AVALIAÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus* PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Paulo Fernando Trugilho[1], José Tarcísio Lima[1], Fábio Akira Mori[1], Ana Luiza Lino[2]

RESUMO: O carvão vegetal representa uma importante posição na economia brasileira, especialmente em Minas Gerais, principal estado produtor e consumidor. Um problema relacionado ao uso do carvão vegetal é sua variabilidade em qualidade, uma vez que esse produto sofre grande influência da madeira e do processo de produção. A variabilidade ocasiona desperdício do material e pode dificultar a operação dos alto fornos siderúrgicos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a madeira de dez clones, sendo sete de *Eucalyptus grandis* e três de *Eucalyptus saligna,* visando à produção de carvão vegetal. Procurou-se também fazer a seleção dos clones de maior potencial, cuja finalidade é subsidiar o estabelecimento de um programa de melhoramento genético florestal para essa finalidade. Na avaliação, consideraram-se as características qualitativas e quantitativas do carvão vegetal. Pelos resultados verificou-se que existe grande variação entre os clones avaliados, sendo maior nos de *Eucalyptus grandis*. A produção de matéria seca, aliada à estimativa de massa de lignina e de carvão vegetal, proporcionou uma classificação dos clones considerados superiores (cinco, seis e dois), intermediários (dez, três, um e oito) e inferiores (nove, quatro e sete). O clone sete foi o pior para produção de carvão vegetal devido ao seu baixo crescimento vegetativo. A classificação dos clones com base nas características químicas e de rendimento em carvão vegetal não foi satisfatória. O fator crescimento foi decisivo para a classificação dos clones, devendo as características de crescimento serem incorporadas nas futuras avaliações da qualidade da madeira. Os clones de *E. grandis* foram superiores aos de *Eucalyptus saligna*.

Palavras-chave: Carvão vegetal, madeira, clones, *Eucalyptus*

EVALUATION OF *Eucalyptus* CLONES FOR CHARCOAL PRODUCTION

***ABSTRACT**: Charcoal is economically representative in the Brazilian economy, specially in Minas Gerais, the main producer, and consumer of this product. A problem related to the charcoal utilization is its heterogeneous quality, which is influenced both for the wood and the production process. This variability causes waste of material and make it difficult to handle the blast furnaces. The objective of this work was to evaluate the wood of ten clones: seven of Eucalyptus grandis and three of Eucalyptus saligna: both directed to charcoal production. Also, it was looked for to select clones with higher*

[1] Professores do Departamento de Ciências Florestais da UFLA, Caixa Postal 37, 37200-000 – Lavras – MG.

[2] Engenheira Florestal.

capacity for the establishment of a forestry improvement program. During the assessment it was considered the quantitative and qualitative characteristics of the charcoal. According to the results it was verified that there exists a large variation among the assessed clones, which is higher in Eucalyptus grandis. The production of dry mass, associated to the estimation of mass of both lignin and charcoal proportionate a classification of the clones considered as the superior (clones number five, six and two), median (clones number ten, three, one and eight) and inferior (clones number nine, four and seven). Clone seven was the worsen for the charcoal production due to its low growth rate. The classification of the clones based on both the wood chemical characteristics and charcoal yield was not satisfactory. The growth rate was fundamental for the clones classification, being recommendable to incorporate it in future assessment of wood quality. Eucalyptus grandis clones were superior to Eucalyptus saligna clones.

Key words: Charcoal, wood, clones, Eucalyptus.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a madeira é usada amplamente como fonte de energia. Existe uma certa tradição no emprego dos recursos naturais renováveis, em que a energia hidráulica, a lenha, o bagaço de cana e outras fontes primárias contribuem com cerca de 55% do total do consumo energético nacional. Nesse contexto, a lenha contribui com 9,0% do consumo total (Brasil, 2000).

