



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DO CARVÃO DO SISTEMA TOCO-RAIZ DE *Corymbia citriodora*

Felipe Nardo<sup>1</sup>  
Juliette Silva<sup>1</sup>  
Letícia Sant' Anna Alesi<sup>1</sup>  
Diego Silva<sup>1</sup>  
Isaí Euán Chi<sup>2</sup>  
João Tomeleri<sup>1</sup>  
Franciane Pádua<sup>2</sup>  
Fabio M Yamaji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Carlos



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## CARACTERIZAÇÃO ENERGETICA DO CARVÃO DO SISTEMA TOCO-RAIZ DE *Corymbia citriodora*

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo a caracterização física-química do carvão de toco e raiz de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, carbonizado em fornos retangulares. O material utilizado foi cedido pelo grupo Mutum proveniente de plantio comercial, situado no estado de Mato Grosso do Sul. As análises realizadas foram densidade aparente, poder calorífico superior e análise química imediata (teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo). Os valores médios encontrados para densidade aparente (0,639 g.cm<sup>-3</sup>); poder calorífico (7.225,16 Kcal.g<sup>-1</sup>); teor de cinzas (0,46%); teor de materiais voláteis (28,88%); carbono fixo (70,64%), qualificam o carvão para o uso energético, indicando um potencial para a utilização como uma bioenergia.

**Palavras-chave:** Bioenergia, Biomassa, Produção de carvão.

## ENERGY CHARACTERIZATION OF THE COAL OF THE ROOT SYSTEM OF *Corymbia citriodora*

**Abstract:** This study was aimed to accomplish the physical-chemical characterization of coal stump and root *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, carbonized in a rectangular oven. The material used was provided by the Mutum group, it's from the commercial plantation located in the state of Mato Grosso do Sul. The tests made were: apparent density, calorific value, chemical analysis (ash content, volatile materials and fixed carbon). The average values were: apparent density (0.639g.cm<sup>-3</sup>); calorific value (7225.16 cal.g<sup>-1</sup>); ash content (0.46%); volatile concluded that the material presents satisfactory values and that exists the potential needed to be used as a bioenergy material content (28.88%); fixed carbon (70.64%). When the obtained data is analyzed, it is concluded that the material has satisfactory values, and there is potential for use as a bioenergy.

**Keywords:** Bioenergy, Biomass, Coal production.

### 1. INTRODUÇÃO

A participação de combustíveis renováveis na matriz energética brasileira está entre as maiores do mundo. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (2016), no ano de 2014, 41,2% da oferta interna de energia no país foi de origem renovável, com destaque para a biomassa vegetal de origem florestal e agrícola que forneceu 25,1% do total da energia consumida. Os biocombustíveis florestais na matriz energética nacional incluem basicamente a lenha e o carvão vegetal oriundos de florestas plantadas de eucalipto e florestas nativas.

O carvão vegetal é largamente utilizado no Brasil devido as suas qualidades como combustível e redutor do minério de ferro. Cerca de 90% do carvão vegetal produzido no país é destinado ao setor siderúrgico (BANCHA et al., 2004). Para cada tonelada produzida de ferro gusa, na siderurgia, são consumidos de 3 a 5m<sup>3</sup> de carvão vegetal (FERREIRA, 1996). Neste contexto, surge a preocupação com a manutenção do suprimento futuro de madeira, que hoje em dia, já é uma realidade. Os segmentos industriais que utilizam carvão em grande quantidade, tal como o setor siderúrgico, tem intensificado esforços para garantir o suprimento dessa matéria-prima. Além do aumento da área plantada, é de grande

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

importância considerar o melhor aproveitamento do recurso, aliado ao uso de sistemas mais eficientes de produção.

Neste sentido, a exploração energética da biomassa promove a melhoria do aproveitamento de florestas comerciais existentes, pela possibilidade de utilização dos resíduos florestais geralmente deixados no campo após a colheita, como pontas, galhos e sistema toco-raiz. Além disso, a utilização energética dessa biomassa residual é de grande importância na viabilização econômica das atividades de manejo florestal e tratamentos silviculturais (CANTO, 2009).

