

QUALIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO PLANTADO EM SISTEMA AGROSILVOPASTORIL PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Yllian Banchieri RIBEIRO¹; Paulo Fernando TRUGILHO¹; Allan Motta COUTO²; Breno Assis LOUREIRO¹; Taiana Guimarães ARRIEL¹; Luciano Junqueira COSTA¹

1 – Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil
2 – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

RESUMO: A madeira é um material considerado heterogêneo. As variações nas características químicas, físicas, anatômicas e mecânicas são as responsáveis pela variabilidade da madeira e de seus produtos. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp., plantados em sistemas agrossilvopastoril para a produção de carvão vegetal cultivados na região noroeste do Estado de Minas Gerais. Foram utilizados 10 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, sendo estes oriundos de teste clonal implantado na fazenda Bom Sucesso, pertencente ao grupo Votorantim. Foram determinados valores de densidade básica e o teor de lignina solúvel e insolúvel da madeira. Pelos resultados obtidos pode-se verificar que os clones 3, 5 e 8, com os maiores valores de lignina e densidade básica, se apresentam com grande potencial para produção de energia e carvão vegetal.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, qualidade, madeira.

WOOD QUALITY OF EUCALYPTUS TREES IN AN AGROSILVOPASTORAL SYSTEM DESIGNED FOR ENERGY PURPOSES

ABSTRACT: Wood is a heterogeneous biomaterial with chemical, physics, anatomic and mechanical variations that are responsible for the variability in the wood and its products. This study aimed to evaluate wood quality of clonal *Eucalyptus* spp. in an agrosilvopastoral system implanted in the Northwest of Minas Gerais State. There were used 10 natural hybrid clones of *Eucalyptus* genre from a tree nursery of Votorantim Corporation at Bom Sucesso farm. Values of wood basic density and soluble and insoluble lignin content were measured. The results from clones number 3, 5 and 8 were higher in values of lignin content and wood basic density compared to the other samples, representing a great potential for energy production and charcoal.

Keywords: *Eucalyptus*, wood quality, wood.

1 INTRODUÇÃO

A siderurgia faz parte do setor que contribui para o desenvolvimento do país. Sua importância está principalmente no conteúdo presente em diferentes materiais como, por exemplo, aqueles que fazem o uso do aço.



Um dos insumos utilizados pela siderurgia para a produção do ferro gusa e aço é o carvão vegetal. Produto oriundo de uma fonte natural renovável e funciona como termoreductor do minério de ferro.

As siderúrgicas que consomem madeira de reflorestamento, apresentam por vantagem comparativa em termos ambientais e sociais mais adequados, pois conseguem selos ambientais que irão valorizar o carvão vegetal (GOMES, 2006).

A siderurgia a carvão vegetal no Brasil está basicamente concentrada no estado de Minas Gerais e Pará. Esta concentração se deve principalmente por estes estados possuírem as maiores quantidades de minério de ferro, conseqüentemente abrigando a grande maioria das siderurgias.

O Brasil é o maior produtor de carvão vegetal do mundo. Entre o ano de 2009 e 2012 as florestas plantadas obtiveram um aumento de 61,4% (ABRAF, 2013). A necessidade de aumento da área plantada advém da intensa demanda industrial e do programa de auto suprimento em carvão vegetal siderúrgico lançado pelo governo mineiro. O parque siderúrgico nacional a carvão vegetal instalado em Minas Gerais, fez do Estado o maior produtor e maior consumidor de carvão vegetal do Brasil na atualidade.

Segundo IBÁ (2014), em 2013 o Brasil conseguiu atingir a produção de 7,6 milhões de toneladas de ferro-gusa produzido a carvão vegetal, sendo que o consumo nacional foi de 5,9 milhões de toneladas de ferro-gusa, em que 76% de participação de madeira originada de florestas plantadas.

No início da expansão da produtividade de madeira havia pouca preocupação quanto a qualidade da madeira. Eram apenas consideradas as características associadas ao crescimento da planta como parâmetro de seleção. Com o passar do tempo os parâmetros de crescimento já não mais eram suficientes para selecionar clones superiores destinados a finalidades distintas. Assim, parâmetros de crescimento associados a qualidade da madeira passaram a serem estudados mais intensamente no intuito de se obter materiais de rápido crescimento e com qualidade superior em função de um dado objetivo (TRUGILHO et al., 2001).