O Brasil possui uma extensa área com plantações de eucaliptos, cerca de 3 milhões de hectares, sendo considerada a maior no mundo. Grande parte dessa área está localizada no estado de Minas Gerais. Várias espécies de eucaliptos foram inicialmente introduzidas para atender à produção de lenha. Entretanto, estas espécies foram selecionadas obedecendo somente ao zoneamento ecológico para reflorestamento proposto por Golfari e Pinheiro Neto, em 1970. A seleção com base nas características de qualidade da madeira só foi considerada mais tarde, especialmente para atender à produção de carvão vegetal e de celulose e papel. Vários trabalhos foram realizados visando obter maiores informações com relação à influência da qualidade da madeira e do processo de obtenção do carvão vegetal. Citam-se, dentre vários, os trabalhos de Almeida (1983), Oliveira (1988) e Trugilho (1995).

Apesar da redução do consumo nos últimos anos, o carvão vegetal ainda possui uma posição de grande importância na economia brasileira, em especial para Minas Gerais, principal estado produtor e consumidor. Ocupa posição de destaque no setor siderúrgico, no qual contribui para a produção de ferro-gusa, aço e ferro-liga. Além da indústria siderúrgica, o carvão vegetal também participa como substituto do óleo combustível nas caldeiras e nos fornos de combustão da indústria de cimento e de materiais primários. Segundo a Associação Brasileira de Florestas Renováveis (2001), a produção de carvão vegetal em 1999 foi de 26,9 milhões de metros de carvão, tendo 70% desse valor sido obtido com madeira de reflorestamento. O carvão vegetal destinado ao uso siderúrgico representa uma das mais importantes atividades que alavancam o nosso desenvolvimento industrial, tendo visto que, em 1999, a produção de ferro-gusa foi de 24,5 milhões de toneladas.

Um problema relacionado à utilização do carvão vegetal é sua alta variabilidade em qualidade, uma vez que esse produto sofre grande influência da madeira que lhe deu origem e do sistema de produção. Essa variabilidade ocasiona grande desperdício do material, pois dificulta a operação dos alto fornos siderúrgicos.

Com a obrigatoriedade da auto-suficiência, as empresas estão dando uma maior importância ao desenvolvimento de novas tecnologias de produção de madeira, avaliação da sua qualidade, bem como da sua transformação em carvão vegetal. Avaliações que levam em consideração o potencial produtor de carvão e a sua qualidade têm se tornado uma rotina para as empresas que necessitam dessa matéria-prima.

Reconhecendo a importância e as potencialidades relativas ao carvão vegetal, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a madeira de dez clones, sendo sete de *Eucalyptus grandis* e três de *Eucalyptus saligna*, visando à produção de carvão vegetal e à seleção daqueles de maior potencial para subsidiar programas de melhoramento genético florestal. Foram consideradas as características de crescimento, da madeira e aquelas qualitativas e quantitativas do carvão vegetal obtido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

Foi utilizada, no presente trabalho, madeira de sete clones de *Eucalyptus grandis* e três de *Eucalyptus saligna* proveniente de plantio experimental da Companhia Agrícola e Florestal Santa Barbara – CAF Florestal Ltda, localizada no município de Bom Despacho, MG. O experimento tinha 7 anos de idade e espaçamento 3,0 x 2,0 m. Foram avaliadas cinco árvores-amostra, escolhidas ao acaso, por clone. Em cada árvore-amostra foram retirados discos de 2,5 cm de espessura na base, a 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, sendo considerada até um diâmetro de 5 cm. Os discos foram subdivididos em quatro cunhas, sendo utilizadas duas opostas para determinação da densidade básica e as demais para a carbonização e análise química da madeira.

Todas as árvores-amostra foram cubadas para determinar o seu volume. Na madeira foram realizadas análises físicas (densidade básica, conforme procedimento de Vital, 1984) e químicas (teor de lignina Klason insolúvel e solúvel, de acordo com Gomide & Demuner, 1986 e Goldschimid, 1971, extrativos totais e teor de cinzas, conforme as normas da ABTCP, 1974) na madeira, visando avaliar a sua relação com as propriedades do carvão vegetal obtido. As densidades básicas da madeira e da casca foram determinadas por ponto de amostragem. A análise química foi determinada em uma amostra composta representativa de toda a árvore.

