

Potencial energético da madeira de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry

Energy potential of wood of *Pinus tecunumanii*
Eguiluz & Perry

Zaíra Morais dos Santos Hurtado de Mendoza¹

Pedro Hurtado de Mendoza Borges²

Anthony Furlan³

¹ Profa. Dra. Departamento de Engenharia Florestal – FENF/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: zaira@ufmt.br

² Prof. Dr. Departamento de Solos e Engenharia Rural – FAMEV/UFMT. Cuiabá, MT. E-mail: pborges@ufmt.br

³ Eng. Florestal, Cuiabá, MT. E-mail: anthonyfurlan@hotmail.com

RESUMO ABSTRACT

O objetivo deste trabalho foi avaliar algumas propriedades energéticas de *Pinus tecunumanii* Eguluz & Perry visando ao melhor aproveitamento dessa espécie para geração de energia. As amostras de madeira foram obtidas segundo o método de Smalian descrito em Machado (2006), totalizando no final 12 discos com espessura de 4,0 cm. A quarta parte ($\frac{1}{4}$) de cada disco foi transformada, com auxílio de facão, em cavacos com espessura aproximada de 0,5 cm e 4,0 cm de comprimento. Em seguida procedeu-se à homogeneização da amostra misturando-se uma porção igual de sub-amostras, resultando finalmente em uma amostra única, na qual foram realizadas todas as análises. Para a análise física do carvão, adotou-se a metodologia proposta por Oliveira *et al.* (1982), e para a madeira, o método sugerido por Vital (1984). A análise química imediata do carvão vegetal foi realizada conforme o prescrito nas normas ASTM D - 1762 - 64 "Chemical analysis of Wood Charcoal" (reaprovada em 1968) e ABNT NBR 8112/83 (1983) carvão vegetal análise imediata. Com os resultados preliminares obtidos, concluiu-se que as perspectivas sobre a produção de carvão com a madeira de *Pinus tecunumanii*, são animadoras. O alto valor de materiais voláteis encontrados no carvão dessa espécie poderá comprometer seu uso para siderurgia, porém ele poderá ser empregado na queima direta, por apresentar fácil ignição e baixa friabilidade.

*The objective of this study was to evaluate some energetic properties of Pinus tecunumanii Eguluz and Perry in the best use of this wood for energy generation. For this work we used samples of a Pinus tecunumanii tree. The samples were obtained on 12 disks with a thickness of 4.0 cm, according to the Smalian methodology described by Machado (2006). A quarter ($\frac{1}{4}$) of each disk was transformed by helping of a hunting knife in chips with approximate thickness of 0.5 cm and 4.0 cm in length. Then we proceeded to sample homogenization mixing an same portion of sub-samples, finally getting a single sample, which was held all analysis. For the physical analysis of coal adopted the methodology proposed by Oliveira *et al.* (1982), and for the wood, was used the method suggested by Vital (1984). The chemical analysis of charcoal was made as prescribed in ASTM D - 1762 - 64 "Chemical Analysis of Wood Charcoal" (reapproved in 1968) and ABNT NBR 8112/83 (1983) charcoal instantly analysis. According to the preliminary results, it was concluded that the outlook for coal production with Pinus tecunumanii wood, are encouraging. The high value of volatile materials found in this species coal influenced in an value of fixed carbon (66.64%) inadequate for steel, but, he could be employed in other uses that require direct burning, because it is not a very hard coal, easily ignite and little friable.*

PALAVRAS-CHAVE KEY WORDS

Pinus tecunumanii
carbonização
propriedades energéticas

Pinus tecunumanii
carbonization
energetic properties

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro contribui com 3% no PIB, um milhão de empregos diretos e indiretos, envolve mais de 600 municípios e tem um forte apelo social como atividade ambientalmente adequada para a conservação dos solos, dos animais e da água. Medidas com preocupações na área ambiental são adotadas tanto por parte do governo quanto de empresas que buscam, em parcerias, proteger áreas de mananciais, reservatórios de água e outras que tenham como objetivo formar uma consciência ecológica. A consciência ambiental, bem como a produção sustentável de florestas plantadas, faz parte desse contexto (DOSSA; MEDRADO, 2005).

