

IPEF n.16, p.63-70, 1978

CARACTERÍSTICAS DO EUCALIPTO COMO COMBUSTÍVEL: ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA DA MADEIRA E DA CASCA

José Otávio Brito*
Luiz Ernesto George Barrichelo**

O. D. C. 831.1:176.1 Eucalyptus

SUMMARY

The purpose of this paper has been to study the proportion of volatile matter, fixed carbon, and ash in the wood and bark of various Eucalyptus species. These analyses are important to a material used as fuel.

The proportion of volatile components and fixed carbon influences the burning characteristic of a fuel, because the volatile components are driven off when heated and burn rapidly in the gaseous phase, and fixed carbon burns slowly in the solid phase-like charcoal.

The following conclusions could be drawn:

a) Significant difference was detected with respect to the volatile matter and fixed carbon between wood and bark.

b) **Eucalyptus** bark, in general, has more fixed carbon and less volatile matter than their respective wood.

c) The **Eucalyptus cloeziana** wood presented the higher fixed carbon (23,3%); in regards to the volatile matter, **Eucalyptus grandis** presented higher percentage (89,9%), followed by **Eucalyptus microcorys** (86,2%).

d) The ash content of the bark of **Eucalyptus** species was higher than that of the wood.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos recursos naturais úteis de que dispõe o homem. Com auxílio da energia solar, as folhas das árvores convertem o carbono, hidrogênio e oxigênio em fibras de madeira através do processo da fotossíntese. Consequentemente, a madeira sendo usada como combustível, representa o uso da própria energia solar.

A crise energética que vem assolando a humanidade se encarregou de despertar o interesse de técnicos e pesquisadores no sentido da reutilização mais intensa da madeira como fonte de energia.

O Brasil, particularmente, possui amplas e totais condições para o uso da madeira como recurso energético, bastando para tal a implantação de um sistema racional, para a utilização das florestas.

Diversos projetos específicos sobre "Plantações Fitoenergéticas" vêm sendo desenvolvidos, buscando uma solução racional do uso da madeira como combustível. Estão

* Professor assistente - Depto. Silvicultura - ESALQ-USP.

** Professor assistente - Doutor - Depto. Silvicultura - ESALQ-USP.

sendo desenvolvidas pesquisas diversas sobre parâmetros da madeira que exerçam influência nas suas propriedades combustíveis, de modo que se possa alcançar o máximo de aproveitamento da energia gerada. Isto contribuiria decididamente na escolha de espécies aptas para fins energéticos.

Na utilização da madeira como combustível várias propriedades são importantes e devem ser consideradas. **CORDER (1976)**, **AROLA (1976)**, **JUNGE (1975)** afirmam que o poder calorífico, a análise elementar, a análise imediata, o teor de umidade e a densidade são fatores específicos importantes a serem julgados.

O poder calorífico representa a quantidade de calor liberado quando uma dada quantidade de combustível é queimada completamente. **CORDER (1976)** cita uma variação do poder calorífico para madeiras não-resinosas de 4000 a 4250 kcal/kg e para casca de 3700 a 4900 kcal/kg. Para a madeira de resinosas os valores se situam entre 4300 a 4850 kcal/kg e para casca, entre 4400 e 5400 kcal/kg.

A análise elementar da madeira tem mostrado para diferentes espécies uma marcante uniformidade. **AROLA (1976)** relata uma composição elementar “típica de madeira e casca mostrada na tabela 1”.

Tabela 1 - Composição elementar típica da madeira e casca

	Composição elementar (%)				
	H	C	N	O	S
não-resinosas					
- madeira	6,4	50,8	0,4	41,8	-
- casca	6,0	51,2	0,4	37,8	-
resinosas					
- madeira	6,3	52,9	0,1	39,7	-
- casca	5,9	53,1	0,2	37,9	-

Em contraste com a maioria dos combustíveis, a madeira possui negligenciável quantidade de enxofre. A presença de enxofre em combustíveis é indesejável devido a problemas de corrosão e emissão no ar.

