

Avaliação físico-química do carvão de cachamorra (*Sclerolobium paniculatum vogel*) e pau-terra de folha larga (*Qualea grandiflora mart.*)

Terra, Teddy Diogo Rios

Resumo

Um grave problema enfrentado pelo setor siderúrgico é qualidade do carvão vegetal, recorrente da matéria prima empregada no processo. Assim, este trabalho objetivou estudar a viabilidade das madeiras de cachamorra (*Sclerolobium paniculatum vogel*) e pau-terra de folha larga (*Qualea grandiflora mart.*) para a fabricação de carvão vegetal com características propícias para uso na siderurgia. Os resultados obtidos apontaram que a *Sclerolobium paniculatum* Vogel e *Qualea grandiflora* Mart obtiveram rendimento gravimétrico de 30% e 26% respectivamente, ademais a qualidade do carvão proveniente dessa espécie apresentou um teor de materiais voláteis de 26% e 21% na qualificação do carvão vegetal.

Termos para indexação: cerrado, carvão vegetal, energia da biomassa, madeira.

Abstract

A serious problem faced by the steel industry is the quality of charcoal derived from the raw material used in the process. The objective of this work was to study the feasibility of the cachamorra wood (*Sclerolobium paniculatum vogel*) and broad-leafwood (*Qualea grandiflora mart.*) in charcoal production with suitable characteristics to be applied in the steel industry. The results indicated that *Sclerolobium paniculatum* Vogel and *Qualea grandiflora* Mart obtained a gravimetric yield of 30% and 26% respectively. In addition, the quality of the coal from these species presented content of volatile materials of 26% and 21% in the charcoal classification.

Keywords: cerrado (savanna), charcoal, biomass energy, wood.

Resumen

Un grave problema enfrentado por el sector siderúrgico es calidad del carbón vegetal, recurrente de la materia prima empleada en el proceso. Así, este trabajo objetivó estudiar la viabilidad de las maderas de cachamorra (*Sclerolobium paniculatum vogel*) y palo de tierra de hoja ancha (*Qualea grandiflora mart.*) Para la fabricación de carbón vegetal con características propicias para uso en la siderurgia. Los resultados obtenidos apuntaron que la *Sclerolobium paniculatum* Vogel y *Qualea grandiflora* Mart obtuvieron rendimiento gravimétrico de 30% y 26% respectivamente, además la calidad del carbón proveniente de esa especie, presentó un contenido de materiales volátiles de 26% y 21% en la calificación del carbón vegetal.

Palabras clave: cerrado, carbón vegetal, energía de la biomassa, madera.

INTRODUÇÃO

A demanda por energia nos dias de hoje é uma realidade que está atingindo a humanidade cada vez mais. Com isso a busca por fontes alternativas de energia é crescente e tem levado à procura por outros combustíveis, como é o caso do carvão vegetal (LIMA *et al.*, 2014).

A implantação de florestas para a produção de carvão vegetal tem sua viabilidade determinada por fatores como a adaptabilidade da espécie aos locais de plantio, e sua capacidade de produzir matéria prima de qualidade, com boa produtividade em um curto espaço de tempo (VITAL *et al.*, 1985).

A utilização do carvão vegetal apresenta vantagens em relação ao uso do coque metalúrgico. O derivado de carvão mineral, além de ser um combustível não renovável, libera enxofre durante a queima produzindo um gás nocivo para a vida humana, podendo contribuir para a formação de chuva ácida. Além disso, o plantio de florestas pode compensar a emissão dos gases de efeito estufa liberados nos altos-fornos durante a queima da madeira para a produção do carvão vegetal, contribuindo na captura do CO₂ emitido na atmosfera, em quantidades superiores as emitidas pelo processo, tornando assim nula a emissão de gases para a atmosfera (MORELLO, 2009).

