



INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DA MADEIRA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E FRIABILIDADE DO CARVÃO VEGETAL

Laura V. L. LIMA*¹, Felipe S. BASTOS¹, Ana Márcia M. L. CARVALHO²,
Marcia A. PINHEIRO³, Lucas F. FIALHO¹, Ingrid R. DORIGUETTO¹, Marcos O. PAULA²

¹Graduando(a) em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – UFV

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa – UFV

³Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade
Federal de Viçosa – UFV

*E-mail: lauravitoria13@hotmail.com.br

RESUMO: O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do diâmetro da madeira nas propriedades físicas, químicas e friabilidade do carvão vegetal. Foi utilizada madeira de *Eucalyptus urophylla*, aos cinco anos de idade, provenientes de um plantio localizado em Viçosa, MG. O experimento foi realizado utilizando-se toretes com e sem casca, em três classes diamétricas e três comprimentos. Determinou-se a umidade inicial e o acompanhamento da secagem, que se deu em pesagens semanais durante todo o período de observação. Para o carvão vegetal realizou-se carbonizações em duplicata por classe diamétrica analisada. Determinou-se propriedades físicas, químicas e a friabilidade do carvão vegetal. Os dados foram submetidos à análise de variância. O diâmetro, o comprimento e a casca afetaram significativamente a secagem da madeira, sendo que as madeiras de menores comprimentos associados a menores diâmetros e a ausência de casca perderam maior umidade ao longo do tempo de secagem. Avaliando a friabilidade do carvão produzido, conclui-se que carvões provenientes de madeiras de maiores diâmetros, tendem a ser mais friáveis.

Palavras-Chave: Propriedades físico-químicas, friabilidade, carvão vegetal.

ABSTRACT: *The present study was accomplished with the objective of evaluating the effect of the diameter in physical, chemical and in the friableness of the charcoal. Wood of Eucalyptus urophylla was used, at five years of age, coming of a located planting in Viçosa, MG. The experiment was accomplished being used short logs with and without bark, in three diametric classes and three lengths. The initial moisture content was determined and the attendance of the drying, that it felt in weekly weightings during the whole observation period. For charcoal held carbonization in duplicate by diametric analyzed. It was determined physical, chemical and friability charcoal. The data were submitted to the variance analysis. The diameter, the length and the peel affected the drying of the wood significantly, and the wood of smaller lengths associated to smallest diameters and the peel absence lost larger humidity along the time of drying. Evaluating the friableness of the produced charcoal, it is ended that coming charcoals of wood of larger diameters, tend to be more friable.*

Keywords: *Physiochemical properties, friableness, charcoal.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2011), o Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal. Os principais consumidores são os setores de ferro-gusa, aço e ferros-liga, e em menor escala as indústrias de cerâmica e de cimento, o comércio e o consumidor residencial. Atualmente o consumo de carvão vegetal, em consequência da atividade siderúrgica, concentra-se em Minas Gerais, maior estado consumidor; nos estados do Maranhão e Pará, no polo siderúrgico de Carajás, onde predomina o consumo de carvão originado de vegetações nativas; e no estado do Mato Grosso do Sul, o mais novo polo siderúrgico nacional (REZENDE e SANTOS, 2010).

A carbonização de madeira é um processo de decomposição térmica que ocorre na ausência ou na presença controlada de oxigênio, deixando como produto sólido o carvão vegetal. É um processo de combustão incompleta, com fenômenos físico-químicos e reações complexas. O rendimento deste processo pode variar de acordo com as condições da madeira utilizada e da tecnologia de conversão empregada (TRUGILHO, 2006).