2.2. Carbonização da madeira e características avaliadas no carvão vegetal

As carbonizações foram realizadas em um forno elétrico (mufla) adaptado, conforme a Figura 1. O controle do aquecimento foi manual, com incrementos de 50°C a cada 30 minutos, o que corresponde a uma taxa média de 1,67°C por minuto. A temperatura inicial foi sempre igual a 100°C e a temperatura máxima foi de 450°C, permanecendo estabilizada por um período de 30 minutos. O tempo total de carbonização foi, portanto, de 4 horas. Foram usados em cada ensaio, aproximadamente, 500g de madeira, dependendo da espécie, em forma de cunha, retirada em cada ponto na árvore-amostra, previamente seca em estufa a 105 ± 3°C.

Após cada carbonização, foi determinado o rendimento gravimétrico de carvão, de líquido pirolenhoso e por diferença de gases não-condensáveis, todos em relação ao peso da madeira seca. Foi determinado também o rendimento em carbono fixo.

Foi realizada a análise química imediata do carvão para determinar o teor de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo, por meio da Norma NBR 8112 (ABNT, 1983).

A densidade relativa aparente do carvão vegetal foi determinada pelo método hidrostático, por meio da imersão em água, conforme descrito por Vital (1984). Ela foi calculada como sendo a média aritmética, levando-se em consideração os cinco pontos de amostragem ao longo do tronco para cada árvore-amostra.

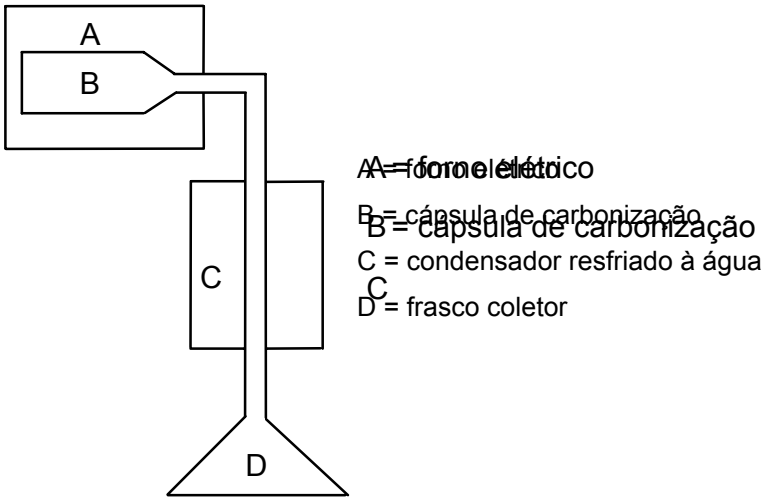

Figura 1. Esquema do equipamento utilizado nas carbonizações
Figure 1. *Scheme of the equipment utilised in the carbonisation*

2.3. Delineamento experimental

Na avaliação do experimento utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com dez tratamentos (clones) e cinco repetições (árvores-amostra). Para a comparação mútipla utilizou-se o teste de Scott-Knott.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados médios para as características de crescimento dos clones avaliados, onde se observaram grande variação em relação ao crescimento entre os clones de *Eucalyptus* grandis (clones de um a sete) e variação bem menos expressiva entre os clones de *Eucalyptus saligna* (clones de oito a dez). Essa maior variação observada entre os clones de *Eucalyptus grandis* pode ser atribuída ao número de clones avaliados e também ao clone sete. Quanto maior a variação existente entre clones, melhor do ponto de vista do melhoramento genético. O clone sete foi o que produziu a menor quantidade de matéria seca, sendo caracterizado como um material genético de baixo crescimento vegetativo. Os clones dois, cinco e seis foram os que produziram as maiores quantidades de matéria seca. Quanto maior a produção de matéria seca, mais adequado será o material para a finalidade de uso como energia.