A madeira para produção de carvão vegetal apresenta características diferentes daquelas necessárias para produção de energia por combustão direta (QUIRINO *et al.*, 2005). Fatores como a composição química da madeira, teores de lignina, extrativos e umidade, além de variações no processo de carbonização como temperatura de carbonização, tempo de residência e temperatura máxima do processo influenciam diretamente na qualidade do carvão vegetal (TRUGILHO, 1995). Visto que, o mesmo representa cerca de 40% dos custos de produção na indústria siderúrgica (SANTOS, 2008).

Um grave problema enfrentado pela indústria siderúrgica brasileira é a heterogeneidade do carvão vegetal e o baixo rendimento implicado pelos processos de carbonização utilizados atualmente. Porém, a maioria dos estudos realizados no segmento são em níveis laboratoriais e empregam espécies exóticas, principalmente as do gênero *Eucalyptus*, por serem a espécie mais empregadas para essa finalidade (BRIANNE; DOAT, 1985; PINHEIRO, *et al.*, 2005; ROUSSET, *et al.*, 2011).

A elaboração de estudos visando o uso sustentável de espécies oriundas do cerrado *sensu strictu* com potencial energético são de grande importância, principalmente espécies desprezadas por não possuírem uso no setor de processamento de madeira (móveis, madeira serrada, etc.)

(PIRES; MARCATI, 2005). O desenvolvimento de novos estudos na produção do carvão vegetal e a aquisição mais aprofundada de informações e dados dessas espécies, pode promover ganhos financeiros consideráveis, permitindo produzir um carvão vegetal menos friável e com melhores características físico-químicas.

A cachamorra (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) e o pau-terra de folha larga (*Qualea grandiflora* Mart.) são espécies pioneiras típicas do cerrado *sensu stricto*, e se destacam por seu crescimento rápido e madeira densa, além de ocorrerem nos mais variados tipos de solos (Thompson, 2009; Silva Júnior, 2005), mesmo em regiões com solos ácidos e/ou de baixa fertilidade.

O principal uso dessas espécies é para a produção de energia. Uma vez que não se tem relatos de usos para a fabricação de móveis, madeira serrada e outras aplicações para as referidas espécies.

Tendo em vista a falta de informações sobre a cachamorra (*Sclerolobium paniculatum vogel*) e pau-terra de folha larga (*Qualea grandiflora mart.*), este estudo teve como objetivo realizar uma caracterização energética dessas espécies para potencial na produção de carvão, uma vez que suas características ecológicas são favoráveis, como rápido crescimento, resistência a solos ácidos e solos pouco férteis. Além de já estarem adaptadas às nossas características ambientais, tornando-as potencialmente promissoras para trabalhos de melhoramento, visando plantios comerciais para produção de energia.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A principal espécie florestal cultivada para fins industriais no Brasil é o *Eucalyptus* spp. De acordo com a STPC (2012), a produtividade do eucalipto no Brasil é a maior do mundo, e a área ocupada por esse gênero no Brasil ocupa o 6º lugar no ranking mundial (FAO, 2010). Essa alta produtividade se deve a pesquisas de melhoramento genético, que permitiram que o incremento médio anual que era de 25m³/ha em 1990 aumentasse para 40 m³/ha em 2011 (ABRAF, 2013).

O plantio do gênero *Eucalyptus* sp. para produção de carvão vegetal para fins siderúrgicos tiveram início em 1937, a fim de suprirem a demanda dos alto-fornos (MATARELLI et al., 2001). Esses plantios obtiveram um grande aumento (6.000.000 ha) nos anos de 1966 a 1985, por causa da lei de incentivos fiscais. Aos poucos os resultados desses plantios foram ajudando a diminuir a pressão sobre os remanescentes florestais, dada a sua expressiva participação no segmento metalúrgico (ASSIS, 2001; MENDES, 2004; MONTEIRO, 2006; VITAL & PINTO, 2011).

A maior parte da produção de eucalipto no Brasil se concentra na região sudeste (54,2%), onde a maioria das siderúrgicas se encontram (ABRAF, 2013).

Segundo dados da ABRAF (2013), a área de eucalipto plantada para fins industriais atingiu 4,87 milhões de hectares no ano de 2011 e aumentou para 5,1 milhões de hectares em 2012, correspondendo a 76,6% da área florestal plantada no Brasil.

