

SECAGEM AO AR LIVRE DE TORAS DE *Eucalyptus grandis* EM LAVRAS, MG

Raphael Nogueira Rezende¹, José Tarcísio Lima², Luana Elis de Ramos e Paula¹, André Luiz Raimundo Faria³

RESUMO: Toras de árvores recém-abatidas apresentam elevado teor de água, que se reduz lentamente à medida que são expostas às condições ambientais de determinado local. No Brasil, a secagem ao ar livre é utilizada como pré-secagem ou secagem definitiva e exige um investimento relativamente baixo e longo tempo de secagem. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* quanto à perda de umidade no tempo, influência da casca e do diâmetro das toras. Duas árvores com 25 anos de idade foram abatidas e seccionadas em toras de 2,0 m. Foram instaladas duas pilhas com dez toras cada na Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira do DCF/UFLA. Uma pilha de toras com casca e outra de toras sem casca permaneceram ao ar livre por 240 dias. A umidade inicial foi determinada e o acompanhamento da secagem foi realizado por meio de pesagens periódicas das toras. A maior perda de umidade ocorreu nas duas primeiras semanas de secagem. A casca influenciou a secagem das toras. Em 240 dias de secagem, as toras com casca alcançaram 19% e as sem casca, 17% de umidade, com maior redução de umidade para as toras sem casca. As toras de maiores diâmetros localizadas no inferior das pilhas apresentaram as menores perdas de umidade comparadas às de menores diâmetros.

Palavras-chave: Teor de água, secagem natural, pilhas de toras.

AIR DRYING OF *Eucalyptus grandis* LOGS IN LAVRAS, MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: Logs of trees recently felled have a high water content, which reduces slowly as they are exposed to local environmental conditions. In Brazil, air drying is used as pre-drying or permanent drying and requires a relatively low investment and long drying time. This work aimed to study the air drying of *Eucalyptus grandis* logs, evaluating moisture loss over time, influence of the bark and the diameter of logs. Two trees with 25 years of age were felled and sectioned in logs of 2,0 meters. Two piles with ten logs were installed at the Experimental Unit Sawmill and Wood Drying, DCF/UFLA. The piles of logs with and without bark remained outdoors for 240 days. The initial moisture content was determined and the drying monitoring was carried out by periodic weighing of the logs. The highest moisture reduction occurred in the first two weeks. The presence of bark influenced the drying of the logs. After 240 days of drying, the logs with bark reached 19% and the logs without bark 17% of moisture, with a higher reduction for the debarked logs. The logs of larger diameters located at the bottom of the pile presented the lowest moisture loss when compared to the logs of smaller diameters.

Key words: Water content, natural drying, logs piles.

1 INTRODUÇÃO

Qualquer material lenhoso recém-abatido apresenta consideráveis quantidades de água que, para um determinado uso, deve ser, em parte, removida por meio da secagem.

Hart (1966) define a secagem como o balanço dinâmico entre a transferência de calor do ar para a madeira, a superfície de evaporação da madeira, a difusão da umidade através da madeira e a vazão de água livre.

Durante a secagem, é necessário o fornecimento de calor, para que a umidade do material evapore e um meio que retenha essa umidade, para remover o vapor d'água formado na superfície do material a ser seco. O processo de fornecimento de calor para o material úmido promoverá a evaporação da água do material e a transferência de massa arrastará o vapor formado (CARNEIRO, 2001).

Klitzke (2003) afirma que, de acordo com a temperatura, a secagem pode ser classificada em: secagem a altas temperaturas, secagem convencional, secagem a baixas temperaturas e secagem natural ou ao ar livre.

A secagem natural ou ao ar livre consiste em expor a madeira à ação dos fatores climáticos de um determinado local, com o objetivo de remover a maior quantidade de água possível por meio das forças da natureza (PONCE; WATAI, 1985). Devido às condições climáticas favoráveis do Brasil, esse tipo de secagem é bastante utilizado como pré-secagem ou secagem definitiva, dependendo do uso final da madeira. É um método que exige um investimento relativamente baixo e longo tempo de secagem em relação à secagem artificial (ROSSO, 2006; SANTINI, 1992).