A carbonização ocorre em quatro fases: na primeira fase ocorre a secagem da madeira até a temperatura de 110°C, havendo somente liberação de água. Na segunda fase a temperatura varia de 110 a 250°C. A 180°C tem início a liberação da água de constituição pela decomposição da celulose e hemiceluloses, pouca massa é perdida até 250°C. Forma-se a madeira semicarbonizada ou aticho. A terceira fase ocorre entre 250°C e 350°C, com a intensificação da decomposição da celulose e hemiceluloses, havendo expressiva perda de massa e formação de gases, óleo e água. Ao atingir a temperatura de 350°C o carvão tem aproximadamente 75% de carbono fixo e se considera que a carbonização está praticamente pronta. Na quarta fase, que ocorre entre 350°C a 500°C, reduz-se gradualmente a liberação de voláteis, principalmente gases combustíveis, continuando a fixação de carbono (REZENDE, 2006).

O rendimento e a qualidade do carvão vegetal dependem de alguns fatores, como a qualidade da madeira a ser convertida, seu teor de umidade, que deve estar abaixo de 30%, e o controle do processo, envolvendo tempo e temperatura média máxima (CARDOSO, 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do diâmetro da madeira na velocidade de secagem das toras e nas propriedades físicas, químicas e friabilidade do carvão vegetal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira – LAPEM – e no Laboratório de Propriedades da Madeira – LPM – do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, situada no município de Viçosa, Minas Gerais.

Utilizou-se madeira de *Eucalyptus urophylla*, com idade de 5 anos, cultivado em espaçamento 3x2m, localizados no município de Viçosa, região da Zona da Mata mineira. As árvores foram abatidas com motosserra e seccionadas em toras de aproximadamente 4 metros. As toras foram encaminhadas para o Laboratório de Painéis e Energia da Madeira – LAPEM.

No laboratório foi determinada a circunferência da base e do topo de todas as toras e através dessas informações foi calculado o diâmetro médio. As toras foram separadas em grupos de acordo com sua classe de diamétrica. De cada grupo foram selecionadas aleatoriamente algumas toras, as quais foram cortadas em toretes com comprimentos 0,20; 0,40 e 0,60 m. Todos os toretes foram pesados individualmente em balança digital com



capacidade de 20 kg e precisão de 0,001 kg. Após a pesagem, foi medida a umidade inicial de cada peça por meio de um Medidor Eletrônico de Umidade. A partir destes valores e da massa inicial dos toretes, foi estimada a massa seca dos mesmos. Durante o período de secagem todos os toretes foram pesados semanalmente, e a partir dos dados de massa úmida e massa seca estimada, calculou-se a umidade de cada torete ao longo do tempo.

A secagem foi conduzida em um local coberto, onde foram monitoradas a umidade e temperatura do local por meio de relógio termo higrômetro. Sabe-se que a secagem natural é afetada, principalmente pela temperatura, umidade relativa e circulação de ar. Para reduzir esses efeitos sobre os tratamentos, os toretes ficaram dispostos em uma estrutura elevada do chão para que houvesse uma maior circulação do ar entre eles. A variação da temperatura durante o período de secagem foi de 18,16 a 23,35°C e a umidade relativa do ar de 60,38 e 70,87%.

Dentre os dois tipos de toretes, com e sem casca, foram utilizados na carbonização as peças sem casca. Estas atingiram a umidade de 30% em menor espaço de tempo quando comparadas as peças com casca. As carbonizações foram conduzidas em forno tipo container. O carregamento do forno foi realizado manualmente, tendo a madeira sido posicionada verticalmente. A seleção da madeira enfiada foi realizada por meio da classe de diâmetro. Foram feitas duas carbonizações por classe diamétrica.

Após o resfriamento, o carvão vegetal produzido foi homogeneizado e quarteado para retirada de amostras para determinação das propriedades físicas e químicas do carvão vegetal. A densidade a granel foi determinada conforme os procedimentos da norma NBR 6922 (ABNT, 1981). A densidade relativa aparente foi determinada conforme os procedimentos da norma NBR 15316-2 (ABNT, 2015).

O rendimento gravimétrico em carvão vegetal foi calculado pela seguinte fórmula:

$$RGC = 100 \times \frac{Mc}{Mms}$$

em que:

RGC = rendimento gravimétrico em carvão vegetal
(%);

Mc = massa de carvão vegetal (kg); e

Mms = massa de madeira seca (kg).