Dessa forma, a utilização do sistema toco-raiz tem como vantagens, a otimização do potencial energético da biomassa, além de resolver o problema da manutenção nas atividades de reforma e, ou colheita após condução das sucessivas rebrotas. Segundo Foelkel (2014), os problemas causados pelo toco deixado no campo incluem dificuldades nas operações do maquinário da silvicultura para preparo do solo, plantio mecanizado, irrigação, adubação, controle da mato-competição, etc. Ainda segundo o mesmo autor, o toco residual acima de 15 cm de altura deixado no campo resulta em perdas da ordem de 1,5 a 2% do volume comercial do tronco. De acordo com Scolforo et al. (2004) a relação percentual entre o volume do sistema toco-raiz e volume total da planta para as espécies de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana* com idades variando de 6,67 e 7,58 anos, plantadas em diferentes localidades do estado de Minas Gerais, variou entre 5,11% e 28,70% na primeira rotação, valores estes substancialmente aumentados na segunda rotação.

A quantificação e modelagem eficiente, de acordo com Scolforo et al. (2008), permitirão às empresas florestais determinar o volume presente de tocos e raízes nos períodos de reforma de seus povoamentos, o que poderá reverter em matéria-prima para energia. Fazendo com que o uso do sistema radicular para a produção de bioenergia torne-se uma opção para complementar a oferta de energia, desde que sua qualidade energética seja avaliada.

O carvão vegetal destinado ao consumo siderúrgico deve apresentar características específicas além do poder calorífico, teor de carbono fixo, e teor de umidade adequado. Segundo as normas exigidas pela siderurgia, é necessário materiais com elevada densidade, baixos teores de fósforo e enxofre, reatividade compatível com a redutibilidade do minério, alta resistência mecânica ao impacto, à pressão e a fricção; e porosidade adequada para facilitar a reação com o CO<sub>2</sub> e a circulação de gases no interior do alto-forno (TRUGILHO, 1995).

São usualmente utilizados para definir a qualidade na avaliação do material as características químicas do carvão vegetal (teor de carbono fixo, teor de umidade, teor de materiais voláteis e de cinzas) e os rendimentos gravimétricos, em líquido pirolenhoso e em carbono fixo. Essas propriedades do carvão vegetal são influenciadas pelo processo de produção, pela temperatura final de carbonização, pela taxa de aquecimento e, principalmente, pela espécie da madeira que lhe deu origem (EARL, 1975).

Diante da importância da utilização do sistema toco-raiz nas florestas de eucalipto e da dificuldade de extração desta biomassa do campo, se faz necessária a investigação da qualidade energética do material produzido e, a partir daí subsidiar novas pesquisas sobre a viabilidade técnica e econômica da sua utilização.

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo caracterizar energeticamente o carvão produzido a partir dos sistemas toco-raiz de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e coleta do material

O material carbonizado utilizado nesse trabalho foi oriundo de um plantio comercial de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson, pertencente ao Grupo Mutum, com espaçamento 3 x 2 metros, sendo a idade de corte próxima aos 7 anos. O plantio se localizava próximo a cidade de Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul, cujas coordenadas são 20° 26' 36" Sul, 53° 45' 36" Oeste e elevação de 374m. O clima da região segundo Koppen é caracterizado como tropical úmido (Aw), dividido em estação chuvosa no verão e seca no inverno.

A carbonização dos tocos-raízes foi realizada em fornos retangulares com dimensões de 3,2 metros de largura, 3,00 metros de altura e 7,00 metros de comprimento, operando com temperatura aproximada de 420°C (Figura 1).



Figura 1. Forno retangular para a carbonização de madeiras.  
Fonte: Augusto Massaro (2016)

Amostras carbonizadas do material foram retiradas das pilhas nas posições da base, meio e topo, utilizando o método de amostragem casual simples. Ao todo, foram coletadas 12 amostras para as análises de densidade, análise química imediata e poder calorífico.

### 2.2 Análise do material carbonizado

A densidade do material foi determinada pelo método hidrostático conforme os procedimentos descritos na Norma 11941 (2003), com imersão em água.

Para a análise química imediata do material utilizou-se como base as diretrizes da norma ABNT NBR 8112/86. O carvão empregado para essa análise foi o mesmo utilizado para a determinação da densidade, utilizando apenas o material moído retido pela peneira de 60 mesh, realizando o processo em triplicata.

