

## Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais<sup>(1)</sup>

Paulo Emílio Ferreira da Motta<sup>(2)</sup>, Nilton Curi<sup>(3)</sup>, Ary Teixeira de Oliveira-Filho<sup>(4)</sup>  
e João Bosco Vasconcellos Gomes<sup>(2)</sup>

Resumo – O objetivo deste trabalho foi relacionar a ocorrência da macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) no Estado de Minas Gerais a atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. O Estado possui três grandes regiões de ocorrência de macaúba: Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica e Montes Claros. A região de Montes Claros é relativamente mais quente e mais seca do que as outras duas, porém as diferenças macroclimáticas regionais não chegam a representar um fator limitante à ocorrência da macaúba. Dentro de cada região, foram selecionadas e amostradas nove seqüências de solos na paisagem, totalizando 27 perfis de solo, registrando-se, inclusive, a vegetação primitiva. O uso de atributos químicos e físicos do solo permitiu separar de forma eficiente os conjuntos de segmentos da paisagem (sítios) com e sem macaúba, mediante a análise de componentes principais, dos quais as correlações com os atributos químicos são os mais relevantes. A ocorrência de macaúba acompanhou áreas de solos com fertilidade natural mais elevada e vegetação primitiva de fisionomia florestal, o que mostra que a espécie avança como pioneira, evitando extremos de deficiência de nutrientes e de água. Os resultados evidenciam que, nos casos estudados, a ocorrência da macaúba só se verificou quando a vegetação primitiva é de floresta subcaducifólia.

Termos para indexação: *Acrocomia aculeata*, palmeira, distribuição das plantas, fatores edáficos, fatores ambientais, fertilidade do solo.

### Occurrence of macaúba in Minas Gerais, Brazil: relationship with climatic, pedological and vegetation attributes

Abstract – The objective of this work was to relate the occurrence of macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) in Minas Gerais State, Brazil, to climatic, pedological and vegetation attributes. The State has three huge regions where macaúba occurs: Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica, and Montes Claros. The Montes Claros region is relatively warmer and drier than the two others, although these regional macroclimatic differences do not limit the macaúba occurrence. Within those regions, nine soil sequences were selected and sampled in the landscape, totalizing 27 soil profiles, being also registered the primitive vegetation in each case. The use of soil chemical and physical attributes allowed to discriminate the sets of landscape segments (sites) with and without macaúba through the principal components analysis; the correlations with the chemical attributes were the most relevant. The macaúba occurrence followed soil areas where the natural fertility was higher and where the primitive vegetation was forest, showing that the species advances as pioneer, avoiding extreme conditions of deficiencies of nutrients and water. The surveyed data evidence that in all cases the macaúba occurrence only happened when the primitive vegetation is semideciduous forest.

Index terms: *Acrocomia aculeata*, palmae, plant establishment, edaphic factors, environmental factors, soil fertility.

<sup>(1)</sup> Aceito para publicação em 23 de julho de 2001.

<sup>(2)</sup> Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ. E-mail: motta@cnps.embrapa.br, bosco@cnps.embrapa.br

<sup>(3)</sup> Universidade Federal de Lavras (Ufla), Dep. de Solos, CEP 37200-000 Lavras, MG E-mail: niltcuri@ufla.br

<sup>(4)</sup> (Ufla), Dep. de Ciências Florestais. E-mail: aryfilho@ufla.br

### Introdução

Produtos naturais, como os óleos vegetais, tiveram a sua importância econômica relativa minimizada com o avanço tecnológico da petroquímica, sendo uma exceção os óleos alimentícios. O investimento na produção de energia de biomassa em larga escala,

entretanto, além de diminuir a evasão de divisas, contrapondo à importação de combustível fóssil, propicia o fortalecimento do mercado interno (Wandeck & Justo, 1988), estratégia recomendável em tempos de mercados globalizados. A palmeira macaúba apresenta grande potencial para produção de óleo com vasta aplicação nos setores industriais e energéticos, com vantagens sobre outras oleaginosas, principalmente com relação à sua maior rentabilidade agrícola e produção total de óleo (Rolim, 1981). Quanto ao surgimento de empreendimentos industriais mais ousados, estes apontam para uma necessária substituição da atividade extrativa (dos povoamentos naturais) por cultivos racionais (Wandeck & Justo, 1988), possibilidade que ganha impulso com a busca de alternativas em face da crise energética atual.

A espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius, palmeira arborecente, espinhosa, com mais de 16 m de altura (Scariot et al., 1991, 1995), distribui-se ao longo da América tropical e subtropical, desde o sul do México e Antilhas até o sul do Brasil, chegando ao Paraguai e Argentina, porém estando ausente no Equador e Peru (Henderson et al., 1995). No Estado de Minas Gerais ocorrem grandes populações de macaúba, apontadas como economicamente promissoras. Grupamentos igualmente importantes ocorrem no Paraguai, Argentina, Bolívia, Sul do Brasil, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso (Markley, 1956; Wandeck & Justo, 1988) e no Ceará (Scariot et al., 1995).

Com relação aos hábitos da palmeira nas zonas central e norte do Paraguai, Markley (1956), referindo-se à espécie como *A. totai* Mart., constatou: maior densidade de palmeiras nas partes altas da paisagem, com decréscimo do número de indivíduos, ou mesmo sua ausência, nas pastagens de áreas baixas; maiores populações em áreas cultivadas (agricultura ou pastagens) e populações menores em áreas cultivadas no passado, abandonadas e atualmente cobertas por matas secundárias. O autor associa o avanço da palmeira às atividades antrópicas, embora não esclareça até que nível essa "domestificação" foi planejada. A abundância da palmeira em áreas alteradas é também comentada por Novaes (1952), Scariot et al. (1991, 1995) e Lorenzi (1992). Novaes (1952) descreve a ocorrência de macaubais do Estado de São Pau-

lo em áreas de pastagens ou em áreas utilizadas, inclusive por povos indígenas, e hoje abandonadas. Comenta também a dificuldade de encontrar indivíduos nos remanescentes de mata nativa. Trabalhando na região de Brasília, Scariot et al. (1991) destacam a macaúba como única espécie arbórea das áreas de pastagens. Lorenzi (1992) salienta o pioneirismo da espécie e sua dispersão maior, embora descontínua, em formações secundárias como capoeiras e capoeirões. Este autor ressalta a ocorrência preferencial da espécie em vales e encostas de floresta mesófito semidecídua (floresta tropical subcaducifólia), e afirma que sua disseminação é facilitada por dois aspectos: a grande produção de frutos e o consumo destes por várias espécies de animais.

Comentários sobre as exigências edáficas da macaúba carecem de observações sistemáticas, sendo, por vezes, discordantes. A espécie é citada por Ratter et al. (1977, 1996) como indicadora de solos mesotróficos do Brasil Central (cerradões e florestas mesófilas). Rocha (1946) e Lorenzi (1992) comentam a preferência da espécie por solos férteis, enquanto Novaes (1952), ao contrário, afirma ser a palmeira adaptada a solos pobres cobertos por cerrados no Estado de São Paulo. Sobre o regime de umidade do solo, comentários apontam a preferência da espécie por terrenos firmes e de drenagem livre, com presença reduzida, ou mesmo ausência, em áreas de drenagem deficiente (Markley, 1956; Martin & Guichard, 1979). A exploração de espécies da família *Palmae* é associada a ambientes florestais com precipitações entre 1.500 e 2.000 mm (Prates et al., 1986). A resposta das palmeiras ao fornecimento de água, é bastante conhecida, no entanto, como também ocorre baixa tolerância pelo excesso de umidade, parece existir uma faixa estreita de umidade de adequação não só para a macaúba, como também para outras espécies de palmeiras.

A exploração dos povoamentos existentes é feita de forma extrativa e com baixa produtividade. A instalação de lavouras comerciais convive com dificuldades na quebra de dormência da semente e no baixo crescimento inicial (Arkcoll, 1990), além do desconhecimento de suas exigências ecológicas.

O objetivo deste trabalho foi relacionar a ocorrência da macaúba (*A. aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius), no Estado de Minas Gerais, a atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais.

### Material e Métodos

Foram selecionadas nove seqüências de solos nas regiões de Montes Claros, Alto Paranaíba e Zona Metalúrgica, consideradas por Wandec & Justo (1988) como as de maior ocorrência natural de macaúba no Estado de Minas Gerais.

