	0.00	1.30	0.00	1.20	0.00
	450	1.35	3.25	1.27	7.25	1.24	5.13
	550	1.44	1.55	1.57	7.72	1.39	5.41
	750	1.39	2.65	1.64	7.39	1.57	7.72
Porosidade %	350	71.04	1.33	57.69	4.80	62.50	2.31
	450	75.46	3.25	58.96	7.06	67.39	5.11
	550	76.63	1.55	66.95	4.18	68.35	3.10
	750	75.20	2.65	64.67	5.43	68.25	3.22
Percentual de finos abaixo de 12 mm. %	350	6.07	6.86	11.70	6.20	9.33	8.11
	450	7.33	4.17	14.37	6.65	11.93	3.87
	550	8.73	3.50	13.91	2.51	13.60	6.41
	750	7.33	16.44	10.20	7.07	9.30	6.32

elevação da temperatura de carbonização. As médias do teor de carbono fixo, de 75.57% para a leucena, 71.53% para a catingueira e 69.42% para o pereiro, encontram-se na faixa dos valores de carvão vegetal utilizado em usinas siderúrgicas.

4. O teor de cinzas foi influenciado pela temperatura de carbonização e pela espécie que originou o carvão vegetal. Os resultados encontrados, entre 4.31 a 8.86% são altos quando comparados com dados fornecidos pela literatura.

5. O poder calorífico sofreu influencia significativa apenas pela espécie vegetal que originou o carvão vegetal, não havendo influencia da temperatura e carbonização.

6. As densidades aparente e verdadeira e o percentual de finos foram influenciados pela temperatura de carbonização e pela espécie que originou o carvão.

7. Para as condições que foram realizadas as carbonizações a leucena apresentou as melhores propriedades químicas entre as tres espécies testadas: maiores teores de carbono total e fixo, menor teor de cinzas e percentual

de finos abaixo de 12 mm e maior poder calorífico.

Este fato demonstra que a espécie apresenta condições de ser utilizada como matéria-prima nas mais diversas aplicações energéticas, inclusive a indústria siderúrgica.

8. Pelo exposto acima, recomenda-se maiores incentivos para reflorestamento com a leucena, com o intuito de aumentar a massa destinada para fins energéticos, obtendo um producto mais homogêneo e de propriedades conhecidas com a utilização de uma só espécie e, conseqüentemente, levar a preservação da flora nativa que vem sendo devastada com o aumento das necessidades de geração de energia.

5. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS:

1. BARBOSA, J. A. *Avaliação qualitativa e quantitativa do carvão e condensados produzidos na carbonização da madeira de algaroba (Prosopis juliflora D. C.)*. Viçosa,

1986. 52p. Dissertação, Master Science, Universidade Federal de Viçosa.

2. BRAGA, R. *Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará*. 3a. ed. Fortaleza, Escola Superior de Mossoró, 1976, 540p.

3. COUTINHO, A. R. *Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de Eucalyptus saligna e temperatura de carbonização*. Piracicaba, 1984. 76. Dissertação, Master Science. Universidade de São Paulo.

4. DUQUE, J. G. *Solo e água no polígono das secas*. 5. ed. Mossoró, 1980.

5. FARIA, W. L. *Ajurema - preta (Mimosa hostilis Benth) como fonte energética do semi-árido do Nordeste - Carvão*. Curitiba, 1984. Dissertação, Master Science, Universidade Federal do Paraná.

6. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Leucaena: Promising forage and*

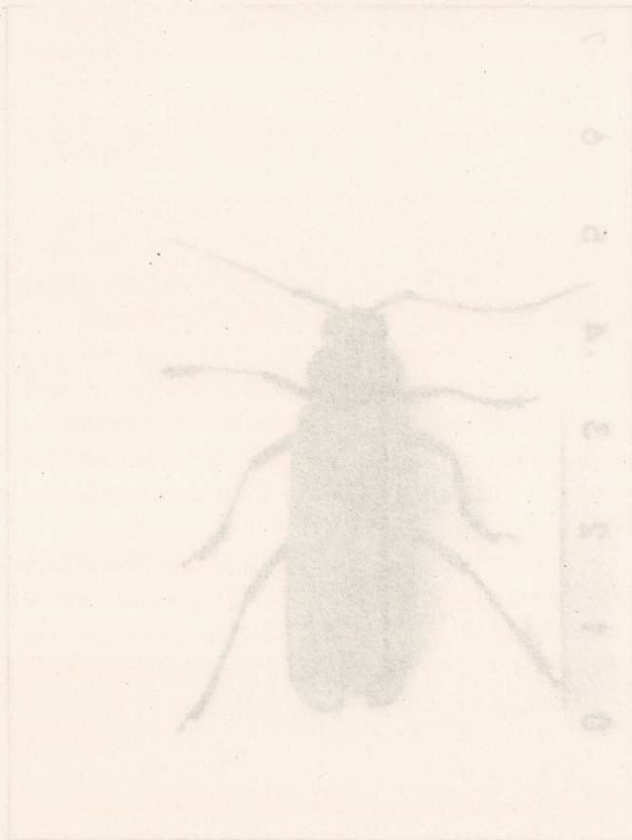
three crop for the tropics. Washington, D. C., 1977. 115p. ilustr.

7. OLIVEIRA, J. B. et alii. Caracterização e otimização do processo de fabricação vegetal em fornos de alvenaria. In: CETEC. *Carvão vegetal*. Belo Horizonte, 1982. p103 - 130. (SPTO 06).

8. Produção de carvão vegetal, aspecto técnico. In: CETEC. *Produção e utilização de carvão vegetal*. Belo Horizonte, 1982 - p. 59 - 74. (SPT 008).

9. OLIVEIRA, L. T. & ALMEIDA, M. R. Controle e qualidade de carvão vegetal. In: ABM. *Carvão e coque aplicados a metalúrgica*. Belo Horizonte, 1979. 48p.

10. PAULA, I. E. & ALVES, J. J. H. Estudos das estruturas anatómicas e, de algumas propriedades físicas de 14 espécies em áreas de caatinga. *Brasil florestal*, 19 (43): 47 - 58. 1980.



* Adulto de *Diposchema rufundicollis* (Sevillie)

* Cátedra Entomología Forestal

Descripción del insecto
Larvas: De color blanco, cabeza oscura,
forma cilíndrica (Cerambycoforma). En su últi-
mo estadio larval mide 60 mm de largo por 6-
7 mm de diámetro. Protorax más desarrollado
que los segmentos posteriores.

Pupas: Capullo de 8 a 12 mm de largo,
situado en un orificio elíptico dentro de la
galera.

Adultos: Miden aproximadamente 3,5 cm
de largo por 0,6 a 0,7 cm de ancho. cuerpo
alargado, con cabeza, tórax y patas negras;
élitros de coloración parduzca con líneas cas-
taño oscuro; antenas más cortas que la longi-
tud del cuerpo, de color amarillo. Nótese la
presencia de pelos en casi todas las partes del
cuerpo.

Ciclo Biológico: Oviposición: La hembra
ovipone durante los meses diciembre a abril
sobre el extremo de las ramas, haciendo pe-
queñas incisiones.

Período de incubación: Aproximadamente 31
a 35 días.

Período larval: Aproximadamente 6 meses.
Período pupal: Aproximadamente 70 días.

Período de adulto: Aproximadamente 20 a 45
días.

Duración del ciclo biológico: Entre 10 a 12
meses.