De acordo com Jankowsky (1990), o processo ao ar livre é rápido no início, quando a madeira está perdendo água livre. Uma madeira pode ter sua umidade reduzida em

¹Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciência e Tecnologia da Madeira – Universidade Federal de Lavras – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – raphaelfloresta@hotmail.com, luanafloresta@hotmail.com

²Engenheiro Florestal, Professor Dr. em Ciências Florestais – Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – jtlima@dcf.ufla.br

³Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Lavras – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – andreluiz.ufla@gmail.com

mais de 50% nas três semanas iniciais de secagem ao ar livre, reduzindo-se a taxa de secagem nas semanas subsequentes (PONCE; WATAI, 1985). A tendência é que, com o tempo, a madeira atinja a umidade de equilíbrio, dependendo da temperatura e da umidade relativa do local (LIMA; MENDES, 1995; ROSSO, 2006).

A secagem ao ar livre é mais ativa nas épocas do ano em que a temperatura é mais elevada e a umidade relativa do ar mais baixa. Sua eficiência e velocidade dependem ainda da circulação do vento nas diferentes posições da pilha de madeira (BAUER, 1985).

Além dos fatores ambientais, o processo de secagem também é influenciado por fatores inerentes à madeira, como componentes anatômicos, massa específica, permeabilidade, espécie, dimensões das peças e presença de casca (KLITZKE, 2003).

Vital, Della Lucia e Valet (1985), estudando a secagem ao ar livre de toras de *E. grandis*, aos 5 anos de idade, em Viçosa, MG, observaram que a redução de umidade em função do tempo é afetada pela diâmetro das toras e presença de casca. As toras sem casca atingiram 23% de umidade média após 175 dias de secagem e as toras com casca atingiram 32%, assumindo-se uma umidade inicial de 129%. A presença de casca teve maior influência na perda de umidade em relação à madeira sem casca, nas quatro primeiras semanas de secagem. As toras com diâmetro superior a 12,0 cm apresentaram umidade superior a 50% após os 175 dias de secagem, enquanto as toras de menores diâmetros apresentaram umidade entre 16% e 27%. Observaram também que a perda de umidade é afetada pela posição das toras nas pilhas; a umidade das toras na região inferior das pilhas variou de 20% a 56%; na região central da pilha, variou de 19% a 44% e, na região superior, de 16% a 43%.

Barros (2006), avaliando a secagem ao ar livre de toras sem casca de *Eucalyptus grandis* com 11 anos de idade, no Rio Grande do Sul, observou que a umidade média das toras atingiu 70%, após 30 dias de exposição às condições ambientais, partindo de uma umidade inicial de 106%. Aos 60 dias de secagem, a umidade média aproximou-se de 40%, tendendo, a partir daí, à perda de umidade por tempo mais ou menos constante. Após 180 dias, a umidade média alcançou 27%.

Embora, na literatura, sejam encontrados vários estudos relacionados à secagem da madeira, tais esforços se concentram mais na secagem artificial e ao ar livre de madeira serrada. Tratando-se de madeira roliça, estudos ainda são raros ou não publicados. Neste contexto, este trabalho foi

realizado com o objetivo de avaliar a secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* quanto à perda de umidade no tempo e à influência da casca e do diâmetro das toras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada neste experimento foi proveniente de um plantio de *Eucalyptus grandis*, com 25 anos de idade e espaçamento de 3,0 x 2,0 m, pertencente à Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, MG (21°13'S, 44°58'W, 918 m altitude).

Segundo a classificação de Köepen, o clima da região é do tipo "Cwa", mesotérmico, apresentando temperatura média anual de 20,4°C. A temperatura (média mensal) mínima é de 17,1°C e a máxima, de 22,8°C. A precipitação média anual é de 1.460 mm (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Dois árvores foram abatidas e conduzidas à Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (UEDSM), do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram seccionadas em toras de 2,0 m de comprimento, identificadas e separadas em dois grupos. Metade da carga de toras permaneceu com casca e o restante foi descascado manualmente.

Em cada extremidade da tora, foi retirado um disco com 3,0 cm de espessura, sendo seccionado em quatro cunhas (duas cunhas opostas para a determinação da umidade inicial e as demais para a determinação da densidade básica). Os diâmetros em cada extremidade das toras foram medidos com auxílio de uma suta.

A determinação da umidade e da densidade básica foi realizada conforme a Norma NBR11941/2003, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003). Adotou-se a umidade média de dois discos de uma mesma tora como a umidade inicial da mesma, conforme metodologia proposta por Rasmussen (1961).