O poder calorífico foi realizado baseando-se na norma NBR 8633/84, realizado no laboratório de pesquisa de bioenergia da UFSCar- Campus Sorocaba, utilizando uma bomba calorimétrica modelo C200 IKA. Para realizar os cálculos estatísticos foi utilizado o software Excel 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Densidade

O valor médio determinado para a densidade básica do carvão do sistema toco-raiz foi de 0,589 g/cm<sup>3</sup> como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Valor médio de densidade básica para as amostras carbonizadas do sistema toco-raiz de *Corymbia citriodora*

Material	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )
Madeira Carbonizada	0,639 (±0,044)

Estudos de avaliação da qualidade do carvão vegetal de eucalipto apontam para valores médios de densidade entre 0,391 g/cm<sup>3</sup> para *E. grandis* e 0,583 g/cm<sup>3</sup> para *E. microcorys*, (BRITO et al., 1983); de 0,326 g/cm<sup>3</sup> para *E. urophylla* (REIS et al., 2012); e de 0,424 g/cm<sup>3</sup> para (*E. urophylla* x *E. grandis* x) (OLIVEIRA et al., 2012).

O valor obtido foi superior ao determinado por Zanuncio et al., (2014) para madeira carbonizada da mesma espécie, de 0,513 g/cm<sup>3</sup>. No entanto, foi inferior ao obtido por Brito et al., (1977) que obteve o valor de 0,710 g/cm<sup>3</sup>.

Como foi observada, a densidade do carvão de *C. citriodora* é superior a diferentes espécies de Eucalipto, o que reafirma a teoria que o material pertence ao grupo de alta densidade. Sendo que as diferenças entre os trabalhos que consideram a mesma espécie pode ser explicada por diversos fatores como: diferença entre temperatura de carbonização (VELLA et al., 1989), material carbonizado, e idade de corte (VITAL, 1984).

Carvões de alta densidade são indicados para uso energético uma vez que este fator reflete em maior quantidade de energia por unidade de volume e melhor aproveitamento do espaço interno do reator (CASTRO, 2003). Além disso, a alta densidade do combustível está relacionada diretamente a sua maior resistência mecânica (BOTREL et al., 2007) e portanto, com a menor friabilidade e melhores características de transporte.

#### 3.2 Análise Imediata e Poder Calorífico

Os valores encontrados para a análise imediata, de teor de materiais voláteis, teor de carbono fixo e teor de cinzas, assim como o valor de poder calorífico podem ser observados na Tabela 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Tabela 2. A Tabela 2 Valores médios resultantes da análise química imediata e poder calorífico do carvão vegetal do sistema toco-raiz de *Corymbia citriodora*

Material	MV (%)	CF (%)	CZ (%)	PCS (kcal.kg <sup>-1</sup> )
Carvão	28,89	70,65	0,46	7225,16

MV = Teor de materiais voláteis, CF = Teor de carbono fixo, CZ = Teor de cinzas, PCS = Poder Calorífico Superior.

O valor médio do teor de materiais voláteis foi superior aos valores de 18,05% a 23,50% verificados por Trugilho et al., (2001) para carvões de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* e superior aos valores obtidos por Oliveira et al., (2012) de 24,46 e 26,43%. No que diz respeito à mesma espécie Zanuncio et al. (2014) determinou valores de 20,71 % e Brito et al., (1977) obteve 25,4 %.

O alto valor obtido para teor de materiais voláteis em comparação com outras espécies de eucalipto sugere que há diferença entre a composição química do fuste e do sistema toco-raiz, que influenciam nas características do material para aplicação energética.

O teor de materiais voláteis representa os compostos remanescentes da degradação da madeira e do alcatrão, que não se desprenderam durante o processo de carbonização, permanecendo assim como componentes químicos do carvão (CORRÊA, 1988). Uma fração de voláteis é necessária no carvão, devido ao aumento da permeabilidade da carga no alto forno e à diminuição da reatividade do carvão vegetal. Para uso doméstico, materiais voláteis ocasiona o desconforto da fumaça, além de menor eficiência energética, acarretando maior consumo de carvão vegetal (FREDERICO, 2009).

