

PROPRIEDADES ENERGÉTICAS DA MADEIRA E DO CARVÃO DE PARICÁ (*Schizolobium amazonicum*)¹

Graziela Baptista Vidaurre², Angélica de Cássia Oliveira Carneiro³, Benedito Rocha Vital³, Rosimeire Cavalcante dos Santos⁴ e Mara Lúcia Agostini Valle⁵

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial energético da madeira e do carvão de *Schizolobium amazonicum* (paricá). As árvores foram coletadas na região de Dom Eliseu, PA, nas idades de 5, 7, 9 e 11 anos, e seccionadas em quatro toras de 2,7 m cada. Pela análise termogravimétrica da madeira, determinou-se a perda de massa em função da temperatura. O poder calorífico superior foi obtido de acordo com a norma NBR-8633. Determinaram-se, ainda, o rendimento gravimétrico em carvão e sua composição química imediata. Observou-se efeito significativo da idade e da posição no tronco apenas na faixa de temperatura entre 300 e 400 °C. O poder calorífico da madeira foi afetado pela idade das árvores, sendo o maior valor observado aos 5 anos. O rendimento gravimétrico e a composição química imediata do carvão vegetal não foram afetados pela idade.

Palavras-chave: *Schizolobium amazonicum*, Idade e Propriedades energéticas.

ENERGY PROPERTIES OF THE WOOD AND COAL OF PARICÁ (SCHIZOLOBIUM AMAZONICUM) TREE

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the energy potential of wood and coal of *Schizolobium amazonicum* (paricá). The trees were collected in the region of Dom Eliseu – PA, at ages 5, 7, 9 and 11 years and sectioned in four logs of 2.7 m each. By using the thermogravimetric analysis of wood, mass loss as a function of temperature was determined. The higher calorific value was obtained according to NBR-8633 standard. Gravimetric yield in coal and its chemical composition were also determined. There was significant effect of age and height in the log only at the temperature range from 300 to 400°C. The wood calorific value was influenced by the age of trees and the highest value was observed at the age of 5 years. The gravimetric yield and chemical composition of charcoal were not affected by the age of the trees.

Keywords: *Schizolobium amazonicum*, Age and Energetic properties.

1. INTRODUÇÃO

O potencial silvicultural e tecnológico apresentado pelo *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (paricá) tem demonstrado, no decorrer dos últimos anos, a viabilidade dessa espécie para o reflorestamento nas Região Norte e parte da Região Nordeste do país. As características da madeira, apropriada, principalmente

para a produção de compensado, e o crescimento mais rápido que de outras espécies tornaram essa espécie nativa, atualmente a mais plantada no Estado do Pará (MARQUES et al., 2005). A taxa de crescimento do paricá é, em média, de 30 a 35 m³/ha/ano, mesmo sem a adoção de programas de melhoramento, comumente utilizados nos plantios em larga escala no Brasil. Existem em torno de 80.470 ha de paricá plantados no país (ABRAF, 2012).

¹ Recebido em 02.03.2010 e aceito para publicação em 29.03.2012

² Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Brasil. E-mail: <graziela@cca.ufes.br>.

³ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. E-mail: <cassiacarneiro@ufv.br> e <bvital@ufv.br>.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Brasil.

⁵ Doutoranda em Ciência e Tecnologia da Madeira, pela Universidade Federal de Lavras, UFLA, Brasil.

A utilização crescente da madeira do paricá pelas indústrias de lâminas aumenta também a disponibilidade de resíduos decorrentes desse processo de laminação que, normalmente, estão segregados das demais espécies laminadas pelo emprego de um torno laminador específico para a espécie. Isso torna vantajoso o aproveitamento de seus resíduos, por exemplo, para a geração de energia. Esses resíduos estão disponíveis nas formas de lâminas que não atendem aos padrões de qualidade e de um rolo central, denominado rolo-resto ou rolete. O emprego energético de forma eficiente desse material requer o conhecimento de suas propriedades perante a aplicação de calor.