Em 2002, existiam no Brasil cento e onze alto-fornos a carvão vegetal que produziram mais de nove milhões de toneladas de ferro gusa, demandando grande quantidade de carvão vegetal, o que aqueceu o mercado e fez com que o setor crescesse (TIENNE *et al.*, 2004).

Segundo Carneiro (2008), o sistema de produção de carvão vegetal mais utilizado no Brasil é o de fonte interna de calor, embalado por seu baixo custo de instalação e manutenção, o que acaba compensando suas baixas taxas de rendimento gravimétrico. Porém na produção de carvão vegetal proveniente de florestas plantadas, tem sido empregado metodologias como o sistema de carbonização contínua (retorta), que permite a recuperação de gases do próprio processo para geração de calor nos fornos, o que potencializa o processo de carbonização, tornando-o mais rápido e eficaz (BRITO, 1990; FERREIRA, 2000).

Dados da AMS (2007) apontam índices alarmantes sobre o uso de fontes nativas na produção de carvão vegetal, mostrando que a exploração continua em escala crescente, lembrando que a maioria da madeira nativa utilizada na produção de carvão é oriunda de resíduos produzidos pela expansão das fronteiras agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

As árvores de *Sclerolobium paniculatum* Vogel e *Qualea grandiflora* Mart. foram coletadas em uma área de limpeza de pastagens nos municípios tocantinenses de Gurupi e Dueré, com idade média de 7 anos. Foram coletados quatro indivíduos de cada espécie, selecionados de forma aleatória e ao acaso, levando em consideração a presença de cerne e CAP entre 50 e 60 cm. As quatro amostras de *Eucalyptus* sp. utilizadas como testemunha foram obtidas de um plantio localizado no município de Gurupi, com idade de 5 anos e CAP de 75 cm.

Todas as árvores foram abatidas ao nível do solo, sendo retirado um disco com 5,0 cm de espessura da base do tronco de cada indivíduo.

De cada posição do disco (externa, intermediária e central) foram retirados os corpos de prova nas dimensões de 2,0 cm x 2,0 cm x 5,0 cm.

Após a confecção dos corpos de prova, os mesmos foram moídos em um moinho tipo willey e peneirados em peneira com malha de 1 mm. Depois de moídas, utilizou-se 6 g de serragem seca ($103 \pm 2^\circ \text{C}$) de cada amostra no processo de carbonização, colocadas em cadinho tampado e introduzidas em um forno tipo mufla. Com a finalidade de retratar o mais próximo possível o processo de carbonização convencional, realizados em fornos tipo rabo-quente, a carbonização foi adaptada Assis et al. (2012) e ocorreu em marcha de $4,5^\circ \text{C}/\text{minuto}$, levando 1 hora e 40 minutos até atingir a temperatura de 450°C , permanecendo por mais 30 minutos a esta temperatura.

Para a determinação do rendimento gravimétrico (%RG), usou-se a seguinte equação:

$$\% \text{RG} = \frac{\text{PCS}}{\text{PMS}} \times 100;$$

com as médias de resultados por espécie apresentadas na tabela 1.

Onde, % RG: rendimento gravimétrico; PMS: peso da madeira seca; PCS: peso do carvão vegetal seco ($103 \pm 2^\circ \text{C}$).

Para a determinação do teor de materiais voláteis (TMV), cinzas (TCz) e carbono fixo (TCF) do carvão produzido, foi utilizada a norma AFNOR NF EN 1860-2 (tabela 2).

O experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), sob arranjo fatorial 3×3 (espécies x posições) com quatro repetições, conforme preconizado por Gomes (1985). Os dados foram submetidos à transformação em $\arcsen \sqrt{(x \div 100)}$, pois não atendiam ao princípio da distribuição normal. Para verificar o efeito da variabilidade entre espécies sobre o rendimento gravimétrico, teor de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando identificadas diferenças significativas ($P < 0,05$), aplicou-se o teste comparativo entre médias ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, de acordo com GOMES (1985). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos “softwares” Sisvar e Microsoft Office EXCEL 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância com as estimativas dos quadrados médios para as características avaliadas. Foram encontradas diferenças significativas entre as espécies para as características RG ($P < 0,05$), TMV ($P < 0,05$), TCz ($P < 0,05$) e TCF ($P < 0,05$).