Todas as toras foram pesadas individualmente, em balança mecânica de capacidade de 300 kg e precisão de 0,2 kg (Figura 1).

A partir dos valores de umidade inicial e massa inicial das toras, estimou-se a massa seca a partir da Equação 1.

$$M_s = \frac{M_u}{1 + \frac{U}{100}} \quad (1)$$

em que

M_s = massa seca ou final estimada para cada tora (kg);

Mu = massa úmida de cada tora obtida pela pesagem (kg);
U = umidade inicial da tora (%).

Dois pilhas de secagem ao ar livre foram montadas na UEDSM, sendo uma pilha de toras com casca e outra de toras sem casca. Cada pilha foi formada por 10 toras, dispostas em formato piramidal, sobre três travessas suportes de 15,0 cm de espessura, orientadas perpendicularmente à direção dos ventos predominantes. As toras de maiores diâmetros localizaram-se na região

inferior da pilha e aquelas de menores diâmetros, na região superior (Figura 2).

A secagem iniciou-se em abril de 2008 e todas as toras foram pesadas periodicamente, durante 240 dias. Nas duas semanas iniciais de secagem, a pesagem foi diária; na terceira semana, o intervalo de pesagem foi de dois dias; da quarta a sexta semana, pesou-se com intervalo de sete dias e, a partir da sétima semana, a pesagem foi mensal.

A partir dos dados de massa úmida das toras e massa seca estimada, calculou-se a umidade de cada tora ao longo



Figura 1 – Pesagem de tora de *Eucalyptus grandis* em balança mecânica.

Figure 1 – Weighing of *Eucalyptus grandis* log in mechanics scale.



Figura 2 – Pilhas de secagem de toras sem casca e com casca de *Eucalyptus grandis*, em Lavras, MG.

Figure 2 – Air drying piles of *Eucalyptus grandis* logs without and with bark in Lavras, MG.

do tempo. As umidades médias foram obtidas pela média aritmética das umidades de toras com casca e de toras sem casca.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de umidade inicial, densidade básica e diâmetro de toras com casca e sem casca de *E. grandis*.

Os resultados para densidade básica deste estudo estão de acordo com os encontrados na literatura para a madeira de *Eucalyptus grandis*. Brito et al. (2006) encontraram valores entre 0,511 e 0,532 g/cm³ em madeira de *E. grandis* com 21 anos de idade. Rezende et al. (2008) encontraram, para árvores de *E. grandis* pertencentes à mesma área deste estudo, valores entre 0,490 e 0,550 g/cm³.

As curvas de secagem médias para toras com casca e sem casca ao ar livre em Lavras, MG, durante 240 dias, estão apresentadas na Figura 3.

Pelo gráfico da Figura 3 observa-se que a maior perda de umidade ocorreu nos primeiros quinze dias de secagem, semelhante ao relatado por Ferreira, Fernandes e Saraiva Filho (1983), que trabalharam com estocagem de toras de *Eucalyptus* em pátios industriais.

As maiores taxas de secagem ocorrem na primeira semana de secagem, reduzindo-se após este período. Na primeira semana, a perda de umidade foi de 20% para toras com casca e 30% para as sem casca. Em três semanas, a umidade das toras com casca e sem casca foi reduzida em 31% e 48% em relação à umidade inicial, o que, em percentagem, corresponde a 45% e 60%, respectivamente, próximos à redução percentual (50%) relatada por Ponce e Watai (1985).

A ocorrência de chuvas foi responsável pela oscilação entre perda e ganho de umidade das toras com casca e sem casca, na semana inicial de secagem. As toras apresentaram um acréscimo médio de 15% de umidade em relação aos teores obtidos da medição anterior. No entanto, esse ganho pode ser considerado superficial, uma vez que

foi rapidamente eliminado. Klitzke (2003) e Stein (2003) explicam que o umedecimento da madeira ocorre, pois as chuvas, geralmente, são acompanhadas de alta umidade relativa do ar e a magnitude desse umedecimento dependerá da duração e da intensidade da chuva e da velocidade dos ventos após a sua ocorrência.