A determinação das faixas de temperaturas em que ocorrem as reações de decomposição térmica da madeira, normalmente, é realizada por termogravimetria, determinando-se a quantidade de massa perdida em função da temperatura aplicada ao material.

A idade da árvore é muito importante, pois determina as características da madeira e, conseqüentemente, dos produtos dela originados. No Brasil, os ciclos dos povoamentos são curtos devido às condições climáticas favoráveis ao rápido crescimento. A madeira do paricá, para ser empregada comercialmente como fonte de geração de energia, demanda pesquisas de caracterização de sua madeira e de seu comportamento perante a degradação térmica. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades energéticas da madeira do paricá em função da idade e da posição longitudinal no tronco e o rendimento gravimétrico em carvão vegetal. Este trabalho faz parte de projeto em que se estuda a caracterização da madeira do paricá em diferentes idades e a viabilidade de produção de diversos tipos de chapas de partículas, polpação semiquímica e produção de papel.

2. MATERIAL E MÉTODO

As árvores foram obtidas em plantios comerciais instalados no município de Dom Eliseu, PA, nas idades de 5, 7, 9 e 11 anos.

As árvores com 5 anos de idade foram coletadas no Município de Itinga do Maranhão (04° 40' e 47° 36'). As árvores com 7 anos foram colhidas na região de Dom Eliseu, PA (04° 12' e 47° 27'), e as com 9 e 11 anos de idade, obtidas no Município de Paragominas, PA (02° 48' e 47° 25'). Todos os plantios possuíam espaçamento de 4 x 4 m. Foram colhidas quatro árvores por idade, as quais foram seccionadas no campo em toras de 2,7 m e identificadas.

As propriedades energéticas foram determinadas em função da idade e da posição longitudinal no tronco (1, 2, 3, 4). Retirou-se um disco na extremidade inferior de cada tora, sendo quatro toras por árvore com quatro discos cada e 16 discos por idade, totalizando 64 determinações.

De cada disco foram retiradas duas cunhas opostas entre si, que, posteriormente, foram transformadas em palitos, moídas em moinho tipo Wiley e classificadas nas peneiras de 40/60 mesh, para o ensaio de termogravimetria, poder calorífico superior, teor de lignina e teor de extrativos.

O poder calorífico superior foi determinado, empregando-se uma bomba calorimétrica adiabática, conforme descrito na Norma NBR 8633/83. Para a determinação do teor de lignina total e dos extrativos (etanol/tolueno e água quente), foi preparada uma amostra composta, não se considerando a posição no tronco, mas apenas a idade das árvores. Foram adotadas as normas TAPPI 222 om-98 (Lignina) e TAPPI 204 om-88 (extrativos). Determinou-se, também, a densidade básica da madeira, em função da idade e posição no tronco, segundo a Norma NBR 7190/97.

Para as análises termogravimétricas, as amostras depois de peneiradas foram secas em estufa a 105 ± 3 °C, por 24 h. As curvas de perda de massa em função da temperatura foram obtidas em termobalança, marca SHIMADZU TGA-50, a partir de aproximadamente 10 mg de serragem, em atmosfera de nitrogênio com vazão constante de 30 mL/min e taxa de aquecimento de 20 °C/min. A partir dos termogramas, procederam-se aos cálculos de perda de massa nos seguintes intervalos de temperatura: 30-100 °C, 100-200 °C, 200-300 °C, 300-400 °C, 400-450 °C e o total da perda de massa até a temperatura de 450 °C. Determinou-se a temperatura na qual a variação instantânea de massa é maior, obtida através da derivada da curva de perda de massa. Para a produção de carvão, preparou-se uma amostra composta e analisou-se apenas o efeito da idade das árvores. As amostras da madeira foram carbonizadas em mufla (150 °C/60 min – 200 °C/60 min – 250 °C/90 min – 350 °C/90 min e 450 °C/60 min), com duas repetições por amostra, totalizando oito carbonizações. Adotou-se essa temperatura final de carbonização, porque se enquadra no intervalo mencionado por Raad (2004), na faixa de 400 a 500 °C, nos processos convencionais

de produção do carvão vegetal. Os gases gerados foram conduzidos para um condensador tubular, com recolhimento do líquido pirolenhoso.