Tabela 1 - Análise de variância das variáveis Rendimento Gravimétrico (RG), Materiais Voláteis (TMV), Teor de Cinzas (TCz) e Carbono Fixo (TCF) em três espécies florestais.

F. V.	GL	Quadrado médio			
		RG	TMV	TCz	TCF
Blocos	3	0,00004	0,00001	0,00005	0,00002
Espécies	2	0,00053*	0,00022*	0,0005*	0,0001*
Posição	2	0,01091**	0,02199**	0,00077*	0,01938**
Esp. x posição	4	0,00043**	0,00012*	0,00026**	0,00004 ^{ns}
Resíduo	24	0,0001	0,00011	0,00005	0,00011
Média	--	0,5447	0,4879	0,7574	1,0632
CV (%)	--	1,86	2,16	5,29	0,97

** e *: Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As espécies apresentaram diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) nas quatro características avaliadas, observadas pela fonte de variação “posição” (tabela 1).

As variáveis RG ($P < 0,01$), TMV ($P < 0,05$), e TCz ($P < 0,01$) apresentaram diferenças significativas, com exceção do teor de carbono fixo (TCF) para a interação entre as espécies e a posição de retirada dos corpos de prova. De acordo com Mendes *et al.* (1982) e Marcos (1997), o teor de carbono fixo varia de acordo com a temperatura máxima de carbonização, sendo a mesma, a maior influenciadora do seu percentual no carvão vegetal. Por esse motivo pode não ter sido encontrada diferença significativa entre as espécies para a variável TCF uma vez que, todas as amostras foram carbonizadas sobre a mesma marcha de carbonização (tabela 1).

Observando-se as médias apresentadas na tabela 2 e 3, verifica-se considerável variabilidade entre as três espécies estudadas para caracteres de rendimento gravimétrico (RG) e materiais voláteis (TMV). Nas três posições avaliadas, observou-se também, essa variabilidade.

Tabela 2 - Teste de média na variável Rendimento Gravimétrico (RG) em três espécies florestais.

ESPÉCIES	RG (%)		
	EXTERNA	INTERMEDIÁRIA	CENTRAL
<i>Eucalyptus</i> sp.	25,44 Ba	25,20 Ba	23,50 Cb
<i>Sclerolobium paniculatum</i> V.	29,99 Aa	28,92 Ab	30,01 Aab
<i>Qualea grandiflora</i> Mart	25,97 Ba	25,76 Ba	25,96 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não se diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação ao rendimento gravimétrico, a *Sclerolobium paniculatum* Vogel apresentou as maiores médias, com maior rendimento observado na região do central, devido a essa ser a sua área de maior densidade.

Tabela 3 - Teste de média na variável Material Volátil (MV) em três espécies florestais.

	MV (%)		
	EXTERNA	INTERMEDIÁRIA	CENTRAL
<i>Eucalyptus</i> sp.	19,27 Ba	19,12 Ca	18,78 Ba
<i>Sclerolobium paniculatum</i> V.	26,64 Aa	26,19 Aa	25,58 Aa
<i>Qualea grandiflora</i> Mart	20,49 Ba	20,97 Ba	20,60 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não se diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A *Qualea grandiflora* Mart e o *Eucalyptus* sp. apresentaram resultados semelhantes para a variável RG e para a variável TMV, principalmente na posição externa ao cerne, onde essa semelhança pode estar relacionada às características químicas das duas madeiras. Resultados similares foram verificados por VALE *et al.* (2010), os quais observaram na quantificação das características químicas dessas espécies valores de lignina e holoceluloses semelhantes. Vale; Felfili (2005) avaliando a distribuição da biomassa e o potencial para produção de energia em uma região de cerrado encontraram que *Sclerolobium paniculatum* Vogel está entre as melhores árvores para produção de biomassa e alto poder calorífico, com potencial para plantio comercial e manejo sustentável.