Em cada uma dessas regiões de estudo dois critérios definiram a seleção das seqüências de solos na paisagem: a sua representatividade regional e a ocorrência natural da macaúba em algum segmento (sítio) da paisagem. Entenda-se como ocorrência natural a presença da espécie em áreas de pastagem, onde faz valer seu perfil de espécie pioneira, vegetando em densidade sempre maior do que 50 indivíduos/ha nas seqüências selecionadas.

Na caracterização climática de cada região (Tabela 1) interpolaram-se valores de temperatura mínima média anual, temperatura máxima média anual, precipitação total anual e balanço hídrico (segundo Thornthwaite & Mather, 1955, considerando-se 100 mm de retenção de água no solo) dos meses com deficiência hídrica (maio a outubro), a partir dos mapas do Atlas Climatológico do Estado de Minas Gerais (Atlas ..., 1982).

Para cada seqüência selecionada, os solos foram analisados desde posições de topo até as partes baixas da paisagem (Tabela 2). As nove seqüências do estudo totalizaram 27 perfis de solo, descritos e amostrados conforme Lemos & Santos (1996) e posteriormente classificados conforme Camargo et al. (1987), com base na descrição morfológica e nos dados analíticos (Embrapa, 1988). Em cada sítio examinado foi registrada a ocorrência ou ausência da macaúba, além da vegetação primitiva (Tabela 3).

As amostras foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas para separação da terra fina secada ao ar (TFSA),

calhaus e cascalhos. Na TFSA foram determinados os elementos do complexo sortivo, P disponível, pH em água, C orgânico e composição granulométrica (Embrapa, 1997). Os resultados referem-se à terra fina secada a 105°C. Com os resultados do complexo sortivo foram calculadas: soma de bases trocáveis (S); capacidade de troca catiônica (CTC); saturação por Al (m); e saturação por bases (V).

Com o objetivo de se verificar possíveis correlações entre a presença ou ausência de macaúba e parâmetros pedológicos, dados quantitativos dos perfis de solos, referentes a duas profundidades de amostragem (horizonte superficial e subsuperficial) foram comparados pela análise de componentes principais (ACP), utilizando-se o programa PC-ORD-3.0 (McCune & Mefford, 1997). Para tanto, os seguintes procedimentos preliminares foram realizados: produção de matrizes contendo todas as variáveis de solo por área; testes de distribuição normal para as variáveis pelo conjunto das amostras segundo Método Shapiro Wilk (SAS Institute, 1985), a 5% de probabilidade. Nos casos em que a distribuição da variável não era normal, os dados foram transformados, primeiramente, pelo uso de raiz do arco seno da variável; e, posteriormente, se necessário, pelo logaritmo neperiano da raiz do arco seno da variável. Após a ACP, foram selecionadas as variáveis com correlações mais importantes ao entendimento do problema estudado, ou seja, aquelas que mais contribuíram para a variância resumida nos componentes da ACP.

### Resultados e Discussão

A caracterização climática das regiões de estudo revela uma precipitação total anual variando de 1.100 a 1.500 mm (Tabela 1), situando-se quase sempre abaixo da faixa apontada por Prates et al. (1986) com relação a espécies da família Palmae. Os extremos de temperatura são dados por uma mínima média anual de 15°C no Alto Paranaíba e uma máxima média anual de 31°C em Montes Claros. Há registros de deficiên-

**Tabela 1.** Parâmetros climáticos das regiões estudadas no Estado de Minas Gerais<sup>(1)</sup>.

Parâmetro	Alto Paranaíba	Zona Metalúrgica	Montes Claros
Temperatura mínima média anual (°C)	15	15	16-17
Temperatura máxima média anual (°C)	28	26-28	28-31
Precipitação total anual (mm)	1.300-1.400	1.300-1.500	1.100-1.200
Deficiência hídrica de maio (mm) <sup>(2)</sup>	10	10-20	20-30
Deficiência hídrica de junho (mm)	20	20	30-40
Deficiência hídrica de julho (mm)	30	20-30	40-50
Deficiência hídrica de agosto (mm)	40-50	40-50	60-70
Deficiência hídrica de setembro (mm)	40	20-30	70-80
Deficiência hídrica de outubro (mm)	0	0	60-70

<sup>(1)</sup>Dados interpolados a partir dos mapas do Atlas Climatológico do Estado de Minas Gerais (Atlas ..., 1982). <sup>(2)</sup>Nos meses não especificados ocorre excesso hídrico.

cia hídrica de maio a setembro, prolongando-se até outubro somente na região de Montes Claros. Com exceção desta região, a maior deficiência hídrica ocorre em agosto. Em termos comparativos, a região de Montes Claros é mais seca e mais quente do que a da Zona Metalúrgica e a do Alto Paranaíba. Não foge, entretanto, das características da grande área de dispersão da espécie (Scariot et al., 1995).