O teor de umidade é uma propriedade que varia na madeira e na casca de modo bastante amplo e, é a propriedade que traz muita influência nos processos de combustão. Essa variação torna difícil o controle do processo. Por outro lado a presença de umidade significa poder calorífico negativo pois é necessário o consumo de calor para evaporá-la. **JOHNSON (1975)** relata alguns exemplos de diferentes tipos de sistemas de preparação da madeira para uso como combustível a fim de minimizar o efeito da umidade.

A análise imediata de um combustível fornece a percentagem de material volátil, carbono fixo e cinza. Em outras palavras ela fornece a percentagem do material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo), bem como dá uma indicação do material residual (cinzas). **AROLA (1976)** afirma que quando a casca e a madeira são queimadas, geralmente 75 a 80% é como material volátil e cerca de 20 a 24% como carbono fixo. Em comparação, o carvão mineral tem muito mais carbono fixo, quase sempre acima de 60%. A proporção entre os componentes voláteis e carbono fixo influencia as características de queima do combustível pelo fato dos componentes voláteis, quando aquecidos, saírem do material e se queimarem rapidamente na forma gasosa. O carbono fixo queima-se vagarosamente na fase sólida como carvão.

Segundo **BRAME & KING (1942)** na queima de um combustível sólido, em função do seu teor de substâncias voláteis há eliminação de gases que se queimam na forma de chama. A combustão através de chama faz com que unidades de calor se difundam em um espaço bastante amplo da região de queima, não permitindo a obtenção de altas intensidades de calor localizadas em pontos específicos.

SMITH (1976) por sua vez relata que aqueles combustíveis os quais apresentam altos teores de substâncias voláteis são mais fáceis e rapidamente queimados.

A consideração dos fatores acima descritos para a caracterização da madeira como combustível, deve ser ponto importante para a realização de trabalhos de pesquisas, no sentido da avaliação adequada de nossas principais espécies utilizadas em florestamento e reflorestamento.

O presente trabalho teve por objetivos a avaliação de algumas madeiras de eucalipto introduzidos no Brasil sob o ponto de vista de sua composição em termos de carbono fixo, substâncias voláteis e cinzas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

O material utilizado nesse trabalho constou de amostras de madeira e de casca coletadas das seguintes espécies, com idades entre 4 e 5 anos:

Eucalyptus grandis	-madeira e casca
Eucalyptus saligna	-madeira e casca
Eucalyptus microcorys	-madeira e casca
Eucalyptus tereticornis	-madeira e casca
Eucalyptus resinifera	-madeira e casca
Eucalyptus cloeziana	-madeira
Eucalyptus tessellaris	-madeira
Eucalyptus camaldulensis	-madeira

2.2. Métodos

2.2.1. Amostragem

Foram amostradas 5 árvores de cada espécie, tendo-se retirado de cada urna um disco de madeira com casca de 5 cm de espessura à altura do DAP. Os discos e a casca foram transformados separadamente em serragem (F₄₀) para as análises.

2.2.2. Análise imediata

Para a análise imediata foi empregada a metodologia preconizada pelo U. S. Forestry Products Laboratory (1961). Para cada amostra foram realizadas três repetições.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados na análise imediata das madeiras são mostrados nas tabelas de 2 a 4.

TABELA 2 - Teor de Carbono fixo.

Espécie		Média (%)	Erro da média	C.V. (%)
<i>E. grandis</i>	- madeira	9,6	0,17	3,12
	- casca	14,5	0,09	1,03
<i>E. saligna</i>	- madeira	16,7	0,06	0,60
	- casca	17,7	0,06	0,56
<i>E. microcorys</i>	- madeira	12,3	0,75	10,60
	- casca	14,4	0,32	3,82
<i>E. tereticornis</i>	- madeira	13,9	0,04	0,43
	- casca	16,8	0,52	5,36
<i>E. resinifera</i>	- madeira	14,5	0,87	10,34
	- casca	17,3	0,17	1,73
<i>E. cloeziana</i>	- madeira	24,3	0,67	4,73
<i>E. tessellaris</i>	- madeira	14,8	0,06	1,01
<i>E. camaldulensis</i>	- madeira	13,4	0,06	0,75

F = 70,96**

Teste de Tukey = diferença mínima significativa =

à 5% de probabilidade = 2,10

à 1% de probabilidade = 2,51

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 pode-se observar que os teores de carbono fixo das cascas das espécies ensaiadas sempre se mostraram superiores aos teores encontrados para suas respectivas madeiras. Por outro lado os teores de substâncias voláteis apresentados na Tabela 3 sempre se mostraram inferiores aos de suas respectivas madeiras. Tais resultados estão de acordo, com aqueles relatados em trabalhos realizados por **CORDER (1976)** e **AROLA (1976)**. A maior diferença encontrada quanto ao teor de carbono fixo e teor de substâncias voláteis entre a casca e a madeira ocorreu para o **E. grandis**.