A grande versatilidade das espécies plantadas para crescer e produzir madeira em variados tipos de ambiente, bem como a multiplicidade de usos da sua madeira possibilita a geração desse recurso natural em todo o território nacional, em substituição às madeiras de espécies nativas. O desenvolvimento da tecnologia de utilização da madeira de Pinus e a ampliação das alternativas de uso tornaram essa espécie cada vez mais procurada pelo setor florestal (DOSSA; MEDRADO, 2005).

Desde a década de 70, houve um significativo aumento do plantio de Pinus no Brasil através de reflorestamentos (ABRAF, 2011). Reflexo desse fato pode ser observado na prática pela grande oferta de madeira de espécies do gênero, muitas vezes, sem um consumo certo e bem definido. O carvão produzido a partir do Pinus poderia vir a se constituir em mais uma alternativa para essa matéria-prima de modo a aumentar o seu leque de possibilidades de uso e comercialização (DUBOC *et al.*, 2007).

A madeira é fonte importante de energia para o Brasil, representa 12,9% da oferta total de energia, pouco menos que a oferta de energia produzida por hidroeletricidade (BRASIL, 2006). O consumo de combustíveis de madeira vem crescendo muito, impulsionado pelo aumento da produção de carvão vegetal, que está diretamente relacionado à produção siderúrgica (UHLIG *et al.*, 2008).

Atualmente pouco se sabe sobre a qualidade do carvão proveniente de árvores de alguns tipos de Pinus, pois a grande variedade dessa espécie e o uso bem definido da sua madeira para outros fins são fatores determinantes que dificultam o seu estudo para energia.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar algumas propriedades energéticas de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry visando ao melhor aproveitamento dessa madeira para geração de energia.

MATERIAL E MÉTODOS

O material para pesquisa foi coletado em 8 árvores de um reflorestamento de *Pinus tecunumanii* Eguiluz & Perry com 12 anos de idade, plantadas no espaçamento 2 m x 2 m, localizado no estado de Rondônia (DONADONI, 2010).

As amostras foram obtidas em 12 discos de cada árvore com espessura de 4,0 cm, sendo estes coletados a 0,10; 0,70 e 1,30 m (dap). A partir deste ponto, a coleta foi feita em distâncias de 1,0 m, contemplando toda a altura da árvore. Essa amostragem seguiu a metodologia de Smalian (MACHADO, 2006), e a coleta dos discos foi realizada no ato da derrubada das árvores. Em seguida os discos foram identificados e enviados para análise.

Todos os procedimentos descritos abaixo foram realizados no laboratório de Tecnologia Química de Produtos Florestais, pertencente à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Cuiabá.

Para as análises de carbonização, transformou-se a quarta parte ($\frac{1}{4}$) de cada disco, com auxílio de facão, em cavacos com espessura aproximada de 0,5 cm e 4,0 cm de comprimento. Na sequência, procedeu-se à homogeneização da amostra misturando-se uma porção igual de subamostras, resultando finalmente em uma única amostra.

A determinação do teor de umidade da madeira foi feita em quatro amostras contendo oito cavacos de madeira cada uma. As amostras foram pesadas em balança e, em seguida, levadas para estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, onde permaneceram por 4 horas. Em seguida foram pesadas e determinou-se o teor de umidade conforme a seguinte equação:

$$\text{TU} = \frac{m1 - m2}{m1} \cdot 100$$

onde:

TU = Teor de Umidade da madeira (%);

m1 = Massa inicial dos cavacos de madeira (g);

m2 = Massa final dos cavacos após a estufa (g).

A determinação da densidade básica da madeira foi realizada em duas amostras (cunhas de madeira) utilizando-se o método de imersão em água (H₂O), conforme metodologia proposta por Vital (1984). O tempo de saturação foi de 19 dias para as duas amostras. Com as amostras saturadas, realizou-se o método de imersão em água para a obtenção do volume deslocado. Em seguida as duas amostras foram secas em estufa regulada em 103 ±2°C, onde permaneceram até peso constante. Por fim obteve-se a densidade básica da madeira, dividindo-se o valor da massa seca de cada amostra, pelo seu respectivo volume verde que foi deslocado.