Todas as seqüências estudadas englobam formações de cerrado e de floresta, e apenas a seqüência C-IX (região de Montes Claros) apresenta uma formação essencialmente graminóide (perfil 28 na Tabela 3). A presença de macaúba nunca se dá nos sítios de amostragem que estão no topo da paisagem, indo de posições de meia-encosta até, por vezes, posições baixas na paisagem (Tabela 3), desde que a formação primitiva seja florestal.

Chama a atenção o fato de os valores médios da soma de bases (S) e da saturação por bases (V) serem maiores na presença de macaúba, com conseqüentes menores valores da saturação por Al (m) (Tabela 4). Esses aspectos revelam maior fertilidade natural nos solos onde a espécie ocorre em comparação aos solos adjacentes sem tal ocorrência, em concordância com os trabalhos de Rocha (1946), Ratter et al. (1977, 1996), e Lorenzi (1992). Vale a pena ressaltar que, de modo geral, os agricultores, extensionistas e pesquisadores em Minas Gerais utilizam a macaúba como planta indicadora de terrenos férteis.

**Tabela 2.** Localização das seqüências de solos estudadas por região no Estado de Minas Gerais.

Seqüência de solos	Região	Drenagem	Coordenadas geográficas
A-I	Alto Paranaíba	Rio Borrachudo	19°9'20" S 46°0'41" W Gr
B-II	Zona Metalúrgica	Rio das Velhas	19°9'42" S 44°3'22" W Gr
B-III		Ribeirão Soberbo	19°18'39" S 43°36'48" W Gr
B-IV		Rio Congo	19°21'24" S 43°39'25" W Gr
C-V	Montes Claros	Vereda	17°3'21" S 44°13'54" W Gr
C-VI		Córrego Canabrava	16°40'43" S 44°22'4" W Gr
C-VII		Córrego Barriguda	16°30'4" S 44°22'4" W Gr
C-VIII		Córrego Barriguda	16°30'34" S 44°21'55" W Gr
C-IX		Córrego Boa Vista	16°11'5" S 44°42'17" W Gr

Para esses mesmos atributos, foram realizadas análises de componentes principais (Figura 1 e Tabela 5). As variáveis de solo empregadas discriminaram fortemente os solos com e sem macaúba já no primeiro eixo de ordenação (primeiro componente), confirmando o que foi comentado para os valores médios. Esta discriminação foi mais forte nas amostras do horizonte superficial do que nas amostras do horizonte subsuperficial (Figura 1). No horizonte superficial, as variáveis que mais contribuíram para o primeiro componente (portanto mais relacionadas com a presença ou ausência da macaúba) foram, com correlações positivas, V,  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , S e pH em água, e com correlações negativas, m e teor de  $Al^{3+}$ . No horizonte subsuperficial, repete-se a tendência do horizonte superficial, invertendo-se o sinal das correlações em relação às diferentes variáveis (Tabela 5).

Numa análise mais geral, se a distribuição da macaúba mostrou-se coincidente com os solos originalmente sob vegetação florestal, evitando os solos sob vegetação primitiva de cerrado ou campo, essa distribuição também se refletiu na preferência por solos eutróficos (saturação por bases  $\geq 50\%$ ) em detrimento dos solos álicos (saturação por Al  $\geq 50\%$ ) (Figura 2). A ocorrência da macaúba nos solos distróficos e álicos (epidistróficos – distróficos no horizonte superficial) só se verificou, portanto, quando a vegetação primitiva era de fisionomia florestal, o que parece caracterizar dependência da espécie não só por ambientes com menor deficiência de nutrientes, mas também por áreas onde o déficit hídrico apresente-se minimizado. Por outro lado, a ausência de macaúba em solos cuja vegetação primitiva era floresta também ocorreu (perfil 2 na Tabela 3), quando a fertilidade natural foi muito baixa (característica álica extrema). Essas tendências estão em consonância com a proposição de Resende (1992) para a distribuição de fisionomias vegetais em função de sua tolerância às deficiências de água e nutrientes, onde a floresta é menos tolerante que o cerrado para ambas deficiências, mas com um maior peso para a deficiência de água. A macaúba acompanha de perto as exigências ecológicas das fisionomias florestais do Brasil Central, sendo a espécie isoladamente mais sensível à deficiência de nutrientes e indicadora de solos mesotróficos (Ratter et al., 1977, 1996).