De acordo com a tabela 4, as três espécies apresentaram diferenças significativas no teor de cinzas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Teste de média na variável Teor de Cinzas (TCz) em três espécies florestais.

	TCz (%)		
	EXTERNA	INTERMEDIÁRIA	CENTRAL
<i>Eucalyptus</i> sp.	1,81 Aa	1,72 Aa	1,69 Aa
<i>Sclerolobium paniculatum</i> V.	1,47 Cb	1,65 ABa	1,71 Aa
<i>Qualea grandiflora</i> Mart	1,48 Ba	1,55 Ba	1,68 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não se diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na posição central as espécies não diferiram ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey para o teor de cinzas, devido à essa ser a área de maior concentração de elementos não-orgânicos da madeira (VALE *et al.*, 2010).

O *Eucalyptus* sp. apresentou as maiores médias de teor de cinzas entre as três espécies, esse fato se dá devido às madeiras do cerrado serem mais densas (Brito; Barrichelo, 1977) e propiciarem um carvão com alto poder calorífico e baixos teores de cinzas.

Tabela 5 - Teste de média na variável Teor de Carbono Fixo (TCF) em três espécies florestais.

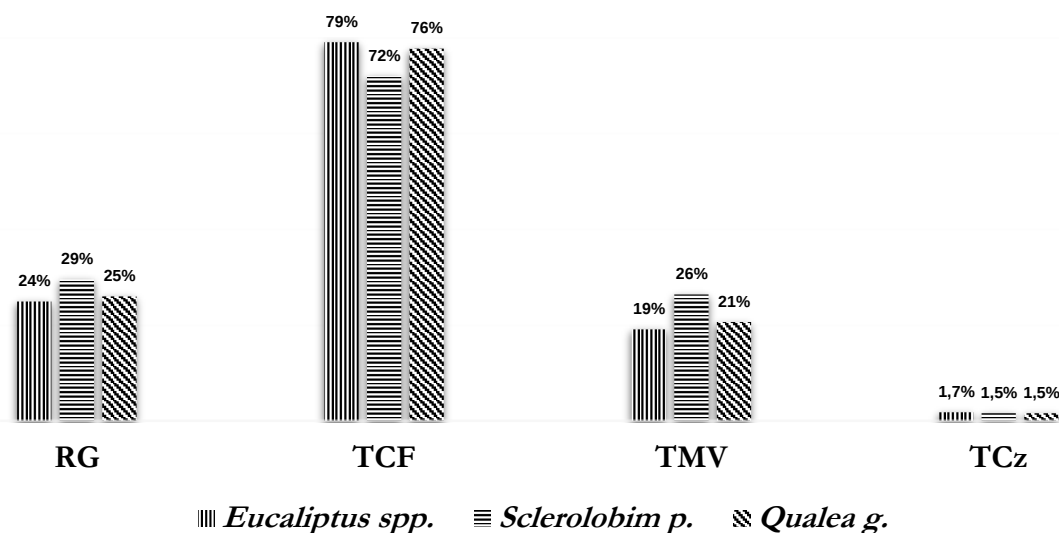
	TCF (%)		
	EXTERNA	INTERMEDIÁRIA	CENTRAL
<i>Eucalyptus</i> sp.	78,90 Aa	78,15 Aa	79,51 Aa
<i>Sclerolobium paniculatum</i> V.	71,88 Ba	72,14 Ca	72,71 Ba
<i>Qualea grandiflora</i> Mart	78,01 Aa	77,47 Ba	77,71 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não se diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando a variável carbono fixo (TCF) na tabela 5, podemos observar que o *Eucalyptus* sp. e a *Qualea grandiflora* Mart não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey nas posições externa e central. O fato da *Sclerolobium paniculatum* Vogel ter apresentado menor TCF foi devido a sua densidade ser superior à das outras espécies (VALE *et al.*, 2002). Pois, madeiras mais densas requerem um processo de carbonização mais lento, com temperaturas mais elevadas e maior tempo de residência no processo exotérmico.