Após a carbonização da madeira, procedeu-se à determinação do rendimento gravimétrico em carvão, líquido pirolenhoso e gases não condensáveis. A composição química imediata foi determinada de acordo com a Norma ABNT NBR 8112/86, com determinação de materiais voláteis, teor de cinza e teor de carbono fixo, em base seca. A determinação da densidade relativa aparente do carvão seguiu a Norma ABNT NBR 9165/95.

O poder calorífico, a composição química da madeira e o carvão vegetal foram avaliados em função da idade, da termogravimetria da madeira em função da idade da árvore e também da posição longitudinal no tronco. O efeito das variáveis experimentais na qualidade da madeira e nas propriedades do carvão vegetal foi interpretado com o auxílio de análise de variância (ANOVA). Quando estabelecidas diferenças significativas, os tratamentos foram comparados entre si, por meio do teste de Tukey a 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS

3.1. Densidade básica e teores de lignina total e extrativos

A densidade básica da madeira de paricá foi afetada pela idade e posição no tronco. Observou-se que a madeira da idade de 5 anos e da posição 1 foi significativamente diferente das demais. A maior densidade básica foi encontrada na idade de 11 anos (Tabela 1).

A idade da árvore não influenciou os teores de lignina total e de extrativos presentes na madeira, sendo os valores médios nas quatro idades de 29,5% e 4,4%, respectivamente.

Tabela 1 – Densidade básica da madeira de *Schizolobium amazonicum*.

Table 1 – Basic density of *Schizolobium amazonicum* wood.

Idade (anos)	Densidade básica (kg/m ³)				Média geral
	Posição no tronco				
	1	2	3	4	
5	260 Ba*	250 Aa	250 Aa	280 Aa	262 A
7	320 Aa	280 Aa	280 Aa	270 Ab	287 AB
9	310 Aa	270 Ab	260 Ab	260 Ab	275 BC
11	360 Aa	270 Ab	280 Ab	290 Ab	303 A

3.2. Poder calorífico superior

A idade da árvore afetou o poder calorífico da madeira, porém não houve efeito decorrente da posição ao longo do tronco (Tabela 2). Na idade mais jovem foi observado o maior valor médio para o poder calorífico superior. Os valores médios variaram de 4.454,81 a 4.652,56 kcal/kg, com tendência de redução com o aumento da idade da árvore.

3.3. Análise termogravimétrica

Analisando a perda de massa da madeira, verificou-se que não houve efeito significativo da interação idade e posição no tronco em nenhum dos intervalos de temperatura avaliados. Contudo, verificou-se efeito isolado da posição ao longo do tronco na perda de massa nas faixas de 100 a 200 °C, 300 a 400 °C e na perda total de massa até a temperatura de 450 °C. A perda de massa no sentido longitudinal ao tronco não mostrou a mesma tendência para essas faixas de temperatura (Tabela 3).

A perda de massa na faixa compreendida entre 300 e 400 °C e a perda total de massa (Tabela 3) nos intervalos de maior perda de massa foram afetadas pela idade das árvores. Nas demais faixas de temperatura, a diferença não foi significativa quanto à idade e posição. Apesar disso, de modo geral, observou-se tendência de maior perda de massa à medida que se aumentou a idade da árvore.

A maior perda de massa até a temperatura de 450 °C foi observada para a idade de 11 anos, não diferindo estatisticamente da idade de 9 anos. A menor perda de massa foi para a idade de 5 anos.

As médias gerais de perda de massa por faixas de temperatura, não se considerando a idade da árvore, estão também sumarizadas na Tabela 3. Para as quatro

Tabela 2 – Poder calorífico da madeira de *Schizolobium amazonicum* em função da idade.