Após 240 dias, a umidade média das toras com casca foi de 19% e as toras sem casca alcançaram 17%. A redução total de umidade em relação à umidade inicial nas toras sem casca (66%) foi superior à das toras com casca (54%). Analisando-se a perda de umidade no período, observa-se que a casca influenciou a secagem mais significativamente nas duas primeiras semanas. Esta redução foi, em média, de 2,1% ao dia para as toras com casca e de 3,3% para as sem casca, diminuindo após este período.

Vital, Della Lucia e Valente (1985), trabalhando com secagem de toras de *E. grandis*, constataram que a influência mais pronunciada da casca pode ocorrer até a 4ª semana, além de toras sem casca atingirem menores teores de umidade que toras com casca em um mesmo intervalo de tempo, partindo de mesma umidade inicial. Raven, Evert e Eichhorn (2001) afirmam que a casca, por conter muita suberina, afeta a saída de água. A espessura, a estrutura e a deiscência da casca também podem ser influentes (LATORRE; HENRIQUES, 2008).

No gráfico da Figura 4 observam-se duas classes de diâmetro com casca e duas classes sem casca.

A partir do gráfico da Figura 4, observa-se que a secagem é afetada pelo diâmetro das toras. De fato, é conhecido que a secagem da madeira é fortemente influenciada pela espessura ou pela distância para a movimentação da água (PONCE; WATAI, 1985).

O aumento no teor de umidade das toras no início da secagem deveu-se à forte ocorrência de chuvas no período.

Após 240 dias, as toras sem casca da classe de maiores diâmetros e localizadas na região inferior da pilha

Tabela 1 – Valores médios de umidade inicial, densidade básica e diâmetro das toras com casca e sem casca de *Eucalyptus grandis*.

Table 1 – Average values of initial moisture content, basic density and diameter of the logs with and without bark of *Eucalyptus grandis*.

Variáveis	Toras com casca	Toras sem casca
Umidade inicial	73%	83%
Densidade básica	0,542 g/cm ³	0,525 g/cm ³
Diâmetro médio±desvio padrão	12,8±4,0 cm	12,6±3,2 cm

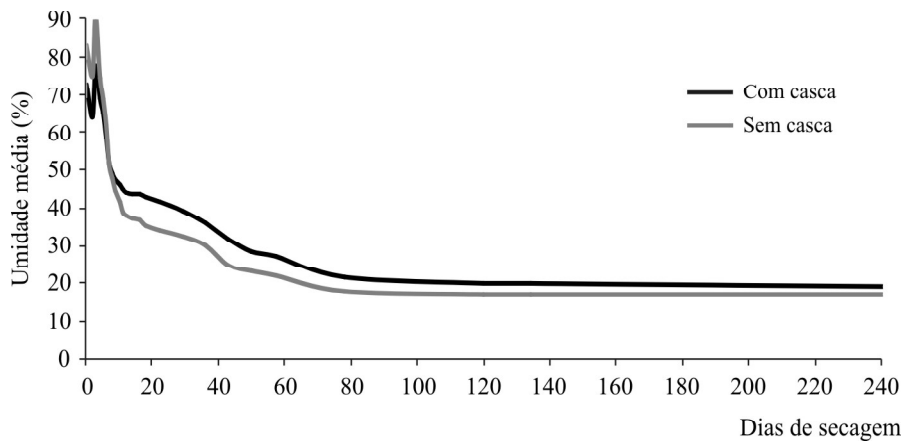


Figura 3 – Curvas de secagem ao ar livre de toras de *E. grandis* com casca e sem casca, durante 240 dias, em Lavras, MG.

Figure 3 – Air drying curves of *Eucalyptus grandis* logs with and without bark, for 240 days, in Lavras, MG.