Para a carbonização foram realizadas quatro repetições, de aproximadamente 53 gramas cada uma. O equipamento utilizado para a geração de carvão foi uma mufla modelo ETIL (Eletrotérmica Industrial Etil Ltda.), e a marcha de carbonização adotada foi a de 300 °C de temperatura por um período de tempo de uma hora, não havendo recuperação de voláteis. Após carbonização, o material foi resfriado em dessecador e pesado, determinando-se o rendimento de carvão conforme a equação abaixo:

$$RC = \frac{C}{M} \cdot 100$$

onde:

RC = Rendimento do carvão (%);

C = Massa de carvão (g);

M = Massa dos cavacos de madeira (g).

Em seguida, separaram-se quatro amostras de carvão de cada repetição para a determinação de densidade. O restante de cada amostra foi utilizado para determinação do teor de umidade e da análise química imediata. Esse material foi moído e classificado em peneira de 40 e 60

mesh, utilizando-se as partículas de carvão que passaram pela peneira de 40 mesh e ficaram retidos na peneira de 60 mesh.

Para a análise da umidade do carvão, adotou-se o método da estufa, conforme metodologia proposta por Oliveira *et al.* (1982). Antes da determinação da umidade, as cápsulas de porcelana permaneceram em estufa a 103 ± 2 °C por 24 horas, para a retirada de umidade, em seguida foram resfriadas em dessecador e depois pesadas. Após pesagem das cápsulas com o carvão, as amostras foram levadas à estufa regulada em 103 ± 2 °C, onde permaneceram até peso constante, sendo em seguida determinado o teor de umidade através da seguinte equação:

$$TU = \frac{m1 - m2}{m} \cdot 100$$

onde:

TU = Teor de Umidade do carvão (%);

m1 = Massa do cadinho + massa do carvão com umidade (g);

m2 = Massa do cadinho + massa do carvão sem umidade (g);

m = Massa da amostra ± 1 g.

A determinação da densidade aparente do carvão foi feita em 16 amostras utilizando-se o método de imersão em mercúrio (Hg), conforme metodologia proposta por Oliveira *et al.* (1982). Primeiramente obteve-se o peso de cada amostra e, em seguida, realizou-se o método de imersão em mercúrio para a obtenção do empuxo (peso específico deslocado do carvão). Logo após, dividiu-se o peso específico pela massa específica do mercúrio ($13,6052 \text{ g/cm}^3$), obtendo-se o volume deslocado. A densidade do carvão foi obtida dividindo-se o valor da massa seca do carvão de cada amostra pelo seu respectivo volume deslocado.

A análise química imediata do carvão vegetal foi feita em duplicata utilizando-se um grama de carvão por repetição, conforme prescrito nas normas ASTM D - 1762 - 64 "Chemical analysis of Wood Charcoal" (reaprovada em 1968) e ABNT NBR 8112/83 (1983) carvão vegetal análise imediata.

Para a determinação do teor de materiais voláteis do carvão, utilizaram-se as mesmas amostras da determinação de umidade, os

quais foram tampados e conduzidos à mufla regulada previamente em 950°C. Eles ficaram 5 minutos na entrada da mufla e 6 minutos em seu interior, totalizando 11 minutos de análise para voláteis. Feito isso, as cápsulas foram retiradas da mufla e colocadas em dessecador com sílica, onde ficaram trinta minutos resfriando e, em seguida, foram pesadas em balança analítica, determinando-se o valor dos materiais voláteis através da seguinte equação:

$$TMV = \frac{m2 - m3}{m2} \cdot 100$$

onde:

TMV = Teor de Materiais Voláteis (%);

m2 = Massa de carvão antes da retirada de voláteis;

m3 = Massa de carvão depois da retirada de voláteis.

Para a determinação do teor de cinzas, foram utilizadas as mesmas amostras do carvão vegetal depois da retirada de materiais voláteis. Eles foram conduzidos para dentro da mufla regulada em 750 °C com a porta fechada, onde permaneceram por um período de 4 horas. Em seguida, as cápsulas foram retiradas da mufla e colocadas em um dessecador por trinta minutos, sendo posteriormente pesados em balança analítica. O teor de cinzas foi determinado através da seguinte equação:

$$TC = \frac{m4}{m3} \cdot 100$$

onde:

TC = Teor de Cinzas (%);

m4 = Massa do resíduo (cinzas);

m3 = Massa de carvão depois da retirada de voláteis.