Para a determinação da composição química imediata, as amostras de carvão vegetal foram moídas e peneiradas, classificadas em peneira de 60 mesh e posteriormente secas em estufa a 103±2°C, até massa constante, conforme a norma NBR 6923 (ABNT, 1981). A determinação dos teores de materiais voláteis (MV), cinzas (CZ) e carbono fixo (CF) seguiram os procedimentos preconizados na norma NBR 8112 (ABNT, 1983).

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors, para testar a normalidade, e Cochran, para testar a homogeneidade das variâncias. Em seguida os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando estabelecidas diferenças significativas, aplicou-se o teste Tukey em nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos programas SAEG 9.1 (2007) e CurveExpert Basic 1.4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de diâmetro da peça, umidade inicial e densidade básica da madeira sem casca em função da classe diamétrica.

Tabela 1 - Valores médios das propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* utilizada nas carbonizações

Carbonizações	Classe diamétrica	Diâmetro médio (cm)	Umidade (%)	Densidade básica (kg/m ³)
1	1	8,77	26,28	570
2	1	8,86	35,15	561
3	2	11,14	23,26	580
4	2	11,47	26,26	582
5	3	14,78	31,93	584
6	3	13,93	45,76	586

O diâmetro médio da madeira foi de 8,82; 11,31 e 14,36 cm, respectivamente para as classes diamétricas 1, 2 e 3. Observaram-se maiores valores médios de umidade e densidade da madeira na classe de maior diâmetro.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios do tempo de carbonização da madeira de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 2 - Valores médios do tempo de carbonização da madeira de *Eucalyptus urophylla*, em função da classe diamétrica

Classe diamétrica	Tempo de carbonização (horas)
Classe 1 (< 10 cm)	6c
Classe 2 (10 – 13cm)	9,75b
Classe 3 (>13 cm)	13 a

Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

A análise de variância indicou efeito significativo da classe diamétrica em nível de 5% de probabilidade, no tempo de carbonização da madeira. Observou-se um aumento do tempo de carbonização com o aumento do diâmetro da madeira. Tal fato também foi observado por Raad *et al.* (2008) avaliando a carbonização de madeiras com diâmetros de 6, 10 e 16 cm. O autor obteve tempos de carbonização de 3,75; 6,31 e 16,15 horas, respectivamente para as classes diamétricas de 6, 10 e 16 cm.

A permeabilidade na direção radial chega a ser 10⁶ vezes inferior à permeabilidade na direção longitudinal da madeira, com isso os gases gerados durante a carbonização seguem preferencialmente os canais longitudinais, e conseqüentemente retardam a elevação da temperatura no interior da peça de madeira, aumentando o tempo de carbonização. Além disso, a madeira de maior classe diamétrica apresentou maior densidade básica (Tabela 1), normalmente madeiras de maior densidade produzem maior massa de carvão vegetal, no entanto, requerem maior tempo de carbonização devido aos efeitos de transferência de massa e calor (RAAD, 2004).

A temperatura final de carbonização para as três classes ficaram próximas a 350 °C. Na Figura 1 observa-se a variação média da temperatura em função do tempo de carbonização. Cada linha, no gráfico, corresponde à média dos valores de temperatura observados durante duas carbonizações por classe diamétrica.