O valor médio do teor de carbono fixo foi inferior quando comparada com a literatura. Trugilho et al., (2001), encontrou o valor médio de 79,14%, já em Oliveira et al. (2012) o valor médio encontrado foi de 73,83%, e em Neves (2012), obteve-se uma média de 79,77 %. Em relação à literatura da mesma espécie Zanuncio et al., (2014) encontrou 77,49 % já Brito et al., (1977) encontraram valores de carbono fixo de 73,5 %.

Analisando comparativamente o valor do presente trabalho com os encontrados na literatura, percebe-se que a maior densidade do carvão do sistema- toco raiz não resultou em aumento do teor de carbono fixo. De modo geral, a qualidade do carvão a ser obtido depende muito das características químicas, físicas, mecânicas e anatômicas da matéria-prima. Inúmeros estudos relatam as altas correlações entre algumas propriedades do carvão e da madeira de origem, como a densidade básica (DOAT et al., 1975; BRITO et al., 1980; COUTINHO, 1984), o teor de lignina e as dimensões da fibra. (OLIVEIRA, 1988).

Segundo Oliveira et al., (2010), os teores de materiais voláteis e carbono fixo são ainda sensivelmente influenciados pelos parâmetros do processo, sendo a temperatura o principal parâmetro que regula a concentração destes teores na constituição do carvão vegetal.

Com relação ao teor de cinzas, os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com os encontrado por Trugilho et al., (2001), Oliveira et al. (2012) e Neves (2012), sendo todos com média inferior a 0,80%. O teor de cinzas na madeira e no carvão vegetal de eucalipto é comumente baixo (0,16% a 1%) (BOTREL et al., 2007; TRUGILHO et al., 2001;

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

TRUGILHO et al., 2005). Para trabalhos com *Corymbia citriodora*, foram encontrados os valores de 1,0% (BRITO et al., 1977) e 1,79% (ZANUNCIO et al., 2014).

As cinzas são provenientes do conteúdo mineral do lenho e, principalmente, da casca da madeira a ser carbonizada (VITAL et al., 1986). Embora o carvão utilizado neste trabalho seja proveniente do sistema radicular, que tem contato direto com o solo e minerais, apresentou valores iguais ou até inferiores a estudos com carvão de madeira oriunda cerne de outras espécies. Sendo assim, o baixo teor de cinzas encontrado pode ser devido ao fato que o material foi previamente limpo, submetido a submersão em água para realização das análises de densidade.

O valor médio de poder calorífico verificado no presente trabalho foi de 7225,16 kcal.kg<sup>-1</sup>, próximo ao valor de 7556,8 Kcal.kg<sup>-1</sup> encontrado por Oliveira et al., (2012) para o carvão de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e ao valor de 7669 Kcal.kg<sup>-1</sup> verificado por Neves (2012). No que se refere à literatura de *Corymbia citriodora*, o valor obtido por Zanuncio et al., (2014) foi 7581 Kcal.kg<sup>-1</sup>, valor superior ao encontrado no presente trabalho.

Tais comparações permitem perceber que a alta densidade do carvão do *C. citriodora* do não refletiu em um proporcional aumento do poder calorífico do material, quando comparado ao poder calorífico dos carvões de densidade inferior.

Segundo Lúcio (2008), o poder calorífico do carvão vegetal varia de 6.400 a 7.500 kcal.kg<sup>-1</sup>, sendo essa variação resultante das características da madeira como espécie, idade, e do processo de carbonização. Porém considerando o resultado do trabalho de Zanuncio et al., (2014), que utilizou a mesma espécie, com idade de corte semelhante, a diferença entre os resultados obtidos podem ser explicadas pelo processo de carbonização e também pela diferença da composição química do fuste em relação as raízes (GOULART et al., 2012).

A Tabela 3 apresenta resultados médios da análise imediata de outras biomassas.