Dessa forma, a determinação das propriedades químicas, físicas, mecânicas e anatômicas da madeira, passaram a ser mais comuns e usuais, quer seja para avaliar materiais de plantios em sistema convencional ou sistemas agrosilvopastoril.

O sistema agrosilvopastoril representa uma combinação de produtos agrícolas, florestais e agropecuários, sendo uma opção viável para promover a sustentabilidade da produção dos três segmentos. É um método onde a maior preocupação é com a biodiversidade associado a conservação dos solos e das micro bacias da região. Entretanto, acaba sendo favorecidos pelos multiprodutos que esse sistema lhe oferece, permitindo obter renda extra com o cultivo de outras culturas simultaneamente a produção de madeira pela floresta.

Sabendo a importância da qualidade da madeira sobre a qualidade e produção do carvão vegetal, este trabalho tem como o objetivo avaliar a qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* sp., plantados em sistema agrosilvopastoril cultivados na região noroeste do Estado de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Genético

Para a realização do presente estudo, utilizou-se 10 clones híbridos naturais, do gênero *Eucalyptus*, aos 9 anos de idade. Tais clones foram provenientes de testes instalados pela

Votorantim Bioenergia, em 1988, para selecionar materiais genéticos mais produtivos e adaptados às diferentes condições edafoclimáticas da região.

As estacas que deram origem aos clones em questão foram obtidas de árvores superiores, de plantios comerciais da Votorantim, cultivadas a partir de sementes provenientes da Austrália, as quais não possuíam controle de polinização. Sendo assim, detectaram-se apenas duas das espécies paternas, o *Eucalyptus camaldulensis* e o *Eucalyptus urophylla*.

2.2 Local de Experimentação

O experimento foi instalado na fazenda Bom Sucesso, propriedade da Votorantim Bioenergia, pertencente ao grupo Votorantim. A fazenda Bom Sucesso está localizada no município de Vazante – MG. A latitude é de, aproximadamente, 17°36' Sul e a longitude 46°42' Oeste de Greenwich, a uma altitude de 550 m. O clima da área é do tipo Aw, tropical úmido, de savana, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação climática de Köppen. Apresenta uma temperatura média anual de 24° C e precipitação média anual de 1450 mm.

2.3 Amostragem

Para a realização do estudo foram estipuladas três diferentes posições ao longo do tronco. A primeira posição correspondeu à tora número 1, correspondendo da base (0,30 cm do solo) até os 3 primeiros metros. A segunda posição correspondeu à tora número 2, retirada entre 3,30 e 6,30 m de altura e a terceira posição correspondeu à tora número 3, retirada entre 6,30 e 9,30 m de altura.

Padronizou-se a altura final em 9 metros, pois esta é a altura comercial e de poda adotada, para árvores destinadas à produção de madeira serrada pela Votorantim Bioenergia.

Portanto, foram obtidas 3 toras de cada árvore. De cada tora produzida foi retirada uma prancha diametral de 10 cm de espessura. As tábuas diametraes obtidas foram subdivididas em duas partes, que foram aplainadas e divididas em sarrafos, com as dimensões de 6,5 x 6,5 x 130,0 cm, os quais foram responsáveis pela produção das amostras destinadas à realização das análises químicas, densidade básica e seca e carbonização em escala de laboratório (Figura 1).

As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Usinagem da Madeira da UFLA, onde se retiraram os corpos-de-prova necessários à execução das análises.

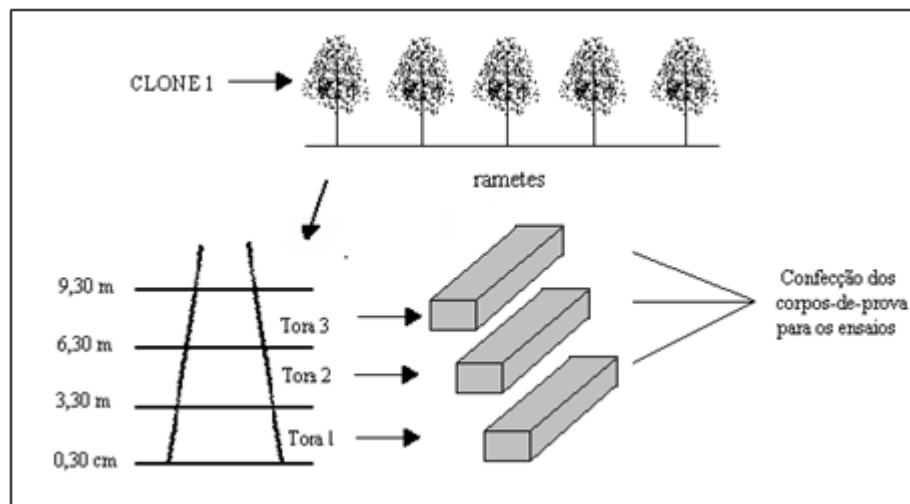


Figura 1: Amostragem dos 10 clones de *Eucalyptus* spp. aos 9 anos de idade.