**Tabela 3.** Classificação dos solos e outros atributos ambientais, incluindo a ocorrência ou ausência de macaúba, nos sítios de estudo no Estado de Minas Gerais.

Nº do perfil	Altitude (m)	Classe de solo <sup>(1)</sup>	Saturação do complexo sortivo	Horizonte superficial	Textura	Vegetação primitiva	Relevo <sup>(2)</sup>	Classe de drenagem	Presença de macaúba
Região do Alto Paranaíba, Seqüência A-I									
1	1.100	LU	Distrófico	Moderado	Muito argilosa	Cerrado	Plano	Bem drenado	Não
2	1.090	LE	Álico	Proeminente	Muito argilosa	Floresta Tropical Subperenifólia	Plano	Acentuadamente drenado	Não
3	950	LR	Distrófico	Moderado	Argilosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	Ond.	Acentuadamente drenado	Sim
4	900	AQ	Distrófico	Moderado	Arenosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Fortemente drenado	Sim
5	850	R	Álico	Moderado	Siltosa pedregosa cascalhenta	Campo Cerrado	F. ond.	Bem drenado	Não
Região da Zona Metalúrgica, Seqüência B-II									
6	750	LE	Álico	Moderado	Argilosa	Cerrado	Plano	Acentuadamente drenado	Não
7	700	C	Álico	Moderado	Muito argilosa pedregosa cascalhenta	Campo Cerrado	Ond.	Bem drenado	Não
8	650	PE	Eutrófico	Chernozêmico	Argilosa/muito argilosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Bem drenado	Sim
9	600	A	Eutrófico	Moderado	Média	Floresta Tropical Subcaducifólia de várzea	Plano	Moderadamente drenado	Sim
Região da Zona Metalúrgica, Seqüência B-III									
10	850	LE	Álico	Moderado	Argilosa	Cerrado	S. ond.	Acentuadamente drenado	Não
11	830	PV	Distrófico	Moderado	Siltosa/argilosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	Ond.	Bem drenado	Sim
Região da Zona Metalúrgica, Seqüência B-IV									
12	850	C	Álico	Moderado	Argilosa pedregosa	Campo Cerrado	Ond.	Bem drenado	Não
13	830	C	Álico	Moderado	Argilosa pedregosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	Ond.	Bem drenado	Sim
14	790	PE	Eutrófico	Moderado	Média	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Bem drenado	Sim
Região de Montes Claros, Seqüência C-V									
15	860	LE	Álico	Moderado	Média	Cerrado	Plano	Fortemente drenado	Não
16	850	AQ	Eutrófico	Moderado	Arenosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Imperfeitamente drenado	Sim
17	840	GH	Eutrófico	Turfoso	Média	Floresta Tropical Subcaducifólia de várzea	Plano	Mal drenado	Sim
Região de Montes Claros, Seqüência C-VI									
18	750	LE	Álico	Moderado	Média	Cerrado	Plano	Acentuadamente drenado	Não
19	745	AR	-	-	-	-	-	-	-
20	740	PV	Eutrófico	Chernozêmico	Média/argilosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Moderadamente drenado	Sim

Continua...