Tabela 3. Análise comparativa entre diferentes carvões para produção de energia

Biomassa	D (g.cm <sup>-3</sup> )	TV (%)	TC (%)	CF (%)	PCS (Kcal/kg)	Referência
Carvão Raiz-toco <i>Corymbia citriodora</i>	0,639	28,88	0,46	70,65	7225	Nardo (2016)
Carvão de cerne de <i>Pinus</i> spp.	0,186	25,03	0,33	74,63	7447	Brito et al., (1984)
Carvão de Bambu <i>B. tuldoides</i>	0,494	6,60	3,00	90,40	7922	Brito et al., (1987)
Carvão cerne Mimosa	0,510	26,72	1,32	71,97	6866	Oliveira et al., (2006)
Carvão de Pinhão Manso ( <i>Jatropha curcas</i> )	0,100	29,00	25,50	45,50	3954	Vale et al. (2011)

D = densidade; TV = teor de voláteis; TC = teor de cinzas; CF = teor de carbono fixo; PCS = poder calorífico superior.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Analisando a Tabela 3, nota-se que o presente trabalho possui o maior valor médio de densidade quando comparado com as demais biomassas. Dada importância da densidade para a utilização como energia, observa-se novamente o alto potencial para tal uso. Segundo Rocha (2011), não havendo prejuízo para as outras propriedades, a densidade do carvão deve ser a maior possível para que esse biocombustível apresente alta resistência mecânica e elevada densidade energética.

Outro dado a ser observado é o poder calorífico, que embora não seja o maior valor quando comparado com os demais, quando analisado juntamente com a densidade apresenta a melhor opção como combustível, visto que para o transporte ocupa comparativamente menor volume com maior poder calorífico. Segundo Brand (2010), a seleção do material combustível para a produção de energia é fundamental para a quantificação do poder calorífico, uma vez que essa característica é um excelente parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de combustíveis de biomassa.

Embora a biomassa analisada esteja em contato direto com o solo, os dados obtidos foram considerados baixos em comparação com as outras fontes consultadas. Gerando pouco resíduo, o carvão de *C. citriodora* apresenta outro fator favorável a sua utilização como fonte de energia, pois altos teores de cinzas indicam uma maior quantidade de material que não participa do processo de combustão, e portanto, apresentam correlação negativa com o poder calorífico superior (BRAND, 2010).

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos no presente trabalho, conclui-se que o carvão oriundo de toco-raiz de *C. citriodora* apresentou resultados satisfatórios em todos os parâmetros analisados, qualificando-se para o emprego energético.

Sugere-se para próximos trabalhos a realização de análises químicas da biomassa do sistema toco-raiz e parâmetros da carbonização, visando o maior entendimento sobre as relações com o seu desempenho energético.

Além disso, deve ser estudada a análise dos custos envolvidos com a extração do sistema toco-raiz e seu transporte até as unidades de produção de carvão, com o objetivo de determinar as dificuldades do processo e verificar a viabilidade econômica do processo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941-02**: Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112**: Carvão vegetal: análise imediata, Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: Carvão vegetal: determinação do poder calorífico, Rio de Janeiro, 1984.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

BACHA, C. J. C.; BARROS, A. L. M. Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 191-203, set. 2004.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015>>  
Acesso em: 17 dez 2016

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M.  
Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucalyptus. **Revista Árvore**, 2007, v. 31, n. 3, p. 391 - 398.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

BRAWNER, J. T.; MEDER, R.; DIETERS, M.; LEE, D. J. Selection of *Corymbia citriodora* for pulp productivity. **Southern Forests**, 2012, v.74, n. 2, p. 121–131.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I -. Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **Ipef**, Piracicaba, v. 6, n. 14, p.9-20, set. 1977. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr14/cap01.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

BRITO, J. O.; BRARRICHELO, L. E. G.; SEIXAS, F.; MIGLIORANI, A. J.; MURAMOTO, M. C. Análise da Produção Energética e de Carvão Vegetal de Espécies de Eucalipto. **Ipef**, n.23, p.53-56, abr.1983. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr23/cap08.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

BRITO, J. O.; NUCCI, O. Estudo tecnológico da madeira de *Pinus spp* para a produção de carvão vegetal e briquetagem. **Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 26, p.25-30, abr. 1984. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr26/cap04.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

BRITO, J. O.; TOMAZELLO FILHO, M.; SALGADO, A. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 36, p.13-17, ago. 1987. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr36/cap02.pdf>> Acesso em: 14 fev 2016.

CANTO, J. L. **Colheita mecanizada de biomassa florestal para energia**. 2009. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG. 2009.