TABELA 3 - Teor de substâncias voláteis

Espécie		Média (%)	Erro da média	C.V. (%)
<i>E. grandis</i>	- madeira	89,9	0,17	0,33
	- casca	79,1	0,23	0,51
<i>E. saligna</i>	- madeira	77,5	0,12	0,26
	- casca	76,1	0,17	0,39
<i>E. microcorys</i>	- madeira	86,2	0,72	1,45
	- casca	84,0	0,35	0,75
<i>E. tereticornis</i>	- madeira	84,2	0,12	0,24
	- casca	81,2	0,46	0,98
<i>E. resinifera</i>	- madeira	84,2	0,87	1,78
	- casca	81,3	0,20	0,43
<i>E. cloeziana</i>	- madeira	74,1	0,69	1,62
<i>E. tessellaris</i>	- madeira	81,6	0,09	0,18
<i>E. camaldulensis</i>	- madeira	79,8	0,04	0,08

F = 106,18**

Tukey - diferença mínima significativa: à 5% de probabilidade = 2,13

a 1% de probabilidade = 2,55

Comparando-se os valores encontrados para carbono fixo entre as cascas das espécies ensaiadas, observa-se que os teores mais elevados foram apresentados pelo **E. saligna** e **E. resinifera**. Os menores teores de carbono fixo foram apresentados pela casca do **E. microcorys** e **E. grandis**. Com relação aos teores de substâncias voláteis, os mais elevados foram encontrados na casca do **E. microcorys**, **E. tereticornis** e **E. resinifera**, apresentando-se o **E. saligna** com o menor teor.

Reportando-se à madeira, observa-se com destaque o alto teor de carbono fixo do **E. cloeziana**, comparado às demais espécies. Seguindo o **E. cloeziana** aparece numa faixa intermediária o **E. saligna**. As espécies **E. tessellaris**, **E. resinifera**, **E. tereticornis**, **E. camaldulensis**, **E. microcorys** e o **E. grandis** situaram-se em níveis inferiores quanto ao teor de carbono fixo.

As madeiras do **E. grandis** e do **E. microcorys** foram as que mais se destacaram quanto ao teor de materiais voláteis. A madeira do **E. cloeziana** apresentou, por sua vez, o mais baixo teor.

A tabela 4 mostra que, com relação ao teor de cinzas, a casca sempre apresentou valores superiores à madeira, estando de acordo com resultados encontrados por **MINGLE & BOUBEL (1968)**. Destaque-se o alto teor de cinzas apresentado pela casca do **E. grandis** e **E. saligna**. Segundo **BARRON (1970)**, **EFFENBERGER; GRADLE & TOMANI (1973)** e **HORZELLA & NEWTON (1974)** altos teores de cinzas em combustíveis podem resultar em emissão de partículas através das chaminés de caldeiras, tornando necessária a instalação de equipamentos para separação de partículas dos gases da combustão.

Tanto a casca como a madeira das demais espécies, apresentaram valores para o teor de cinzas próximos àqueles normalmente citados na literatura por **MILLIKIN (1955)**, e **BARRICHEW & BRITO (1976)**.