A Tabela 2 apresenta os resultados médios para as características químicas e de densidade avaliadas nos clones. Também pode-se observar a existência de maior variação entre os clones de Eucalyptus grandis. Os teores de lignina insolúvel foram elevados em todos os clones avaliados, tendo sido maior no clone cinco. Estes resultados estão de acordo com Brito et al. (1984), Oliveira (1988), Andrade (1993) e Trugilho (1995), ou seja, a madeira de eucalipto possui alto teor de lignina. Muito provavelmente isso ocorre por se tratar ainda de madeira na fase juvenil.

Os resultados médios das características avaliadas no carvão vegetal estão apresentados na Tabela 3. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Trugilho (1995), que trabalhou com clones de Eucalyptus sp em diversas idades, e por Brito et al. (1984), que trabalharam com várias espécies do gênero.

Tabela 1. Valores médios para as características de crescimento dos clones
Table 1. *Average values for the clones growth characteristics*

CLONE	DAP	ALT	VCC	VSC	VC	MSMAD	MSCAS	MSTOT
1	16,5	21,4	0,194167	0,169017	0,025150	85,91	6,79	92,70
2	17,4	22,4	0,214629	0,189515	0,025114	99,28	7,18	106,46
3	15,8	22,4	0,187027	0,166979	0,020048	92,86	5,36	98,22
4	14,8	19,0	0,119551	0,098951	0,020600	58,37	6,91	65,28
5	16,8	25,2	0,240117	0,216354	0,023764	129,42	6,01	135,43
6	17,7	22,2	0,232377	0,197293	0,035085	115,35	12,01	127,36
7	9,8	13,8	0,044989	0,037453	0,007537	19,94	2,04	21,98
CV	20,52	16,78	47,29	48,57	44,91	50,45	50,49	49,66
8	16,7	20,2	0,176677	0,149927	0,026749	86,55	8,55	95,10
9	15,3	19,2	0,135681	0,113213	0,022468	57,94	6,89	64,83
10	17,9	20,4	0,186218	0,157722	0,028496	94,93	8,85	103,78
CV	22,62	6,13	41,34	42,10	40,85	41,77	42,03	44,86

DAP = diâmetro à altura do peito (cm); ALT = altura total (m); VCC, VSC e VC = volume com casca, sem casca e de casaca (m^3); MSMAD, MSCAS E MSTOT = matéria seca na madeira, casca e total (kg).

Tabela 2. Valores médios para as características químicas e de densidade básica
Table 2. *Average values for basic density and chemical characteristics*

CLONE	DBMAD	DBCASCA	TET	TLIGINS	TLIGSOL	TLIGT	TCZ
1	0,508	0,269	7,25	29,16	1,43	30,59	0,15
2	0,520	0,287	4,87	31,41	1,18	32,59	0,15
3	0,548	0,268	7,75	27,93	1,24	29,17	0,17
4	0,595	0,334	6,27	31,12	1,54	32,66	0,10
5	0,597	0,252	5,89	32,75	1,48	34,23	0,15
6	0,586	0,343	6,59	29,26	1,27	30,53	0,17
7	0,534	0,269	7,61	31,67	1,76	33,43	0,25
CV	4,28	4,28	28,61	10,16	33,74	9,53	44,94
8	0,577	0,318	6,50	30,62	1,00	31,62	0,15
9	0,514	0,304	7,54	30,10	1,00	31,10	0,21
10	0,603	0,311	6,83	30,42	1,39	31,81	0,20
CV	2,63	5,00	16,87	5,51	41,96	4,76	25,09

DBMAD e DBCASCA = densidade básica da madeira e da casca (g/cm^3); TET = teor de extrativos totais (%); TLIGINS, TLIGSOL e TLIGT = teor de lignina Klason insolúvel, solúvel em ácido e total (%); TCZ = teor de cinzas na madeira (%).