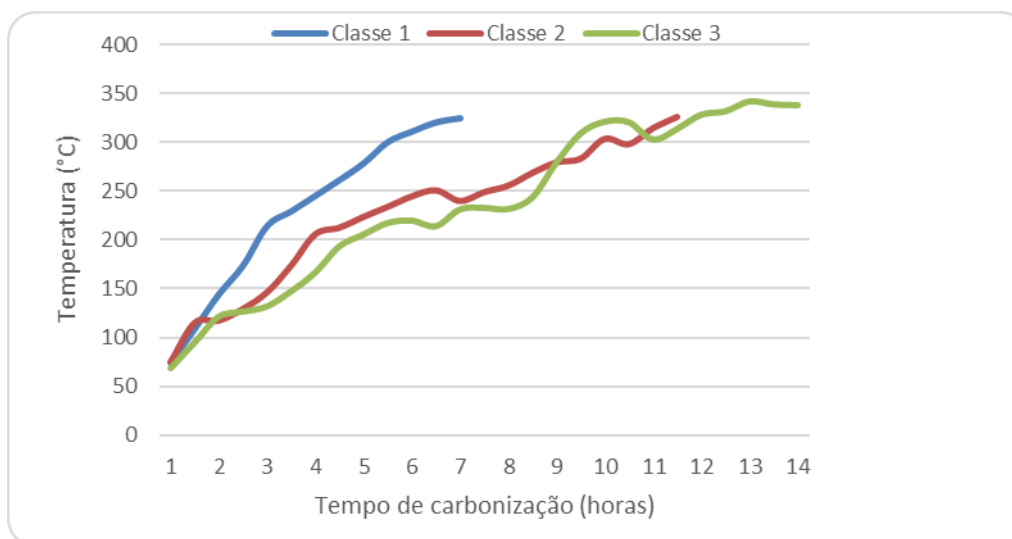


Figura 1 – Variação da temperatura em função do tempo de carbonização.

Para rendimento gravimétrico em carvão vegetal (RGCV), Tabela 3, a análise de variância indicou que não houve efeito significativo da classe diamétrica em nível de 5% de probabilidade. O valor médio foi de 28,49 %. No entanto, observou-se uma tendência de aumento do rendimento gravimétrico em função do aumento da classe diamétrica, conforme observado na Tabela 2.

Tabela 3 - Valores médios de rendimento gravimétrico em carvão vegetal da madeira de *Eucalyptus urophylla*, em função da classe diamétrica

Classe diamétrica	RGCV (%)
Classe 1 (< 10 cm)	26,95
Classe 2 (10 – 13 cm)	27,37
Classe 3 (>13 cm)	31,16

O aumento do rendimento gravimétrico em carvão vegetal provavelmente ocorreu em função do arranjo da madeira dentro do container e da densidade básica. As madeiras de maiores diâmetros permitem uma melhor distribuição e ocupação do espaço no interior do container, evitando-se a presença excessiva de espaços vazios, obtendo-se um melhor controle da carbonização, na qual as madeiras de menor classe diamétrica apresentaram uma taxa de aquecimento maior. Além disso, madeiras de maior densidade tendem a gerar maior massa de carvão, o que conseqüentemente, contribui para um maior rendimento gravimétrico.

Utilizando-se o sistema de carbonização semelhante ao deste trabalho, Barcelos (2002), obteve rendimento gravimétrico em carvão vegetal na faixa de 32,29 %, avaliando a carbonização da madeira de *Eucalyptus* sp. O valor médio de 28,7 % de rendimento gravimétrico foi encontrado por Cardoso (2010) carbonizando madeira de *Eucalyptus* sp. no forno MF1-UFV.



Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em função da classe diamétrica.

Tabela 4 - Valores médios das propriedades físicas, químicas e de friabilidade do carvão vegetal da madeira de *Eucalyptus urophylla*, em função da classe diamétrica

Classe diamétrica	Densidade Aparente (kg/m ³)	Densidade Granel (kg/m ³)	Umidade (%)	CZ (%)	MV (%)	CF (%)	Friabilidade (%)
Classe 1(> 10 cm)	350,93c	170,38a	3,08b	1,11a	17,62a	81,27a	16,62b
Classe 2 (10 – 13 cm)	450,80b	193,50a	3,94b	0,8ab	17,11a	82,09a	18,17b
Classe 3 (>13 cm)	514,25a	196,25a	5,31a	0,44b	19,58a	79,99a	25,83a

Médias na coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si, a 95% de probabilidade, pelo teste Tukey.

De acordo com a análise de variância houve efeito significativo da classe diamétrica, em nível de 5% de probabilidade, apenas para as propriedades densidade aparente, umidade, cinzas e friabilidade do carvão vegetal.