**Tabela 3.** Continuação

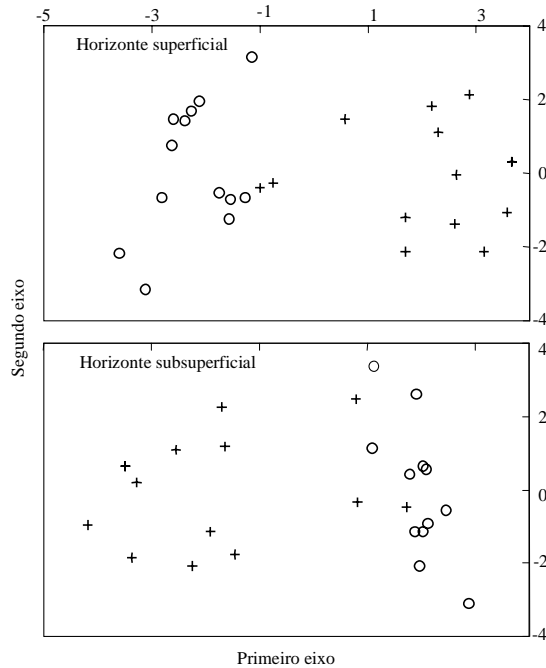
Nº do perfil	Altitude (m)	Classe de solo <sup>(1)</sup>	Saturação do complexo sortivo	Horizonte superficial	Textura	Vegetação primitiva	Relevo <sup>(2)</sup>	Classe de drenagem	Presença de macaúba
Região de Montes Claros, Sequência C-VII									
21	830	LE	Álico	Moderado	Média	Cerrado	Ond.	Acentuadamente drenado	Não
22	820	C	Eutrófico	Moderado	Argilosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	Ond.	Bem drenado	Sim
Região de Montes Claros, Sequência C-VIII									
23	860	LE	Álico	Moderado	Média	Cerrado	S. ond.	Acentuadamente drenado	Não
24	855	LV	Eutrófico	Moderado	Média	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Bem drenado	Sim
25	850	GH	Eutrófico	Turfoso	Média	Floresta Tropical Subcaducifólia de várzea	Plano	Mal drenado	Sim
Região de Montes Claros, Sequência C-IX									
26	660	LE	Álico	Moderado	Argilosa	Transição Cerrado/Floresta Tropical Subcaducifólia	Plano	Fortemente drenado	Não
27	643	C	Eutrófico	Moderado	Argilosa	Floresta Tropical Subcaducifólia	S. ond.	Bem drenado	Sim
28	640	GH	Álico	Proeminente	Argilosa	Campo Hidrófilo	Plano	Muito mal drenado	Não

<sup>(1)</sup>LR: Latossolo Roxo; LE: Latossolo Vermelho-Escuro; LV: Latossolo Vermelho-Amarelo; LU: Latossolo Variação Una; PE: Podzólico Vermelho-Escuro; PV: Podzólico Vermelho-Amarelo; C: Cambissolo; GH: Gleí Húmico; AQ: Areia Quartzosa; A: Solo Aluvial; R: Solo Litólico; AR: Afloramento de rocha. <sup>(2)</sup>S. ond.: suave ondulado; Ond.: ondulado; F. ond.: forte ondulado.

**Tabela 4.** Valores mínimos, máximos, médios e desvio-padrão de atributos do horizonte superficial e subsuperficial dos solos estudados na presença (n=14) e ausência (n=13) de macaúba, no Estado de Minas Gerais.

Atributo <sup>(1)</sup>	Horizonte superficial								Horizonte subsuperficial							
	Com macaúba				Sem macaúba				Com macaúba				Sem macaúba			
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão
Argila (g/kg)	60	510	266	147	100	830	422	232	80	720	322	182	135	850	457	234
Silte/argila	0,5	2,5	1,5	0,6	0,1	2,2	0,7	0,6	0,2	2,4	1,2	0,5	0,1	1,9	0,7	0,6
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	1,80	11,30	6,10	3,29	0,2	1,5	0,7	0,5	0,32	10,32	4,21	3,04	0,1	0,4	0,2	0,1
K <sup>+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	0,07	0,35	0,25	0,10	0,08	0,34	0,18	0,10	0,03	0,33	0,17	0,10	0,01	0,19	0,06	0,05
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05	0,02	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01
S (cmol <sub>e</sub> /kg)	2,08	11,66	6,4	3,3	0,31	1,85	0,86	0,58	0,45	10,64	4,4	3,1	0,13	0,48	0,30	0,11
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	0	1,3	0,2	0,4	0,2	2,2	1,3	0,5	0	2,2	0,3	0,6	0,1	6,4	1,5	1,6
H <sup>+</sup> (cmol <sub>e</sub> /kg)	1,0	8,9	4,4	2,8	0,9	16,9	6,7	5,5	0,7	8,2	3,2	2,6	0,1	8,3	3,1	2,9
CTC (cmol <sub>e</sub> /kg)	5,0	16,2	11,0	3,9	2,0	19,7	8,8	5,9	1,8	13,7	7,9	3,8	1,0	9,4	4,9	3,3
V (%)	17	87	59	22	2	46	14	13	6	91	55	28	2	32	10	8
m (%)	0	38	5	11	35	82	60	17	0	81	14	24	43	93	76	12
P disponível (mg/kg)	1	36	10	10	1	6	2	1	1	22	5	7	0	2	1	0,4
C orgânico (g/100 g)	0,7	2,6	1,6	0,6	0,4	4,5	1,8	1,0	0,2	1,2	0,6	0,3	0,1	1,7	0,7	0,4
pH em água	4,6	6,0	5,5	0,4	4,6	5,4	4,9	0,2	4,6	6,5	5,6	0,5	4,4	6,0	5,1	0,4