Table 2 – Calorific value of *Schizolobium amazonicum* wood as a function of age.

Idade (anos)	Poder calorífico (kcal/kg)
5	4.652 A*
7	4.534 B
9	4.436 B
11	4.454B

* Médias seguidas pela mesma letra ao longo da mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3 – Perda de massa da madeira de *Schizolobium amazonicum* em função da posição longitudinal ao tronco, da idade e da temperatura.

Table 3 – Mass loss of *Schizolobium amazonicum* wood as a function of height in the log, age and temperature.

Posição no tronco	Perdas de massa (%)		
	100 a 200 °C	300 a 400 °C	Total até 450 °C
1	1, 14 AB*	51, 24 A	78, 80 AB
2	1, 00 B	51, 45 A	78, 63 AB
3	1, 47 A	47, 72 B	77, 81 B
4	1, 04 A	51, 13 A	80, 41 A
Idade (anos)	300 a 400 °C		Total até 450 °C
5	48, 86 B		76, 91 C
7	50, 38 AB		78, 30 BC
9	49, 83 AB		80, 06 AB
11	52,47 A		80, 38 A
Faixas de temperatura (°C)			
30 – 100		9,07	
100 – 200		1,16	
200 – 300		14,89	
300 – 400		50,39	
400 – 450		3,38	
Σ 450		78,91	

* Médias seguidas pela mesma letra ao longo da mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

idades avaliadas, a perda total de massa até a temperatura de 450 °C foi de 78,91%, sendo 50,39% apenas na faixa compreendida entre 300 e 400 °C.

A temperatura de maior perda de massa não sofreu influência da idade e da posição ao longo do tronco (Figura 1). O valor médio geral para as quatro idades estudadas foi de 342,62 °C.

Amostra: Idade de 11 anos.

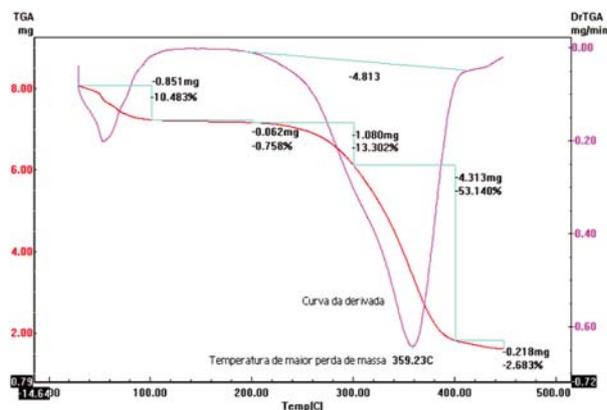


Figura 1 – Curva de perda de massa.

Figure 1 – Mass loss curve.

3.4. Propriedades do carvão vegetal

A idade da árvore não influenciou no rendimento gravimétrico e na composição química imediata do carvão, assim como ocorreu com o poder calorífico superior da madeira. O rendimento gravimétrico em carvão vegetal médio entre as idades foi de 35,2%, a média da densidade aparente do carvão foi de 0,17 (g/cm³), o teor médio de carbono fixo foi de 176,8%, o teor médio de materiais voláteis foi de 24,5% e o teor médio de cinza foi de 1,3%.

4. DISCUSSÃO

De acordo com Bendtsen (1978), Sjöström (1981) e Zobel e van Buijtenen (1989), a madeira juvenil apresenta maiores quantidades de lignina quando comparada com a do lenho adulto. A madeira de paricá, nas condições estudadas, não apresentou essa tendência.