2.4 Densidades da madeira

As densidades básica, seca e aparente foram obtidas utilizando-se a norma NBR 11941 da ABNT (2003).

2.4.1 Densidade básica da madeira

Para a determinação da densidade básica da madeira (DB), utilizou-se corpo-de-prova com as dimensões de 2,5 x 2,5 x 10 cm. Os corpos-de-prova, após preparados, foram colocados em água e mantidos sob vácuo, em dissecadores, até atingirem completa saturação.

2.4.2 Densidade seca da madeira

Para a determinação da densidade seca da madeira (DS), utilizou-se corpo-de-prova com as dimensões de 2,5 x 2,5 x 10 cm. Os corpos-de-prova, após preparados, foram colocados na estufa e deixado até a 0% de umidade. Os corpos-de-prova foram mergulhados no mercúrio para a estimativa de volume.

2.4.3 Densidade aparente da madeira

Para a determinação da densidade aparente da madeira (DA), utilizou-se corpo-de-prova com as dimensões de 2,5 x 2,5 x 10 cm. Os corpos-de-prova, segundo Vital (1984), foram imersos em água e determinado o volume ($U=12\%$) pelo empuxo do líquido registrado em balança de precisão.

2.5 Análise Química

O teor de lignina (Klason) foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por meio da espectrofotometria, sendo utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi tomada como sendo a soma das ligninas solúvel e insolúvel.

2.6 Delineamento Experimental

O esquema experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições, conforme o modelo estatístico descrito na equação 1.

$$Y_{ij} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

em que, Y_{ij} é a observação do i -ésimo clone na repetição j ; μ : média geral; C_i é o efeito do i -ésimo clone ($i = 1, 2, \dots, 10$), efeito fixo; ε_{ij} é o erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Os clones foram classificados segundo teste de comparação múltipla de Scott-Knott utilizando-se um nível de significância de 5%.

Foram realizadas também análises de regressão e dos desvios para avaliar as relações funcionais entre as propriedades da madeira.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características avaliadas na madeira

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância para o teor de lignina insolúvel, solúvel e total, densidade básica, densidade aparente ($UBS = 12\%$) e densidade anidra. Observa-se que o efeito de clone foi significativo para todas as características avaliadas na madeira. Pode-se, verificar ainda que os coeficientes de variação experimental foram baixos, exceto para o teor de lignina solúvel, indicando que o delineamento utilizado foi adequado.



Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características avaliadas na madeira dos clones

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		LIGINS	LIGSOL	LIGTOT	DA	DS	DB
Clone	9	22,782**	0,5339**	17,814**	0,0227**	0,0228**	0,0118**
Resíduo	40	1,781	0,0292	1,735	0,000755	0,00061	0,00040
Total	9						
Média		27,76	0,804	28,57	0,6400	0,612	0,527
CVe (%)		4,81	21,26	4,61	4,29	4,04	3,81

FV: Fonte de variação; GL: Graus de Liberdade; LIGINS, LIGSOL e LIGTOT = teor de lignina insolúvel, solúvel e total; DA, DS e DB = densidade aparente, seca e básica; CVe = coeficiente de variação experimental; ** significativo a 99% de probabilidade.

A Tabela 2 apresenta os valores médios das variáveis avaliadas e a classificação dos clones segundo o teste de comparação múltipla de médias Skott-Knott a 5% de significância. Observa-se que o clone 5 apresentou o maior teor de lignina total, seguido pelos clones 3, 4 e 8. O clone 3 apresentou a maior densidade aparente e seca ou anidra da madeira, seguido pelos clones 5 e 8. Os clones 3, 5 e 8 apresentaram os maiores valores em densidade básica da madeira.