<sup>(1)</sup>S = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; CTC = S + H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>; V = 100.S/CTC; m = 100.Al<sup>3+</sup>/(Al<sup>3+</sup> + S).



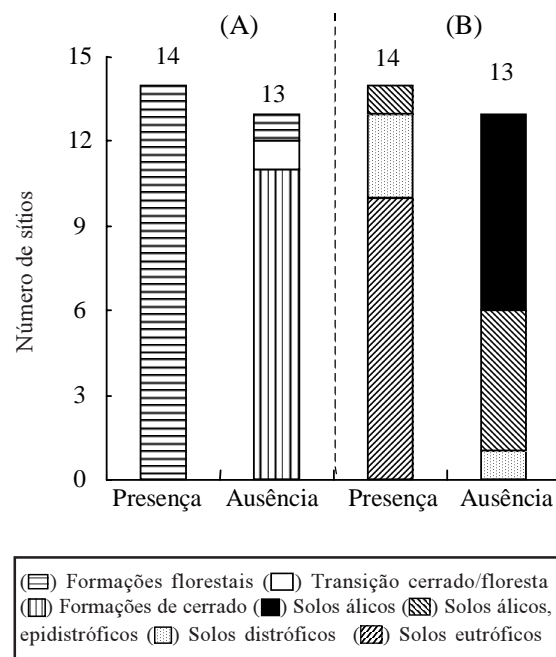
**Figura 1.** Diagrama de ordenação dos ambientes com presença (+) ou ausência (O) de macaúba, em razão de atributos físicos e químicos do solo, produzidos pelos dois primeiros eixos por análise de componentes principais (ACP), para o horizonte superficial e subsuperficial dos solos. Os eixos da ACP são escalas de ordenação.

**Tabela 5.** Coeficientes de correlação entre os atributos do horizonte superficial e subsuperficial dos solos e os dois primeiros eixos de ordenação da análise de componentes principais.

Atributo <sup>(1)</sup>	Horizonte superficial		Horizonte subsuperficial	
	Primeiro eixo	Segundo eixo	Primeiro eixo	Segundo eixo
Argila	-0,1891	-0,4559	0,1482	-0,5438
Silte/argila	0,2732	0,2064	-0,2466	0,2920
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	0,3857	-0,1489	-0,4132	-0,0896
S	0,3836	-0,1762	-0,4132	-0,0927
Al <sup>3+</sup>	-0,3800	-0,0414	0,3253	-0,0032
CTC	0,0549	-0,5795	-0,1677	-0,4471
V	0,3905	0,0338	-0,3992	0,1712
m	-0,4017	0,0366	0,4183	0,0237
C orgânico	-0,0653	-0,5872	0,0426	-0,5511
pH em água	0,3581	-0,1071	-0,3251	-0,2623

<sup>(1)</sup>S = Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>; CTC = S + H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>; V = 100.S/CTC; m = 100.Al<sup>3+</sup>/(Al<sup>3+</sup> + S).

Comentário análogo ao anterior pode ser feito quanto à presença de macaúba em solos mal drenados (Glei Húmico, perfis 17 e 25 na Tabela 3), o que só ocorreu porque a deficiência de oxigênio, mesmo considerável no período chuvoso, permitiu a presença da fisionomia florestal como vegetação primitiva e da própria macaúba como espécie pioneira, caso que não ocorreu no perfil 28 (campo hidrófilo). Resende & Ker (1996) sugerem que a ausência de espécies de mata nesses ambientes mal drenados está associada às áreas com constantes flutuações do lençol freático, originando um efeito de dois estresses que se alternam sazonalmente, deficiência de oxigênio e de água. Além disso, a sobrevivência de palmeiras em ambientes com excesso de água está associada à presença de estruturas especializadas, conhecidas como pneumatóides, as quais permitem trocas gasosas em áreas inundadas (Balick, 1989).