O teor de carbono fixo foi obtido pela diferença entre o teor de materiais voláteis mais o teor de cinza anteriormente obtidos, empregando-se a seguinte equação:

$$\text{TCF} = 100 - (\text{TMV} + \text{TC})$$

onde:

TCF = Teor de Carbono Fixo (%);

TMV = Teor de Materiais Voláteis (%);

TC = Teor de Cinzas (%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, apresentam-se os parâmetros estatísticos para as propriedades avaliadas da madeira e do carvão de *Pinus tecunumanii*. Nessa Tabela, pode-se verificar que houve maior precisão na determinação da umidade, dado pelos baixos coeficientes de variação. No entanto o referido valor foi inferior a 10%, indicando que a precisão de todas as análises foi excelente, conforme a escala proposta por Gomes (1990). Pode-se notar, ainda, que os valores extremos (mínimos e máximos) encontram-se fora do intervalo de confiança para 95% de probabilidade em todas as propriedades avaliadas. Isto significa que esses valores são atípicos, devido meramente ao acaso, e que a maioria dos dados ficou próxima da média.

Tabela 1 –Resumo da estatística descritiva para as propriedades avaliadas

Propriedades e unidades	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV ¹ (%)	IC _{95%} ²
Umidade da Madeira (%)	8,29	8,22	8,34	0,04	0,52	±0,02
Densidade da Madeira (g/cm ³)	0,46	0,40	0,49	0,03	7,00	±0,02
Umidade do Carvão (%)	4,26	4,14	4,35	0,07	1,70	±0,04
Densidade do Carvão (g/cm ³)	0,33	0,30	0,38	0,03	7,64	±0,01
Rendimento em Carvão (%)	26,97	24,57	31,89	2,05	7,62	±1,16

¹ Coeficiente de Variação; ² Intervalo de confiança para 95% de probabilidade.

Segundo Cunha *et al.* (1989), quanto maior o conteúdo de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia em combustão. A madeira de *Pinus tecunumanii* utilizada neste trabalho apresentou baixo

teor de umidade (8,29%) não influenciando significativamente na carbonização, uma vez que já estava seca. O teor de umidade do carvão foi baixo (4,26%), o que poderia conferir-lhe boas propriedades de resistência mecânica gerando inclusive menos finos durante seu manuseio.

As densidades da madeira e do carvão podem observadas na Figura 1. Segundo Oliveira *et al.* (1982), quanto maior a densidade da madeira, maior será a densidade do carvão vegetal produzido. Neste trabalho, tanto a densidade da madeira quanto a do carvão, foram consideradas dentro do esperado para as espécies de *Pinus*. Conforme Panshin e De Zeeuw (1980), a densidade da madeira é uma característica tecnológica herdada pelo vegetal e repassada para os seus subprodutos, ou seja, madeiras com alta densidade irão produzir carvão com alta densidade, e madeiras com baixa densidade irão gerar carvão com baixa densidade.

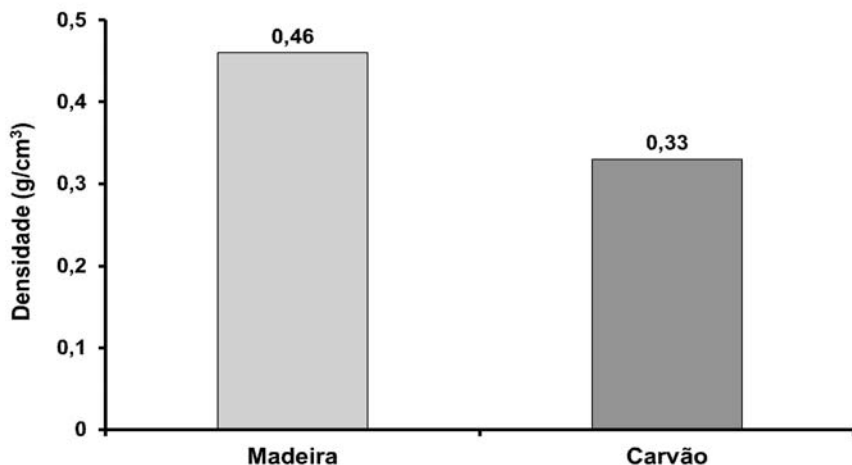


Figura 1 - Valores médios da densidade da madeira e do carvão de *Pinus tecunumanii*

Os valores de densidade obtidos para a madeira e carvão de *Pinus tecunumanii* foram maiores que os obtidos no trabalho realizado por Brito e Nucci (1984) analisando as espécies *Pinus caribaea var. hondurensis*, *Pinus caribaea var. bahamensis* e *Pinus oocarpa*, cujos valores para densidade da madeira foram respectivamente 0,35; 0,34 e 0,40 g/cm³ e de 0,18; 0,18 e 0,22 g/cm³ para a densidade do carvão. Essas

diferenças apresentadas podem estar provavelmente relacionadas com as variações ocorridas entre espécies, idade da árvore, condições edafoclimáticas de cada região, dentre outros.