CASTRO, R.; O eucalipto na indústria de carvão vegetal. **Revista da Madeira**, v.13, n.75, 2003. Disponível em:< <http://www.remade.com.br>>. Acesso em : 15 fev 2016.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

CORRÊA, A. A. Conversão química de madeiras da Amazônia: carvão e briquetes de carvão vegetal. **Acta Amazônica**, Manaus, AM, v. 18, n. 1, p. 93 - 108, 1988.

COUTINHO, A. R. **Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de Eucalyptus saligna e temperatura de carbonização**. 1984. 76f. Dissertação (Mestrado) ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 1984.

DOAT, J.; PETROFF, G. La caracterization des bois tropicaux. **Revue Bois et Forêt des Tropiques**, n. 159, p.55-72, 1975.

FOELKEL, C. O Problema dos Tocos Residuais das Florestas Plantadas de Eucaliptos. *Eucalyptus Newsletter*, nº 45, 2014. Disponível em: < <http://www.eucalyptus.com.br/artigos.>> Acesso em : 15 fev 2016

FREDERICO, P. G. U. **Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden e de híbridos de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla S.T. Blake**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

GOULART, S. L.; MORI, F. A.; RIBEIRO, A. O.; COUTO, A. M.; ARANTES, M. D. C.; MENDES, L. M. Análises químicas e densidade básica da madeira de raiz, fuste e galho de Barbatimão [(stryphnodendron adstringens) Coville] de bioma cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p.59-66, mar. 2012.

LÚCIO, A. Tecnologia DPC para produção de carvão vegetal. In: FÓRUM NACIONAL DE CARVÃO VEGETAL, 2008, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte, 2011. Disponível em: [painelfloresta+l.com.br/exibeNews.php?id=1784](http://painelfloresta+l.com.br/exibeNews.php?id=1784)>. Acesso em: 20 out. 2016.

NEVES, T. A. **Qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalyptus cultivados no sul de Minas Gerais**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

OLIVEIRA, A .C.; ROCHA, M. F. V.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; VITAL, B. R. Avaliação de diferentes níveis de desbaste nas propriedades da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. **Floresta**, Curitiba, v. 1, n. 42, p.59-68, mar. 2012.

OLIVEIRA, A. C.; Carneiro, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. **Scientia Forestalis** 2010.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

OLIVEIRA, E. **Correlação Entre Parâmetros de Qualidade da Madeira e do Carvão de Eucalyptus grandis (W. Hill ex-Maiden)**. 1988. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

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, set. 2006.

REIS, A. R.; MELO, I. C. N. A.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Efeito de Local e Espaçamento na Qualidade do Carvão Vegetal de um Clone de Eucalyptus urophylla S. T. Blake. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 19, p.497-505, maio 2012.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de Eucalyptus grandis x Eucalyptus camaldulensis para energia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa; 2011.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2004. 285 p.

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; SILVA, C. P. C. **Inventário florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Semidecidual**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2008.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de Eucalyptus plantadas em Uberaba, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba.

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

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A.L. Avaliação de clones de Eucalyptus para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p.1004-114, jan. 2001.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, J. R. M.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; MENDES, L. F. B. Rendimentos e características do carvão vegetal em função da posição radial de amostragem em clones de Eucalyptus. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 178-186, abr./jun. 2005.

VALE, A. T.; MENDES, R.M.; AMORIM, M. R. S.; DANTAS, V. F. S. Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p.267-273, jun. 2011.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

VELLA, M. M. C. F.; VALENTE, O. F.; VITAL, B. R.; LELLES, J. G. Influência da velocidade de carbonização da madeira nos rendimentos e nas propriedades do carvão produzido. **Ipef**, Piracicaba, v. 42, n. 41, p.64-76, dez. 1989. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr41-42/cap09.pdf> Acesso em: 14 fev 2016.

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**, Viçosa, v. 10, n. 2, p. 151 - 160, 1986.

VITAL, B.R. Métodos de determinação de densidade da madeira. **Boletim Técnico da Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa: n. 21, 1984.

ZANUNCIO, A. J. V.; CARVALHO, A. G.; TRUGILHO, P. F.; MONTEIRO, T. C. Extractives and energetic properties of wood and charcoal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 2, n. 38, p.369-374, mar. 2014.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