Os carvões obtidos a partir de madeiras do cerrado apresentaram teores de materiais voláteis superiores aos teores observados no *Eucalyptus* sp. tendo a cachamorra (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) apresentado os maiores valores. Estudos realizados por Brito; Barrichello (1982) explicam esse menor teor de carbono fixo e maior teor de materiais voláteis devido à alta densidade das espécies do cerrado, que requerem um processo de queima mais lenta, implicando em um maior tempo de residência dentro dos aparelhos de queima.

Figura 2. Rendimento gravimétrico, teor de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo de *Sclerolobium paniculatum* Vogel (cachamorra), *Qualea grandiflora* Mart. (pau-terra de folha larga) e *Eucalyptus* sp. RG: Rendimento gravimétrico; TCF: percentual de carbono fixo contido no carvão; TMV: percentual de materiais voláteis presentes no carvão; TCz: percentual de cinzas.



Observa-se nos resultados, que a cachamorra (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) e a *Qualea grandiflora* Mart (pau-terra de folha larga) apresentaram rendimento gravimétrico superior à média do *Eucalyptus* sp., tendo a *Sclerolobium paniculatum* Vogel apresentado maior rendimento dentre as três espécies avaliadas.

Em concordância com os resultados obtidos, Vale *et al.* (2010) ao avaliarem cinco espécies do cerrado, obtiveram rendimentos semelhantes, com médias de rendimento gravimétrico obtidas entre 25% e 29%.

Azevedo *et al.* (2013) em estudos de rendimento gravimétrico com madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, obtiveram médias entre 24% e 28%, valores semelhantes ao rendimento médio de 24% obtido pelo *Eucalyptus* sp. no atual experimento.

Os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo observados nas espécies do cerrado assemelham-se aos encontrados por Oliveira *et al.* (2006), que variaram de 25 a 29% para materiais voláteis, de 1,0 a 1,9 % de cinzas, e de 70 a 74% para carbono fixo.

Verifica-se na figura 2 um comportamento inversamente proporcional para as variáveis de teores de materiais voláteis e de carbono fixo, que pode ser atribuído aos teores de lignina já encontrado nessas espécies (COLLET, 1955). Já os teores de cinzas para as espécies do cerrado não diferiram ao nível de 5% de significância. Entretanto, os percentuais dos teores de cinzas

para as espécies do cerrado foram inferiores aos encontrados para o carvão proveniente da testemunha. Sendo assim, podemos inferir que os carvões produzidos a partir das espécies do cerrado apresentaram boas características energéticas, uma vez que, quanto menor o teor de cinzas observado, maior será o seu poder calorífico, pois as cinzas não participam do processo de combustão (REIS *et al.*, 2012).

Estes parâmetros, associados ao baixo teor de cinzas produzidos pelas espécies do cerrado, conferem ao carvão produzido boas características energéticas, como já descrito por FARIA (1984), MIRANDA (1989), OLIVEIRA (2003) e OLIVEIRA *et al.* (2006).

CONCLUSÕES

O carvão produzido a partir da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel apresentou maior rendimento gravimétrico e menor percentual de cinzas dentre as três espécies estudadas.

O carvão proveniente da *Qualea grandiflora* Mart. apresentou rendimento gravimétrico superior ao *Eucalyptus sp.* com taxa de materiais voláteis semelhantes, taxa de materiais voláteis e teor de cinzas semelhante a *Sclerolobium paniculatum* Vogel.

Os resultados obtidos para as duas espécies do cerrado avaliadas lhes asseguram alto potencial energético em função dos resultados obtidos, principalmente pelo rendimento gravimétrico e teores de cinzas observados.

Em função do elevado rendimento gravimétrico, baixo teor de cinzas e elevada capacidade de produção de biomassa, a *Sclerolobium paniculatum* Vogel apresenta grande potencial para a produção de carvão vegetal, principalmente para fins siderúrgicos.