Observa-se que houve um aumento significativo na densidade aparente dos carvões com aumento do diâmetro. Possivelmente essa variação ocorreu devido a diferença da densidade básica das madeiras em cada classe diamétrica. Segundo Santos (2010), durante a carbonização da madeira, devido à degradação térmica de seus principais componentes, perde-se em média 65% de massa. Logo, quanto maior for a densidade da madeira, haverá mais massa de madeira, e conseqüentemente, maior será a massa restante presente no carvão vegetal. Oliveira (2012) observou valores de densidade aparente do carvão vegetal de 312 kg/m³, carbonizando madeira de *Eucalyptus* spp. com densidade básica de 420 kg/m³ e Cardoso (2010) obteve valores médios de 441 kg/m³, utilizando madeira de *Eucalyptus* sp. com densidade básica igual a 570 kg/m³.

Verificou-se que a densidade a granel não foi influenciada pelo diâmetro da madeira, apresentando um valor médio de 186,71 kg/m³. Oliveira (2012) encontrou um valor de densidade a granel de 181 kg/m³, valor similar ao encontrado neste trabalho. Barcellos (2002) analisando o desempenho da carbonização em um forno semi-contínuo tipo container, encontrou valores de 165 kg/m³ para densidade a granel.

Quanto a umidade do carvão, observa-se que a classe de diâmetro 3 obteve de forma significativa o maior teor de umidade. Não houve diferenças significativas nos demais diâmetros. Segundo Santos (2008), de modo geral, o teor de umidade do carvão situa-se entre 2 e 8 %, portanto, os valores encontrados neste trabalho enquadram-se nessa faixa de variação. Teores de umidade semelhantes, também foram encontrados por Oliveira (2012) e Cardoso (2010).

O maior teor de cinzas foi obtido para o carvão vegetal da classe de diâmetro 1. Vale ressaltar que a madeira utilizada na classe 1, foi proveniente da parte superior do tronco da árvore. Sabe-se que nessa região há presença de lenho juvenil, aquele formado próximo do meristema primário da copa. A madeira juvenil, de uma forma geral, apresenta menor porcentagem de lenho tardio e maior porcentagem de lenho inicial, dentre outras características. Kaka e Goring (1983), citados por Andrade (1989), detectaram que o conteúdo de minerais no lenho inicial é maior do que aquele encontrado no lenho tardio, em razão da primeira região ser uma área de intensa atividade fisiológica. Sendo assim, provavelmente, os



maiores valores de teor de cinzas da classe 1 justificam-se em função da maior porcentagem de lenho inicial nas porções superiores do tronco.

Os teores médios de materiais voláteis e carbono fixo foram 18,10 e 81,11%, respectivamente. Valores semelhantes foram observados por Oliveira (2012), que encontrou teores de 17,07 %, para materiais voláteis e 81,93% para carbono fixo. Frederico (2009) avaliando 5 clones de *Eucalyptus* encontrou teores de materiais voláteis variando de 15,01 a 19, 15 %, e teores de carbono fixo variando na faixa de 80,13 a 82,79%.

A friabilidade do carvão vegetal foi afetada pela classe diamétrica da madeira conforme pode ser observado na Tabela 4. Observa-se que o carvão vegetal proveniente da classe 3 foi significativamente mais friável que os demais. Para as classes 1 e 2 não se observou diferenças significativas entre eles. Porém, de modo geral, houve um aumento da friabilidade do carvão com o aumento do diâmetro da madeira.

Madeiras de maiores diâmetros possuem maiores área de cerne, essa região está mais propícia à formação de trincas e fissuras durante a carbonização, ocasionando maior geração de finos. Segundo Tarkov (1978), citado por Mendes *et al.* (1982), as trincas e fissuras internas do carvão constituem zonas de concentração de tensão, a formação dessas zonas podem ser atribuídas a baixa permeabilidade da região central (cerne) da madeira. Para Coutinho e Ferraz (1988) a variação da densidade no sentido medula-casca combinada com o aumento da área de cerne são responsáveis pela formação de tensões internas durante o processo de perda de umidade influenciando, conseqüentemente, na geração de finos no carvão vegetal.