Tabela 3. Valores médios para as características avaliadas no carvão vegetal
Table 3. *Average values for the evaluated charcoal characteristics*

CLONE	DRAC	TMV	TCZ	TCF	RGC	RGNC	RLP	RCF
1	0,399	21,91	0,51	77,58	39,08	21,91	39,00	30,34
2	0,410	19,71	0,38	79,90	37,76	21,07	41,17	30,16
3	0,438	18,95	0,51	80,54	37,03	22,67	40,30	29,77
4	0,485	18,05	0,36	81,59	33,37	20,59	46,04	27,19
5	0,486	21,44	0,33	78,23	36,32	20,52	43,16	28,47
6	0,476	18,85	0,47	80,68	36,81	19,87	43,32	29,79
7	0,425	20,80	0,53	78,67	37,42	19,29	43,29	29,46
CV	9,66	9,36	24,04	2,36	5,99	5,56	5,53	5,24
8	0,467	20,07	0,28	79,65	37,40	22,74	39,86	29,77
9	0,405	23,50	0,32	76,18	38,97	19,25	41,79	29,72
10	0,491	21,28	0,25	78,47	38,63	22,13	39,23	30,33
CV	9,90	8,11	19,74	2,27	3,08	8,73	3,30	2,28

DRAC = densidade relativa aparente do carvão (g/cm^3); TMV, TCZ e TCF = representam os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo do carvão (%); RGC, RGNC, RLP e RCF = representam os rendimentos gravimétricos em carvão, gás não condesável, líquido pirolenhoso e carbono fixo (%).

Na Tabela 4 estão apresentadas as estimativas da massa de lignina (insolúvel e total) e de carvão vegetal em relação à matéria seca para os clones avaliados. Pelos resultados, observa-se que, para o *Eucalyptus grandis*, os clones cinco, seis e dois produziram maiores massas de lignina na madeira e de carvão vegetal. Para o *Eucalyptus saligna* o clone dez foi o destaque. Observou-se também que existe uma grande relação entre as massas estimadas de lignina, tanto a insolúvel como a total, com a de carvão vegetal na matéria seca, cuja correlação foi igual a 0,97 (Tabela 5). Este resultado indica que tanto a estimativa da massa de lignina insolúvel (LIG) quanto a total (LIGT) na matéria seca podem ser utilizadas como variáveis de classificação dos clones para produção de carvão vegetal.

As correlações simples entre o teor de lignina total na madeira com o teor de carbono fixo e com o rendimento gravimétrico em carvão foram de –0,12 e -0,29, respectivamente. Tais resultados não estão de acordo com Oliveira (1988) e Brito & Barrichello (1977). Esses autores encontraram correlação positiva e significativa entre teor de lignina e o rendimento em carvão vegetal e o teor de carbono fixo. Este fato pode estar relacionado à idade diferenciada nos trabalhos, ao local de coleta e, também, pela influência do efeito da espécie. A correlação entre a densidade básica da madeira com os teores de carbono fixo, materiais voláteis e cinzas no carvão vegetal foram de 0,46, -0,43 e –0,49, respectivamente, resultados semelhantes aos obtidos por Vale et al. (2001). Não foi encontrada correlação significativa entre a densidade básica e o teor de lignina da madeira, o que está de acordo com a literatura usual. A correlação entre o rendimento gravimétrico em carvão com os teores de carbono fixo e materiais voláteis foram de –0,75 e 0,74, respectivamente. Estes resultados são contrários aos obtidos por Brito & Barrichello (1977), o que pode ser devido à grande variabilidade encontrada entre os clones avaliados.

Tabela 4. Estimativa das massas de lignina insolúvel, total e de carvão vegetal
Table 4. *Estimation of the insoluble and total lignin masses and of the charcoal*

CLONE	LIG	LIGT	CARV
1	25,30	26,56	33,48
2	31,34	32,49	37,68
3	26,28	27,48	34,42
4	18,07	18,95	19,45
5	42,65	44,51	46,91
6	33,82	35,26	42,39
7	6,30	6,64	7,49
CV	54,46	54,01	51,04
8	26,53	27,41	32,20
9	17,67	18,22	22,55
10	28,53	30,16	36,57
CV	38,93	40,83	39,85

LIG = estimativa da massa de lignina insolúvel em relação à madeira seca (kg); LIGT = estimativa da massa de lignina total existente na matéria seca de madeira (kg); CARV = estimativa da massa produzida de carvão vegetal (kg).