REFERÊNCIAS

AMS - ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. *Anuário estatístico da AMS 2007*. Disponível em: < <http://www.abracave.com.br/anuario.htm> >. Acesso em: outubro de 2017.

ASSIS, M. R.; PROTÁSIO, T. P.; ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimento do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Pesquisa Florestal Brasileira* – Colombo, v. 32, n. 71; p. 291, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS-ABRAF. *Anuário estatístico da ABRAF 2013*. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 10 de janeiro 2014.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 2, p.120-133, jul./dez. 2017.

Terra, Teddy Diogo Rios

Avaliação físico-química do carvão de cachamorra (Sclerolobium paniculatum vogel) e pau-terra de folha larga (Qualea grandiflora mart.)

ALHO, C. J. R. Desafios para a conservação do Cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: MMA, p. 367-381, 2005.

ASSIS, J. B. A Política Florestal em Minas Gerais. In: *Biomassa: Energia nos Trópicos em Minas Gerais*. 2001. p. 115 a 131.

AZEVEDO, C. H. S.; SANTOS, F. G.; ANDRADE, L. V. O.; SILVA, A. G.; SANTOS, F. E. V. Influência da temperatura final de carbonização e da taxa de aquecimento no rendimento gravimétrico e teor de cinzas do carvão de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v. 9, n. 16; p. 1279, 2013.

BRIANNE, D.; DOAT, J. Guide technique de la carbonisation. Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie - *Association Bois de Feu* - Centre technique forestier tropical, 180 p., 1985.

BRITO, J. O. *Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira*. Documentos florestais, v. 9, p. 1-19, mai. 1990.

CARNEIRO, A. C. O. *Produção de carvão vegetal: Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal*. Universidade Federal de Viçosa, 2008. (Apostila de curso ministrado: UFV).

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. *GIPB 2007*. Disponível em: <http://www.fao.org/gipb>. Acesso em: outubro de 2017.

FARIA, W. L. F. *A jurema preta (Mimosa hostilis Benth) como fonte energética do Semiárido do Nordeste – Carvão*. 1984. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

FERREIRA, O. C. *Emissão de gases de efeito estufa na produção e consumo do carvão vegetal*. N. 21, 2000. Disponível em: <http://ecen.com/eee21/emiscar2.htm>. Acesso em: outubro de 2017.

GOMES, F. P. *A estatística moderna na pesquisa agropecuária*. Piracicaba: Potafos, 1984.

LIMA, M. T. da S. L.; SOUZA, M. C.; FLORES, T. S.; CRUZ, N. G. da S.; DIAMANTINO, H. D.; BARROSO, L. A.; ROCHA, B. A.; SOUZA, R. L. M.; RAMOS, P. C.; MACEDO, M. H. M. Sobre a Situação Energética Brasileira: De 1970 a 2030. *Revista ciência e natura*, v. 37, p. 06-16, Santa Maria – RS, 2014.

MATARELLI, F. A.; LOPES, L. E. F.; CASTRO, L. F. A. Siderurgia a carvão vegetal. In: *Biomassa: Energia nos Trópicos em Minas Gerais*. 2001. P. 145 a 161.

MENDES, J. B. *Incentivos e Mecanismos financeiros para o Manejo Florestal Sustentável na Região Sul do Brasil*. FAO-Food and Agricultural Organization of the United Nations. Curitiba: 2004. 136 p.

MIRANDA, G. *Potencial energético de três espécies florestais da Região Semiárida do Nordeste do Brasil*. 141p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

Terra, Teddy Diogo Rios

Avaliação físico-química do carvão de cachamorra (Sclerolobium paniculatum vogel) e pau-terra de folha larga (Qualea grandiflora mart.)

MONTEIRO, M. D. A. Em busca de carvão vegetal barato: o deslocamento de siderúrgicas para a Amazônia. *Novos Cadernos NAEA- Núcleo de Altos Estudos da Amazônia*, Belém, v. 9, n. 2, p. 55-97, dez. 2006.