TABELA 4 - Teor de cinzas

Espécie		Média (%)	Erro da média	C.V. (%)
<i>E. grandis</i>	- madeira	0,31	0,0057	3,23
	- casca	6,40	0,14	3,75
<i>E. saligna</i>	- madeira	0,41	0,0115	4,88
	- casca	6,14	0,09	2,61
<i>E. microcorys</i>	- madeira	0,41	0,0081	3,44
	- casca	1,57	0,03	3,18
<i>E. tereticornis</i>	- madeira	0,52	0,06	19,23
	- casca	1,97	0,10	9,14
<i>E. resinifera</i>	- madeira	0,30	0,0057	3,33
	- casca	1,34	0,0057	0,75
<i>E. cloeziana</i>	- madeira	0,53	0,02	5,66
<i>E. tessellaris</i>	- madeira	0,32	0,02	9,38
<i>E. camaldulensis</i>	- madeira	0,30	0,01	6,67

F = 1.451,04**

Tukey = diferença mínima significativa: a 5% de probabilidade = 0,2881
a 1% de probabilidade = 0,3446

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados no presente estudo permitem concluir que:

1. A casca das espécies de eucalipto apresentou valores superiores para carbono fixo e cinzas aos das respectivas madeiras. Em consequência apresentaram valores inferiores para substâncias voláteis.
2. Os maiores valores encontrados para teor de carbono fixo para casca ocorreram nas espécies de **E. saligna** e **E. resinifera**. Para o teor de substâncias voláteis destacaram-se o **E. microcorys** e **E. tereticornis**.
3. Com relação às madeiras, o maior teor de carbono fixo foi encontrado no **E. cloeziana** e o maior teor de voláteis no **E. grandis** e **E. microcorys**.
4. Conforme os resultados obtidos para teor de carbono fixo, a queima das cascas do **E. saligna** e **E. resinifera** deverá se processar de modo mais lento e com menor formação de chama que as demais. O oposto espera-se ocorrer para as cascas do **E. microcorys** e **E. tereticornis**.
5. A queima da madeira do **E. cloeziana** deverá ser a mais lenta e com a menor formação de chama de todos os materiais estudados, por a mesma ter apresentado o maior teor de carbono fixo. No outro extremo, espera-se uma queima rápida e com maior formação de chama para a madeira de **E. grandis** e **E. microcorys**.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

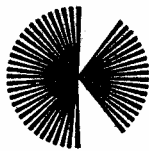
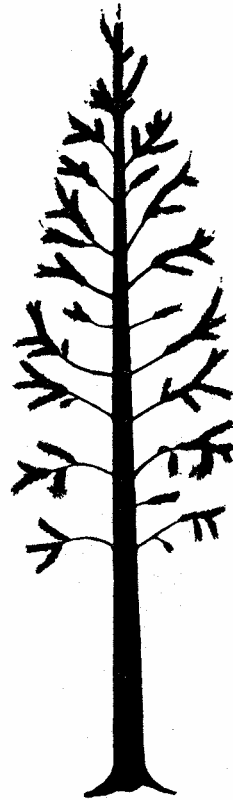
- ANDRADE, E. N. 1961 - **O Eucalipto**, Jundiaí, 2.^a ed., Cia. Paulista de Estradas de Ferro, 667 p.
- AROLA, R. A. 1976 - Wood Fuels - How do they stack up? **Forest Products Research Society**, November 15-17, Atlanta, Georgia, 12 p.
- BARRICHELO, L. E. G. & BRITO, J. O. 1976 - **A Madeira das Espécies de Eucalipto como Matéria Prima para a Indústria de Celulose e Papel**. Brasília, PRODEPEF, 145 p. (PNDU/FAO/IBDF/BRA-45, Série Divulgação n.c 13).
- BARRON, A. Jr. 1970 - Studies on the Collection of Bark char Throughout the Industry **TAPPI** 53(8) : 1441-1448
- MINGLE, J. G. & BOUBEL, R. W. 1968 - Proximate Fuel Analysis of Some Western Wood and Bark. **Wood Science** 1(1) : 29-36.
- BRAME, J. S. S. & KING, J. G. 1942 - **Fuel Solid, Liquid and Gaseous**, London, 4.^a ed., Edward Arnold & Co. 422 p.
- CORDER, S. E. 1976 - **Fuel Characteristics of Wood and Bark and Factors Affecting Heat Recovery**. Proceedings Wood Residue as an Energy Source N: P 75-13 Forest Products Research Society.
- CORDER, S. E. 1976 - Properties and Uses of Bark as an Energy Source. **Forest Research Laboratory Research Paper 31**, April, Corvallis, Oregon 21 p.