Tabela 2. Valores médios das características avaliadas na madeira dos clones

CLONE	Teor de Lignina (%)			Densidade (g/cm ³)		
	Insolúvel	Solúvel	Total	Aparente*	Seca	Básica
1	27,53B	0,64A	28,17A	0,628B	0,599B	0,525C
2	26,82B	0,91B	27,73A	0,599B	0,568B	0,488B
3	29,61C	0,46A	30,13B	0,760E	0,736E	0,588E
4	28,42C	0,90B	29,33B	0,648C	0,612C	0,528C
5	31,98D	0,45A	32,43C	0,712D	0,684D	0,595E
6	27,87B	0,48A	28,34A	0,616B	0,591B	0,518C
7	25,05A	0,99B	26,05A	0,651C	0,627C	0,540D
8	29,05C	0,61A	29,66B	0,690D	0,657D	0,573E
9	25,34A	1,31C	26,65A	0,540A	0,513A	0,450A
10	25,88A	1,29C	27,16A	0,562A	0,534A	0,472B

* Umidade de 12%

Segundo Brito & Barrichelo (1977) a lignina é um componente químico que contribui positivamente para o rendimento gravimétrico devido a sua maior resistência à degradação térmica, portanto podemos avaliar que o presente material tem um alto potencial para a produção de bioenergia.

Resultados obtidos nos trabalhos de Vale et al., (2001) e Protásio et al (2012) informam que a lignina, por apresentar alto teor de carbono e ligações mais fortes e estáveis, apresenta elevada estabilidade térmica e é diretamente proporcional a qualidade e produção do carvão vegetal.

Além do teor do teor de lignina, a densidade é de extrema importância. Existe uma relação direta ou proporcional entre a densidade básica da madeira e a densidade relativa



aparente do carvão vegetal (TRUGILHO, 2006). Trugilho et al. (2001), trabalhando com madeira de *E. grandis* e *E. saligna* aos sete anos idade destinados a produção de carvão, encontraram valores variando de 0,508 a 0,603 g/cm³ e 30,53 a 34, 23%, para densidade básica média e teor de lignina total. Estes valores estão em conformidade aos encontrados neste trabalho.

Pelos resultados da classificação dos clones (Tabela 2) pode-se inferir que os materiais genéticos 3, 5 e 8, que apresentaram os maiores valores médios de densidade básica, aparente e seca, além do maior teor de lignina na madeira possuem potencial para o uso na produção de carvão vegetal e energia da biomassa. O clone 4 também apresenta potencial para esta finalidade uma vez que também possui elevado teor de lignina total na madeira.

Tendo em vista a elevada densidade básica da madeira dos clones classificados, espera-se que a resistência mecânica do carvão vegetal, bem como a sua densidade energética e quantidade de reductor (carbono) por unidade de volume serão também influenciados por essa propriedade da madeira de origem (ASSIS et al., 2012).

6 CONCLUSÃO

Os clones 3, 5 e 8, com os maiores valores de lignina e densidade básica, aparente e seca apresentam grande potencial para produção de energia e carvão vegetal. O Clone 4, devido ao elevado teor de lignina na madeira também pode ser uma opção para esta atividade.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq, CAPES e FAPEMIG pela ajuda financeira

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, M.R.; PROTÁSIO, T.P.; ASSIS, C.O.; TRUGILHO, P.F.; SANTANA, W.M.S. Qualidade e rendimentos do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.32, n.71, p.291-302, 2012.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília, p. 89. 2013.

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. Boletim informativo IPEF, Piracicaba, SP, n. 14, p.9-20, 1977.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWING, C. H. (Ed.) Lignins. New York: Wiley Interscience, 1971. p. 241-266.



GOMES, M.T.M. Potencialidades de inserção do carvão vegetal em bolsa de mercadorias. 71 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. O PAPEL, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. IBÁ. Relatório Anual do IBÁ 2014 ano base 2013. Brasília, p. 66. 2014.

PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; NEVES, T.A.; VIEIRA, C.M.M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus. Scientia Forestalis, Piracicaba, SP, v.40, n.95, p.317-326, 2012.

TRUGILHO, P.F., LIMA, J.T., MORI, F.A., LINO, A.L. Avaliação de clones de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal. Cerne 2001; 7(2): 104-114.

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

VALE, A. T.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; NOGUEIRA, M. Relações entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do cerrado. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 25, n. 89, p. 89-95, 2001.

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