Tabela 5. Correlação simples entre características de crescimento, da madeira e do carvão vegetal produzido
Table 5. *Simple correlation between growth, wood and produced charcoal characteristics*

	DAP	ALT	DBMAD	MSMAD	MSTOT	TLIGT	LIG	LIGT	CARV
DAP	1,00	0,68	0,21	0,89	0,90	-0,0034	0,85	0,86	0,90
ALT		1,00	0,21	0,82	0,81	-0,0564	0,80	0,80	0,80
DBMAD			1,00	0,33	0,33	0,1858	0,33	0,34	0,30
MSMAD				1,00	0,999	0,0561	0,98	0,98	0,99
MSTOT					1,00	0,0458	0,98	0,98	0,99
TLIGT						1,00	0,23	0,21	0,04
LIG							1,00	0,999	0,97
LIGT								1,00	0,97
CARV									1,00

DAP = diâmetro à altura do peito (cm); ALT = altura total (m); DBMAD = densidade básica da madeira (g/cm^3); MSMAD e MSTOT = matéria seca na madeira e total (kg); TLIGT = teor de lignica Klason total (%); LIG = estimativa da massa de lignina insolúvel em relação à madeira seca (kg); LIGT = estimativa da massa de lignina total existente na matéria seca de madeira (kg); CARV = estimativa da massa produzida de carvão vegetal (kg).

A Tabela 5 apresenta os valores de algumas correlações simples obtidas entre características de crescimento, da madeira e do carvão vegetal. Verifica-se, como era esperado, que os diâmetros à altura do peito e à altura total apresentaram elevada correlação com as estimativas da matéria seca (MSMAD), da massa de lignina (LIG e LIGT) e de carvão vegetal (CARV). As estimativas de lignina (LIG e LIGT) apresentam alta correlação com a produção de carvão vegetal (CARV). O teor de lignina total na madeira (TLIGT) não apresentou correlação significativa com as demais variáveis, indicando que esta característica, apesar de sua importância, não pode ser utilizada isoladamente como parâmetro de classificação da madeira para fins energéticos. Trugilho (1995), avaliando a correlação canônica entre grupos de características da madeira e do carvão vegetal, encontrou que o teor de lignina total influencia o rendimento em carvão vegetal. Deve ser ressaltado que a correlação canônica é um procedimento estatístico multivariado, o qual permite o exame da estrutura de relações entre dois grupos de variáveis.

As comparações múltiplas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente, para as características avaliadas na madeira e no carvão vegetal. O teste de comparação múltipla, baseado nas características de produção de matéria seca, estimativa da massa de lignina e de carvão vegetal em relação à matéria seca, permitiu classificar os clones em superiores, intermediários e inferiores. Os clones cinco, seis e dois se caracterizam como superiores; os clones dez, três, um e oito como intermediários, e os clones nove, quatro e sete como inferiores na produção de carvão vegetal. O clone sete caracteriza-se como o pior para a produção de carvão vegetal, apesar de possuir um elevado teor de lignina na madeira. A sua desclassificação para a produção de carvão vegetal se deve à baixa produção de matéria seca, que ocorreu devido ao pequeno volume de madeira produzida.

Analisando-se sob a ótica das informações referentes às características químicas e de rendimento em carvão vegetal (Tabela 7), a classificação dos clones visando à produção de carvão vegetal fica diferente da discutida anteriormente. Dessa forma, os clones 2, 4 e 8 foram os que apresentaram as características químicas mais desejáveis à produção de carvão vegetal, ou seja, baixo teor de materiais voláteis e de cinzas e maiores teores de carbono fixo. O clone 4 foi o que apresentou o menor rendimento gravimétrico da carbonização e em carbono fixo, sendo, portanto, desclassificado para a atividade de carvoejamento.