A madeira de menor densidade apresentou o maior poder calorífico médio, enquanto a madeira da árvore com a idade de 11 anos exibiu a maior densidade básica e o menor poder calorífico. Isso mostra que a densidade não possui relação direta com a quantidade de energia contida na madeira e está em acordo com Cunha et al. (1989), que mencionaram não haver correlação entre

a densidade básica e o poder calorífico. Entretanto, quanto maior a densidade, maior a densidade de energia contida por unidade de volume, o que estimula o interesse por madeiras mais densas para a queima, contribuindo para a otimização de transporte e processo. Nesse contexto, a utilização da madeira de paricá para a produção de carvão não seria economicamente muito interessante em função da sua baixa densidade aparente, pois, durante a pirólise, a madeira perde, em média, de 50 a 60% da sua massa inicial, o que resultou em carvão vegetal de densidade aparente média nas quatro idades de 170 kg/m³. Mas a utilização de seus resíduos como fonte de energia podem ser mais bem aproveitados, mediante a otimização das suas propriedades e dos processos de conversão energética.

Cunha et al. (1989) e Jara (1989) afirmaram que o poder calorífico é influenciado pela constituição química da madeira, principalmente pelos teores de lignina e de extrativos. Quando comparados à madeira de eucalipto, comumente utilizada para a geração de energia, os valores obtidos de lignina e extrativos da madeira de paricá foram maiores, o que pode ter afetado o poder calorífico. O poder calorífico médio das quatro idades estudadas foi de 4.544,5 kcal/kg, valor próximo ao de eucalipto mencionado por Quirino et al. (2005), inferior à média encontrada por Vale et al. (2002) em 47 espécies do Cerrado (4.763 kcal/kg) e a obtida por Castilho (1984) em 20 espécies da Amazônia peruana (4.751 kcal/kg).

Lemenih e Bekele (2004), avaliando o efeito da idade no poder calorífico superior da madeira de eucalipto de diferentes espécies plantadas na Etiópia, observaram correlação negativa com a idade da árvore, sendo pequena a diferença entre as idades de 11 e 21 anos nos valores médios do poder calorífico.

Observou-se que a variação nos valores do poder calorífico é maior quando se comparam espécies e pouco variável em relação a diferentes variáveis dentro da espécie, como idade e posição. Vários autores, como Bhat et al. (2001), Lara Palma e Ballarin (2003), Passialis e Kiriazakos (2004), Silva et al. (2005), Gatto et al. (2008), entre outros, apontaram para a relação positiva da idade entre as propriedades anatômicas, físicas e mecânicas da madeira.

Oliveira (2003), estudando as espécies *Cróton sonderianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Aspidosperma pyrifolium* e *Eucalyptus grandis*, observou que a

variação da temperatura de pico entre as quatro espécies foi pequena, portanto não significativa. Essa mesma tendência foi encontrada na madeira de paricá quanto à diferença de idade, exceto nos intervalos de maiores perdas de massa. A temperatura de pico para a madeira de *Eucalyptus grandis* encontrada pela referida autora foi de 369,42 °C, mais alta do que quando comparada com a obtida para a madeira do paricá (342,62 °C), ou seja, a madeira de paricá perde mais massa a uma temperatura mais baixa quando comparada com a madeira de *Eucalyptus grandis*. A degradação térmica teve início em torno de 200 °C, e a maior perda de massa ocorreu na faixa de 300 – 400 °C: 50,39%. Nessa faixa é onde ocorre a maior degradação dos componentes químicos da madeira. Observou-se que a idade teve efeito significativo na perda de massa compreendida na faixa de temperatura de 300 – 400 °C e na perda total de massa, em que as madeiras das idades mais velhas perderam mais massa. Trugillho (1995) não observou diferença significativa nas análises termogravimétricas em nove espécies de eucalipto em diferentes idades.

Oliveira (2003), estudando a utilização da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal em condições similares à deste estudo, obteve valores médios de rendimento gravimétrico em carvão, teor de carbono fixo e teor de cinza de 33%, 72,61% e 0,98%, respectivamente. Os resultados da análise química imediata do carvão de paricá foram similares aos valores médios encontrados para florestas plantadas para fins energéticos no Brasil, como o eucalipto, exceto para o teor de cinza e a densidade aparente.