De acordo com a classificação do Centro Tecnológico de Minas Gerais (Cetec) para carvão vegetal, citado por Oliveira *et al.* (1982), a friabilidade encontrada para o carvão, proveniente da madeira da classe de diâmetro 3, apresentou uma friabilidade média de 25,83 %, sendo classificada como bastante friável. Já na classe 1 e 2 observou-se uma friabilidade de 16,62 e 18, 17 %, respectivamente, sendo classificadas como medianamente friáveis.

Coutinho e Ferraz (1988) avaliando a friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização observaram um aumento na friabilidade em função do aumento do diâmetro e da temperatura. Vale ressaltar que o teor de umidade da madeira também pode influenciar na friabilidade do carvão, uma vez que, normalmente altos teores de umidade estão associados a gases de expansão rápida durante a carbonização, o que provoca rupturas generalizadas na estrutura do carvão resultante, e conseqüentemente, causa um aumento na sua friabilidade (CARDOSO, 2010).

3. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

*Para que o processo de secagem ocorra mais rápido, a madeira deve apresentar dentre outras características, menor diâmetro e comprimento, ausência de casca e alta permeabilidade.

*As influências dos fatores inerentes ao ambiente também devem ser consideradas para se obter maior eficiência do processo de secagem. Por isso, a medição constante das variáveis, tais como temperatura e umidade, podem auxiliar no controle do processo.

*Madeiras de maior diâmetro necessitam de uma carbonização mais lenta, pois a velocidade de saída dos gases que geram pressão interna na madeira produz carvão com maior friabilidade. Em madeiras de menores diâmetros é necessário um maior controle da carbonização.

*Carvões produzidos a partir de toras com maior diâmetro possuem maior densidade aparente, maior umidade, menor teor de cinzas e maior friabilidade.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6922:Carvão vegetal: determinação da massa específica (densidade a granel). Rio de Janeiro, 1981. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941: Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. Anuário estatístico: ano base 2012. 2013, 142 p.

ANDRADE, A. M. Influência da casca de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no rendimento e qualidade do carvão vegetal. 1989. 86 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1989.

BARCELLOS, D.C. Forno container para produção de carvão vegetal: desempenho, perfil térmico e controle da poluição. 2002. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

CARDOSO, M. T. Desempenho de um sistema de forno-fornalha para combustão de gases na carbonização de madeira. 2010. 77p. Dissertação (Mestrado em ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. IPEF, n.38, p.33-37, 1988.

FREDERICO, P. G. U. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. 2009. 73p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

MARQUES, M. H. B. Agrupamento de 41 espécies de madeiras da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas. 2008. 122p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

MENDES, M. G. GOMES, P. A. OLIVEIRA, J. B. Propriedades e controle da qualidade do carvão vegetal. Produção e utilização de carvão vegetal. Belo Horizonte, Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC, p. 77- 89, 1982.

OLIVEIRA, A. C. Sistema forno-fornalha para produção de carvão vegetal. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

OLIVEIRA, J. B. de. VIVACQUA FILHO, A. GOMES, P.A. Produção de Carvão Vegetal - aspectos técnicos. In: PENEDO, W. R. *et al.* Eds. Produção e utilização de carvão vegetal. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p.60-73.

II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



RAAD, T. J. Simulação do processo de secagem e carbonização do *Eucalyptus* spp. 2004. 115p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG. 2004.

REZENDE, M. E. Produção de carvão vegetal – importância do conhecimento fundamental. 2006. Belo Horizonte - MG. 2006.

REZENDE, R. N. Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão. 2009. 178p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

SANTOS, R. C. dos. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2010.

TRUGILHO, P. F. Carbonização da madeira e controle de qualidade do carvão vegetal. Lavras: UFLA, 2006. 41 p.

VALENTE, A. F. LELLES, J. G. Carbonização da madeira de *Eucalyptus*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 74-79, set. 1986.

VITAL, B. R. DELLA LUCIA, R. M. VALENTE, O. F. Estimativa do teor de umidade de lenha para carvão em função do tempo de secagem. Revista *Árvore*, v.9, s/n, p.10-27, 1985.