Com relação à produção de carvão vegetal e carbono, expressos pelos rendimentos gravimétricos da carbonização e em carbono fixo, os clones um, nove e dez são os de maior potencialidade para essa finalidade. O clone um é de Eucalyptus grandis, enquanto que os clones nove e dez são de Eucalyptus saligna. Este resultado foi completamente alterado quando se levou em consideração a estimativa da massa de lignina e carvão vegetal com base na matéria seca produzida por clone, como já discutido anteriormente. O fator crescimento passou a ser decisivo na classificação dos clones de maior potencial para dada finalidade, pois a produção de matéria seca passou a influenciar de maneira significativa o ranking dos clones. Este resultado indica que as características de crescimento sejam também incorporadas nos estudos de avaliação da qualidade da madeira, tendo em vista que elas foram decisivas na desqualificação do clone sete para a produção de carvão vegetal.

Tabela 6. Comparação múltipla para algumas variáveis avaliadas na madeira
Table 6. *Multiple comparison for some assessed variables in the wood*

DAP		ALT		DBMAD		MSMAD		MSTOT		TLIGT		LIG		LIGT	
CL	MÉDIA	CL	MÉDIA	CL	MÉDIA	CL	MÉDIA	CL	MÉDIA	CL	MÉDIA	CL	MÉDIA	CL	MÉDIA
10	17,9 A	5	25,2 A	10	0,603 A	5	129,42 A	5	135,43 A	5	34,23 A	5	42,65 A	5	44,51 A
6	17,7 A	2	22,4 B	5	0,597 A	6	115,35 A	6	127,36 A	7	33,43 A	6	33,82 A	6	35,26 A
2	17,4 A	3	22,4 B	4	0,595 A	2	99,28 A	2	106,46 A	4	32,66 A	2	31,34 A	2	32,49 A
5	16,8 A	6	22,2 B	6	0,586 A	10	94,93 A	10	103,78 A	2	32,59 A	10	28,53 A	10	30,16 A
8	16,7 A	1	21,4 B	8	0,577 A	3	92,86 A	3	98,22 A	10	31,81 A	8	26,53 A	3	27,48 A
1	16,5 A	10	20,4 C	3	0,548 B	8	86,55 A	8	95,10 A	8	31,63 A	3	26,28 A	8	27,41 A
3	15,8 A	8	20,2 C	7	0,534 B	1	85,91 A	1	92,70 A	9	31,10 A	1	25,30 A	1	26,56 A
9	15,3 A	9	19,2 D	2	0,520 B	4	58,37 B	4	65,28 B	1	30,59 A	4	18,07 B	4	18,95 B
4	14,8 A	4	19,0 D	9	0,514 B	9	57,94 B	9	64,83 B	6	30,53 A	9	17,67 B	9	18,22 B
7	9,8 B	7	13,8 E	1	0,508 B	7	19,94 B	7	21,98 C	3	29,17 A	7	6,30 B	7	6,64 B
CV	17,42	CV	4,90	CV	5,27	CV	37,05	CV	36,53	CV	7,79	CV	39,59	CV	39,88

DAP = diâmetro à altura do peito (cm); ALT = altura total (m); DBMAD = densidade básica da madeira (g/cm^3); MSMAD e MSTOT = matéria seca na madeira e total (kg); TLIGT = teor de lignica Klason total (%); LIG = estimativa da massa de lignina insolúvel em relação à madeira seca (kg); LIGT = estimativa da massa de lignina total existente na matéria seca de madeira (kg).

Tabela 7. Comparação múltipla para as variáveis avaliadas no carvão vegetal
Table 7. *Multiple comparison for the assessed variables in the charcoal*

TMV		TCZ		TCF		RGC		RCF		CARV	
CLONE	MÉDIA	CLONE	MÉDIA	CLONE	MÉDIA	CLONE	MÉDIA	CLONE	MÉDIA	CLONE	MÉDIA
9	23,50 A	7	0,528 A	4	81,59 A	1	39,12 A	1	30,34 A	5	46,91 A
1	21,91 B	3	0,508 A	6	80,68 A	9	39,02 A	10	30,33 A	6	42,39 A
5	21,44 B	1	0,506 A	3	80,54 A	10	38,65 A	2	30,16 A	2	37,68 A
10	21,28 B	6	0,466 A	2	79,90 A	2	37,74 B	6	29,79 A	10	36,57 A
7	20,80 B	2	0,384 B	8	79,65 A	7	37,45 B	3	29,77 A	3	34,42 A
8	20,07 C	4	0,356 B	7	78,67 B	8	37,39 B	8	29,77 A	1	33,48 A
2	19,71 C	5	0,332 B	10	78,47 B	3	36,98 B	9	29,72 A	8	32,20 A
3	18,93 C	9	0,324 B	5	78,23 B	6	36,93 B	7	29,46 A	9	22,55 B
6	18,85 C	8	0,280 B	1	77,58 B	5	36,40 B	5	28,47 B	4	19,45 B
4	18,05 C	10	0,250 B	9	76,18 C	4	33,33 C	4	27,19 B	7	7,49 B
CV	6,53	CV	18,75	CV	1,68	CV	3,90	CV	3,75	CV	37,08