O teor de cinza obtido foi considerado alto quando comparado com o carvão de eucalipto produzido no Brasil. Para Vital et al. (1986), o teor de cinza no carvão está diretamente relacionado, sobretudo, ao teor de cinza do material carbonizado e, em menor escala, ao teor de extrativo. Oliveira (2003) mencionou que o teor de cinza, assim como sua composição química, pode ser afetado pela disponibilidade de minerais no solo. A densidade do carvão foi baixa e não apresentou tendência de aumento com a idade da árvore

5. CONCLUSÃO

De modo geral, as idades das árvores e as posições ao longo do tronco não afetaram as propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal de paricá.

O poder calorífico da madeira de paricá comparou-se ao poder calorífico da madeira de eucalipto, espécie tradicionalmente empregada para fins energéticos. A madeira de paricá pode ser utilizada na geração de energia, uma vez que seu poder calorífico e as características do carvão vegetal apresentaram valores similares aos de madeiras comumente usadas como combustível. Sugere-se o seu aproveitamento na forma de briquetes, com o intuito de reduzir o efeito negativo da baixa densidade da madeira e, conseqüentemente, do carvão.

6. AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro florestal Edmilson Macedo dos Santos (Bobô) pela oportunidade da primeira autora em conhecer essa espécie ainda na graduação e assim despertado o interesse no estudo das propriedades da madeira do paricá. Ao CNPq; aos engenheiros Luciano Zaneti e Alessandro Lechinoski e ao Grupo Concren pelo fornecimento do material; aos técnicos José Cardoso da Silva, José Maria e José Aristeu, pela preparação da madeira e pelas análises de poder calorífico e da termogravimetria. Aos engenheiros florestais Pedro Gustavo Ulhisses Frederico e Lucimara Brasil pela colaboração na obtenção dos dados.

7. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico** 2012. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf> Acesso: 30 de março de 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Normas técnicas NBR 8633**. Brasília: 1983. Não Paginado.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Normas técnicas NBR 9165**. Brasília: 1995. Não Paginado.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Normas técnicas NBR 7190**. Brasília: 1997. Não Paginado.
- BENDTSEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest Products Journal**, v.28, n.10, p.61-71, 1978.
- BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterization of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, v.34, p.517-532, 2001.
- CASTILHO, E.; ALZOLA, A. Utilizacion de biomasa: determinacion del poder calorifico de los conos de tres especies florestales cubanas. **Revista Florestal Barcoo**, v.18, n.2, p.117-120, 1988.
- CUNHA, M. P. S. C. et al.. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3., 1989, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 1989. v.2. p.93-121
- GATTO, D. A. et al. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.535-540, 2008.
- JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica, 1797).
- LARA PALMA, H. A.; BALLARIN, A. W. Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, n.64, p.13-22, 2003.
- LEMMENIH, M.; BEKELE, T. Effect of age on calorific value and some mechanical properties of three Eucalyptus species grown in Ethiopia. **Biomass e Bioenergy**, v.27, p.223-232, 2004.
- MARQUES, T. C. L.; YARED, G. A. J.; SIVIERO, A. M. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.
- OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. 122f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- PASSIALIS, C.; KIRIAZAKOS, A. Juvenile and mature wood proprieties of naturally-grown fir trees. **Holtzforchung**, v.62, p.476-478, 2004.

QUIRINO, W. F. et al.. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, n.89, p.100-106, 2005.

RAAD, T. J. **Simulação do processo de secagem e carbonização do *Eucalyptus spp.*** 2004. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SILVA, J. C. et al.. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden . **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.795-799, 2005.

SJÖSTRÖN, E. **Wood chemistry**. Nova York: Academic Press, 1981. 223p.

THE TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – **TAPPI. Tappi Test Methods**: 1992-1993. Atlanta: 1992.

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

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

VITAL, B. R.; JESUS, R. M.; VALENTE, O. F. Efeito da constituição química e da densidade da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* na produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, v.10, n.2, p.151-160, 1986.

ZOBEL, B.J., VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. New York: Springer-Verlag, 1989. 363p.