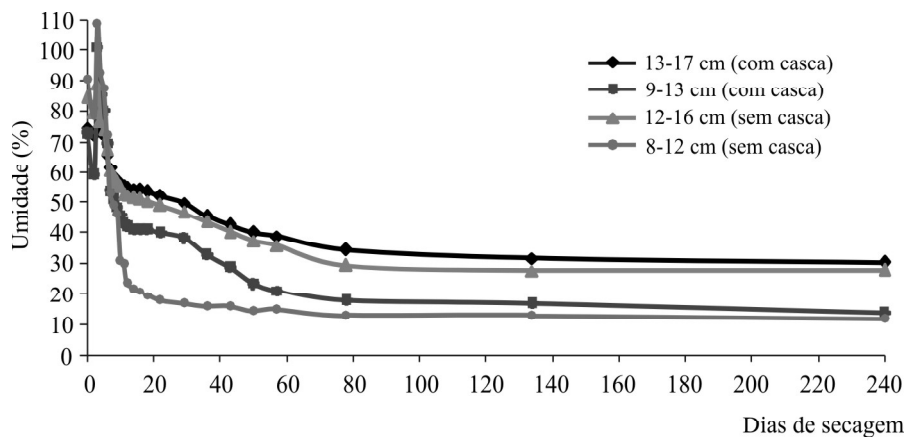


Figura 4 – Curvas de secagem ao ar livre de toras de *E. grandis*, de duas classes de diâmetro com casca e duas classes sem casca, durante 240 dias, em Lavras, MG.

Figure 4 – Air drying curves of *Eucalyptus grandis* logs, of two classes of diameter with bark and two classes without bark, for 240 days, in Lavras, MG.

apresentaram-se mais úmidas (28%) que as de menores diâmetros localizadas na região superior (12%). Para as toras com casca, os resultados foram de 31% e 14%.

A maior redução total de umidade no período de 240 dias (77%) foi observada para as toras sem casca e da classe de menores diâmetros, localizadas na região superior da pilha. Para as demais, os resultados foram: 56% para as toras sem casca da classe de maiores diâmetros, 59% para

as toras com casca de menores diâmetros e 43% para as toras com casca de maiores diâmetros.

A perda de umidade em magnitudes diferentes, para toras de diferentes diâmetros, também foi constatada por Vital, Della Lucia e Valente (1985). Toras de menores diâmetros, ao final de 175 dias de secagem ao ar livre, apresentaram menores valores de umidade (16% a 27%) que toras de maiores diâmetros (acima de 50%).

4 CONCLUSÕES

A maior perda de umidade ocorreu nas duas primeiras semanas de secagem.

A casca influenciou a secagem das toras.

Em 240 dias de secagem, as toras com casca alcançaram 19% e as sem casca, 17% de umidade. A redução de umidade foi maior para as toras sem casca.

As toras de maiores diâmetros localizadas no inferior das pilhas apresentaram as menores perdas de umidade, comparadas às de menores diâmetros.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARROS, M. V. **Fator de cubicação para madeira empilhada de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com toretes de dois comprimentos, e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985. 705 p.

BRITO, J. O. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorreificação. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 182-188, abr./jun. 2006.

CARNEIRO, M. C. **Armazenagem e secagem do resíduo industrial do maracujá amarelo**. 2001. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

FERREIRA, M. C.; FERNANDES, P. S.; SARAIVA FILHO, J. C. Variação na umidade da madeira de eucalipto estocada em pátios industriais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1983, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBS/IBDF/CNPq/FINEP, 1983. p. 779-781.

HART, C. A. **The drying of wood**. Raleigh: North Carolina Agriculture Extension Service, 1966. 24 p.

JANKOWSKY, I. P. **Fundamentos de secagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 13 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap10.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2008.

KLITZKE, R. J. **Secagem da madeira**. Curitiba: UFPR, 2003. 98 p.

LATORRE, F. L.; HENRIQUES, E. P. Melhoramento genético do eucalipto visando à produção de carvão vegetal para siderurgia. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE CARVÃO VEGETAL, 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Painel Florestal, 2008. Disponível em: <<http://painelflorestal.com.br/upload/fernandolopes.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2009.

LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em trinta e duas cidades do Estado de Minas gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 272-276, abr./jun. 1995.

PONCE, R. H.; WATAI, L. T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília: STI/IPT, 1985. 72 p.

RASMUSSEN, E. F. **Dry kiln operator's manual**. Madison: USDA, 1961. 188 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

REZENDE, R. N. et al. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 27., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 611-615.

ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SANTINI, E. J. Métodos usuais de secagem da madeira. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DA MADEIRA, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1992. p. 47-59.

STEIN, F. da R. **Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira**. Viçosa, MG: UFV, 2003. Disponível em: <[http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/Doc Bank/Doutor% 20Celulose/2003SteinFR.pdf](http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/Doc%20Bank/Doutor%20Celulose/2003SteinFR.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2009.

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**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1,
p. 10-27, jan./jun. 1985.