OLIVEIRA, E. *Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no Semiárido Nordestino*. 2003. 122f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; DELLA LUCIA, R. M.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 311-318, 2006.

PINHEIRO, P. C. C.; FIGUEIREDO, F. J.; SEYE, O. A influência da temperatura e taxa de aquecimento da carbonização nas propriedades do carvão vegetal de Eucaliptus. *Biomassa & Energia*. Botucatu, v. 2, n. 2, p. 159-168, 2005.

PIRES, I. P.; MARCATI, C. R. Anatomia e uso da madeira de duas variedades de *Sclerolobium paniculatum* Vogel do sul do Maranhão, Brasil. *Acta botânica brasileira*, nº 19(4). p. 669-678. 2005

REIS, A. A.; PROTÁSIO, T. P.; MELO, I. C. N. A.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 32, n. 71, p. 277-290, 2012.

RIBEIRO, J. F. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: MMA, p. 383-399, 2005.

RODRIGUES, M. T. A biodiversidade dos cerrados: conhecimento atual e perspectivas, com uma hipótese sobre o papel das matas galerias na troca faunística durante ciclos climáticos. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: MMA, p. 235-246, 2005.

ROUSSET, P.; FIGUEIREDO, C.; SOUZA, M. D.; QUIRINO, W. Pressure effect on the quality of eucalyptus wood charcoal for the steel industry: A statistical analysis approach. *Fuel Processing Technology*, v. 92, n. 3, p. 1890–1897, 2011.

SILVA, M. G. da; NUMAZAWA, S.; ARAUJO, M. M.; NAGAISHI, T. Y. R.; GALVÃO, G. R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas. *Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA*. V. 37(1), p. 61 – 70, 2007.

SILVA JUNIOR, M. C. 100 Árvores do Cerrado – Guia de Campo; colaboradores Gilmar Correia dos Santos...[et.al.]. Brasília, Ed. Rede de Sementes do Cerrado. 278p. 2005.

STCP. *Competitividade no Setor Florestal*. 2012. Disponível em: <http://www.stcp.com.br/upload/fck/joesio_competitividade_bracelpa_19MAR.pdf>. Acesso em: 11 outubro 2017.

THOMPSON, R. M. *ESTIMATIVAS DE VOLUME, BIOMASSA E CARBONO PARA O CARVOEIRO (Sclerolobium paniculatum Vog. var. subvelutinum Benth)*. Dissertação de mestrado em ciências florestais. Publicação PPGEFLDM-108/09, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 64p. 2009.

TIENNE, L.; DESCHAMPS, M. C.; ANDRADE, A. M. Produção de carvão vegetal e subprodutos da pirólise da casca e do bagaço da laranja (*Citrus sinensis*). *Revista biomassa e energia* vol. 1, n. 2, p. 191–197, 2004.

TRUGILHO, P. F. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus*. 1995. 160 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VALE, A. T., BRASIL, M. A. M., LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

VALE, A. T.; FELFILI, J. M. Dry biomass distribution in a cerrado *sensu stricto* site in central Brazil. *Revista Árvore*, v. 29, n. 5, p. 661-669, 2005.

VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relação entre as propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies do cerrado. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 137-145, 2010.

VITAL, B. R.; FILHO, J. G. B.; VALENTE, O. F. Efeito da idade da árvore sobre o rendimento gravimétrico e teor de carbono fixo de carvão de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*. V. 9(2), p. 180-185, 1985.

VITAL, M. H. F.; PINTO, M. A. C. *Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil*. BNDS setorial 30, p. 237-297, 2011.

1 Teddy Diogo Rios Terra possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Tocantins (2014), mestrado em Ciências Florestais e Ambientais (2015). Professor convidado do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Tocantins – UFT no campus de Gurupi (2015-2016). Com experiência na área de recursos florestais e engenharia florestal, com ênfase em Ciência e Tecnologia da Madeira, atuando principalmente com energia da biomassa e madeira como bioproduto. Trabalha atualmente como identificador botânico no Inventário Florestal Nacional, pela empresa Kruger Florestal.