TMV, TCZ e TCF = representam os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo do carvão (%); RGC e R CF = representamos rendimentos gravimétricos em carvão e em carbono fixo (%). CARV = estimativa da massa produzida de carvão vegetal (kg).

4. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no presente estudo, pode-se afirmar que:

Existe diferença significativa entre os clones avaliados, sendo que a maior variação ocorreu nos clones de *Eucalyptus grandis*;

O fator produção de matéria seca foi decisivo para fazer a classificação dos clones e definir aqueles de maior, intermediário e inferior potencial para produção de carvão vegetal;

Levando-se em consideração a produção de matéria seca e as estimativas da massa de lignina e de carvão vegetal em relação à matéria seca, pode-se classificar os clones em superior (clones cinco, seis e dois), intermediário (clones dez, três, um e oito) e inferior (clones nove, quatro e sete) potencial para a produção de carvão vegetal;

O clone sete se destacou como o pior para a produção de carvão vegetal, devido ao seu baixo crescimento vegetativo;

A classificação dos clones com base nas características químicas e de rendimento em carvão vegetal tornou-se mais difícil, pois os clones não apresentam, de modo geral, todas as propriedades favoráveis à produção de carvão vegetal;

Os clones dois, quatro e oito foram os que se destacaram quimicamente; os clones um, nove e dez foram os que apresentaram os melhores valores de rendimento em carvão e o clone quatro, apesar de apresentar valores adequados de características químicas, foi o que produziu a menor quantidade de carvão vegetal;

O fator crescimento foi decisivo na classificação dos clones de maior potencial para produção de carvão vegetal. As características de crescimento devem, portanto, ser incorporadas nos futuros estudos de avaliação da qualidade da madeira;

Os clones de *Eucalyptus grandis* foram superiores aos de *Eucalyptus saligna* na produção de carvão vegetal.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. M. de. **Efeito da temperaura sobre rendimeno e propriedades dos produtos da cabonização de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 1983. 40 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, viçosa, MG.

ANDRADE, A. M. de. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto.** 1993. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTA RENOVÁVEIS-ABRACAVE. Anuário Estatístico. Disponível em: <http://www.abracave.com.br>. Acesso em: 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Normas técnicas NBR 8633**. Brasília, 1983. n.p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL-ABTCP. **Normas técnicas ABCP.** São Paulo: ABTCP, 1974. n.p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional**. Brasília-DF, 2000. 154 p.

BRITO, J. O.; BARRICHELLO, L. E. G. **Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão:** 1. Densidade básica e teor de lignina da madeira de eucalipto. IPEF, Piracicaba, n. 14, p. 9-20, jun. 1977.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; COUTO, H. T. Z. do; MENDES, C. J.; RESENDE, G. C. de. **Estudo do comportamento de madeiras de eucalipto frente ao processo de destilação seca.** Brasília: IBDF, 1984. p. 5-36 (IBDF. Boletim técnico, 8).

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins:** occurrence, formation, structure and reations. New York: John Wiley, 1971. p. 241-266.

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

OLIVEIRA, E. de. **Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus grandis*** *(W. Hill ex-Maiden)*. 1988. 47p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

.

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

VALE, A. T.; COSTA, A. F.; GONÇALES, 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, v. 25, n. 89, p. 89-95, jan./fev. 2001.

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