De acordo com Brito *et al.* (1981), o rendimento em carvão vegetal varia entre 25 e 35%, com base na madeira seca. Analisando-se a Tabela 1, o valor médio do rendimento em carvão (26,97%) se mostrou superior aos valores encontrados por Brito e Nucci (1984) nas espécies: *Pinus caribaea var. hondurensis* (12,9%), *Pinus caribaea var. bahamensis* (10,8%) e *Pinus oocarpa* (11,5%). Porém o rendimento em carvão encontrado neste estudo foi inferior, quando comparado com o trabalho de Brito *et al.* (1978) para a espécie *Pinus elliottii var. elliottii* (33,7%) aos 15 anos de idade. De acordo com Klitzke (1998), temperaturas finais de carbonização, umidade e idade da árvore são fatores determinantes para um maior ou menor rendimento na produção de carvão vegetal.

Os valores médios dos teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo, obtidos a partir da análise química imediata do carvão de *Pinus tecunumanii* são apresentados na Tabela 2. Com base nesta Tabela pode-se afirmar que houve excelente precisão na determinação das propriedades químicas do carvão da referida espécie, pois os coeficientes de variação foram muitos baixos, considerando-se a escala sugerida por Gomes (1990). Pode-se verificar, ainda, que os valores extremos (mínimos e máximos) encontram-se fora do intervalo de confiança para 95% de probabilidade em todas as propriedades avaliadas. Isto significa que esses valores são atípicos e devidos meramente ao acaso, sendo que a maioria dos dados ficou próxima da média.

Tabela 2 - Resumo da estatística descritiva para as propriedades químicas do carvão de *Pinus tecunumanii*

Propriedades químicas	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão (%)	CV ¹ (%)	IC _{95%} ² (%)
Teor de Materiais Voláteis	32,87	30,17	34,52	1,40	4,25	±0,79
Teor de Cinzas	0,49	0,46	0,52	0,02	4,69	±0,01
Teor de Carbono Fixo	66,64	64,97	69,36	1,40	2,11	±0,79

¹ Coeficiente de Variação; ² Intervalo de confiança para 95% de probabilidade.

O valor médio do teor de voláteis encontrado neste trabalho (32,87%) foi superior aos valores relatados por Brito e Nucci (1984) ao estudarem as espécies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (24,9%), *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (24,9%) e *Pinus oocarpa* (25,3%). A alta porcentagem de voláteis, possivelmente ocorreu devido à maior presença de polissacarídeos e menor teor de lignina, presentes nesta espécie. Normalmente quanto maior o teor de materiais voláteis do carvão, menor é a sua capacidade calorífica.

Para o teor de cinzas, o valor médio (0,47%) também foi superior ao das espécies *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (0,3%), *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (0,4%) e *Pinus oocarpa* (0,3%) estudados por Brito e Nucci (1984).

O teor médio de carbono fixo obtido para *Pinus tecunumanii* (66,64%) foi similar ao valor apresentado por Brito *et al.* (1978) para o teor de carbono fixo da espécie *Pinus elliottii* var. *elliottii* (67,2%). Entretanto, para as espécies *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (74,7%), *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (74,8%) e *Pinus oocarpa* (74,4%) estudadas por Brito e Nucci (1984), o teor de carbono fixo foi menor. O valor de carbono fixo encontrado neste trabalho, possivelmente, foi menor, devido à alta porcentagem de materiais voláteis presentes no carvão.

Brito e Barrichelo (1977) relatam que o teor de carbono fixo é uma das propriedades fundamentais para determinação da qualidade do carvão vegetal, quanto maior esse teor, melhor será a qualidade do carvão.

CONCLUSÕES

Com os resultados preliminares obtidos, pode-se considerar que as perspectivas sobre a produção de carvão com madeira de *Pinus tecunumanii*, são animadoras.