**Figura 2.** Presença ou ausência de macaúba como função da fase de vegetação primitiva (A) e da característica eutrófica, distrófica ou álica dos solos (B) nos sítios estudados em Minas Gerais.

A busca de alternativas para fazer frente à crise energética brasileira contemporânea impõe ênfase na implantação de lavouras comerciais em substituição aos povoamentos naturais de macaúba (Wandeck & Justo, 1988), devido seu potencial para produção de óleo com vasta aplicação no setor energético, com vantagens sobre outras oleaginosas no tocante à sua produção total de óleo e rentabilidade agrícola (Rolim, 1981). Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o conhecimento das exigências ecológicas dessa palmeira.

### Conclusões

1. O uso de atributos químicos e físicos do solo permite separar de forma eficiente os conjuntos de segmentos da paisagem (sítios) com e sem macaúba por meio da análise de componentes principais, e as correlações com os atributos químicos são as mais relevantes.

2. A ocorrência de macaúba acompanha áreas de solos com maior fertilidade natural e vegetação primitiva de fisionomia florestal, mostrando que a espécie avança como pioneira evitando extremos de deficiência de nutrientes e de água, características que devem ser observadas para cultivos de sequeiro.

3. A ocorrência da macaúba só se verifica quando a vegetação primitiva é de floresta subcaducifolia.

### Referências

- ARKCOLL, D. New crops from Brazil. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCES IN NEW CROPS, 1., 1988, Indianapolis. **Proceedings...** Portland: Timber, 1990. p. 367-371.
- ATLAS climatológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Epamig/Instituto Nacional de Meteorologia/ Universidade Federal de Viçosa, 1982. Não paginado.
- BALICK, M. J. The diversity of use of neotropical palms. **Ceiba**, Tegucigalpa, v. 30, n. 1, p. 21-46, 1989.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67 p.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 1995. 352 p.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-SNLCS, 1996. 84 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD**: multivariate analysis of ecological data, version 3.0. Glenden Beach: MjM Software Design, 1997. 237 p.
- MARKLEY, K. S. Mobocayá or Paraguay coco palm: an important source of oil. **Economic Botany**, New York, v. 10, n. 1, p. 3-32, 1956.
- MARTIN, G.; GUICHARD, P. H. A propos de quatre palmiers spontanés d'Amérique Latine. **Oléagineux**, Paris, v. 34, n. 8/9, p. 375-384, 1979.
- NOVAES, R. J. **Contribuição para o estudo do coco macaúba**. 1952. 86 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- PRATES, J. E.; SEDIYMA, G. C.; VIEIRA, H. A. Clima e produção agrícola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 18-22, 1986.
- RATTER, J. A.; ASKEW, G. P.; MONTGOMERY, R. F.; GIFFORD, D. R. Observações adicionais sobre o cerrado de solo mesotrófico no Brasil Central. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília. **Anais...** São Paulo: Edusp, 1977. p. 306-316.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; ATKINSON, R.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation. II. Comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 53, n. 2, p. 153-180, 1996.
- RESENDE, M. **Solo-clima-sucessão vegetal**. Viçosa, MG: UFV, 1992. 140 p.



- RESENDE, M.; KER, J. C. Pedologia e interações geomédicas. In: SEMINÁRIO SOBRE INTERAÇÕES GEOMÉDICAS, 2., 1996, Areia. **Anais...** Areia: UFPB, 1996. 2 disquetes.
- ROCHA, O. O coco macaúba. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 21, p. 345-358, 1946.
- ROLIM, A. A. B. Óleos vegetais: usos gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 82, p. 17-22, 1981.
- SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS user's guide: statistics**. 5. ed. Cary, 1985. 956 p.
- SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. **Biotropica**, Washington, v. 27, n. 2, p. 168-173, 1995.
- SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 23, n. 1, p. 12-22, 1991.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).
- WANDECK, F. A.; JUSTO, P. G. A macaúba, fonte energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, SAVANAS, 6., 1988, Brasília. **Anais...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1988. p. 541-577.