- EFFENBERGER, H. K., GRADLE, D. D., & TOMANY, J. P. 1975 - Control of Hogged-Fuel Boiler Emissions - A Case History **TAPPI** 56(2) : 111-115.
- HORZELLA, T. I. & NEWTON, L. R. 1974 - Controlling Air Pollution from Hogged Fuel Boilers **Pulp and Paper** 48(2) : 71-75.
- JOHNSON, R. C. 1975 - Some aspects of wood waste preparation for use as a fuel. **TAPPI** 58(7): 102-6.
- JUNGE, D. C. 1975 - Boilers Fired With Wood and Bark Residues Forest Research Laboratory Research Bulletin 17. Corvallis, Oregon. 57 p.
- MILLIKIN, D. E. 1955 - Determination of Bark Volumes and Fuel Properties **Pulp and Paper Magazine of Canada** 56(13) : 106-108.
- SMITH, A. D. 1976 - **Wood as fuel**. Foster Wheeler Limited. Mimeograph. 32 p.
- U. S. FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1961 - Charcoal, Production, Marketing and Use. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. 137 p.

SEMENTES SELECIONADAS!

PINUS taeda e PINUS ellottii

A BASE DE UM
REFLORESTAMENTO
BEM SUCEDIDO



Departamento Florestal
Klabin do Paraná

ENDEREÇO: Lagoa, Monte Alegre, Estado do Paraná
Aceita-se pedidos através dos escritórios:
Rio-Gb: Av. Rio Branco, 81-11º Andar - Caixa Postal, 1622-tel. 223-5670
São Paulo: Rua Formosa, 367-18º Andar - Caixa Postal, 524-tel. 37-7101/239-1774
Curitiba: Rua 15 de Novembro, 556-3º Andar - tel. 22-5373/23-5399

Para a MoDo-Battistella só há uma coisa mais importante que a árvore: o homem.

A MoDo-Battistella Reflorestamento sempre acreditou que os homens são como árvores, quando no terreno apropriado, com o estímulo certo e o arejamento necessário, crescem.

Por isso sempre procurou gente que quisesse crescer, gente de talento e garra, gente que tem a cabeça fervilhando de novas idéias e ávida de mostrar capacidade.

Foi assim, reconhecendo valores, que a MoDo-Battistella formou um dos maiores parques de reflorestamento deste país.

Hoje a MoDo-Battistella tem terras próprias no sul do país consideradas prioritárias pelo IBDF, viveiros modernos; central de pesquisas genéticas para a seleção das melhores sementes e os mais modernos equipamentos. Corpo de engenheiros formados pelas mais expressivas universidades

brasileiras e centenas de homens especialmente treinados que atuam nas várias frentes de trabalho.

Foi assim que a MoDo-Battistella cresceu. E vai crescer muito mais. Porque uma de suas finalidades é alimentar um arrojado projeto industrial-papeleiro orçado em 250 milhões de dólares.

Mas nada disso seria possível se não acreditasse no homem e nem tivesse o sólido respaldo oferecido pelas demais empresas do Grupo Battistella.

Pois a MoDo-Battistella acredita que nenhuma empresa é suficientemente desenvolvida para dar-se ao luxo de desprezar novos valores.

E a confiança no homem é a certeza do sucesso.

MoDo-BATTISTELLA

REFLORESTAMENTO S.A. - MoBaSa

Uma empresa do Grupo Battistella.



REFLORA REFLORESTADORA E AGRÍCOLA S.A

UMA EMPRESA DA FUNDAÇÃO JOSÉ CARVALHO FILHO

ATIVIDADES PRINCIPAIS:

- **Elaboração e Execução de Projetos de Reflorestamento próprio e de terceiros;**

**(Portaria DC-10 de 20.06.75 do IBDF e Incentivo Fiscal
Lei 5.106 de 02.09.66 e Dec. Lei 1.134 de 16.11.70)**

- **Elaboração de Projetos Agro-Pecuarios;**
- **Produção e Comercialização de carvão vegetal.**

ENDEREÇO:

*Sede – Rua Miguel Calmon, 38/42 S/810/11
Fone 2-4111 Salvador-Bahia.
Escritório de operações – Pojuca – Bahia.*