Os teores de umidade da madeira e do carvão foram baixos, sendo essas características desejáveis para um bom carvão.

As densidades da madeira e do carvão foram baixas, o que implicaria tanto em um volume maior de madeira para produção de carvão, quanto um maior volume de carvão a ser utilizado.

O alto valor de materiais voláteis encontrados no carvão dessa espécie pode indicar, dentre outras coisas, a presença de muitos car-

boidratos e extrativos na madeira, os quais poderiam ser recuperados e utilizados como um subproduto da carbonização.

O carvão de *Pinus tecunumanii* apresentou baixo valor de cinzas, sendo uma característica favorável, pois mostra que esse carvão não gera muitos resíduos, podendo ser utilizado para queima direta em caldeiras.

Para siderurgia o teor de carbono fixo encontrado no carvão de *Pinus tecunumanii* não seria o ideal, porém ele poderia ser empregado em outros usos que requeiram a queima direta, como para produção de cimento e uso doméstico pelo fato de não ser um carvão muito duro, de fácil ignição e pouco friável.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF). *Anuário estatístico da ABRAF*: ano base 2010. Brasília, 2011. 130 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 8112 Carvão vegetal* - Análise imediata. Rio de Janeiro: ABNT, 1983. 5p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Balço Energético Nacional 2006*: ano base 2005. EPE, Rio de Janeiro, 2006. 192 p. Disponível em: <<http://www.lib.utexas.edu/benson/lagovdocs/brazil/federal/minasenergia/BEN%28Portuguese%292006.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2011.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia. *IPEF – Série Técnica*, Piracicaba, v. 2, n. 5, p. 1-25, mar. 1981. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr05/cap01.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2011.

_____. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 1 Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. *IPEF – Série Técnica*, Piracicaba, n. 14, p. 9-20, 1977. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr14/cap01.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; PONTINHA, A. A. S. Produção de carvão vegetal em escala de laboratório com Madeira de *Pinus*. *IPEF - Boletim informativo especial*, Piracicaba, v. 6, n. 16, p. 111-115, jul. 1978. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/boletim_informativo/bolinf16.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2011.

BRITO, J. O.; NUCCI, O. Estudo tecnológico da madeira de *Pinus spp.* para a produção de carvão vegetal e briquetagem. *IPEF*, Piracicaba, n. 26, p. 25-30,

abr. 1984. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr26/cap04.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2011.

CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3. *Anais...* São Carlos, 1989. v. 2, p. 93-121. Disponível em: <<http://www.funtec.org.br/arquivos/podercalorifico.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2011.

DONADONI, A. X. *Estudo da relação hipsométrica para **Pinus caribaea hondurensis** e **Pinus tecunumanii** no município de Vilhena – Rondônia*. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2010.

DOSSA, D.; MEDRADO, M. J. S. Apresentação e Importância sócio-econômica e ambiental. In: *Cultivo de Pinus*. 1p. Embrapa Florestas, Sistemas de Produção. Novembro de 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/apresentacao.htm>>. Acesso em: 7 out. 2011.

DUBOC, E.; COSTA, C. J.; VELOSO, R. F.; OLIVEIRA, L. S.; PALUDO, A. *Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no cerrado*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 35 p.

GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.

KLITZKE, R. J. *Avaliação do carvão da bracatinga (**Mimosa scabrella Benth**) em função da idade, do teor de Umidade da madeira e da temperatura final de carbonização*. 137 f, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/25190/D%20-%20KLITZKE,%20RICARDO%20JORGE.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 1 nov. 2011.

MACHADO, S. A.; FILHO, A.F. *Dendrometria*. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006, 316 p.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. *Estudos preliminares de normalização de testes de controle de qualidade do carvão vegetal*. Belo Horizonte: CETEC, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982, p. 9-38.

PASHIN, A.J. e DE ZEEUW, C. *Textbook of Wood Technology*. New York: McGRAW-Hill Co., 1980. 722 p.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Energia*, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008. Disponível em: <http://www.acendebrasil.com.br/archives/v14n02_o-uso-de-carvao-vegetal-na-industria-siderurgica-brasileira-e-o-impacto-sobre-as-mudancas-climaticas_1.pdf>. Acesso em: 9 out. 2011.

VITAL, B.R. *Métodos de determinação de densidade da madeira*. Viçosa: SIF, 1984. 21p. (Boletim técnico, 1).