



**Boletim de Pesquisa**

ISSN 0100-8102

*Número, 178*

*Setembro, 1997*

***Avaliação da Matéria  
Orgânica e de Parâmetros  
Físico-hídricos de  
um Latossolo Amarelo  
sob Diferentes Sistemas  
de Manejo do Dendezeiro,  
em Capitão Poço, Pará***

**Embrapa**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

***Presidente da República***

***Fernando Henrique Cardoso***

**MINISTRO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO**

***Arlindo Porto Neto***

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

***Presidente***

***Alberto Duque Portugal***

***Diretores***

***Dante Daniel Giacomelli Scolari***  
***Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha***  
***José Roberto Rodrigues Peres***

***Chefia da Embrapa Amazônia Oriental***

***Emanuel Adilson Souza Serrão – Chefe Geral***  
***Jorge Alberto Gazel Yared – Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento***  
***Antonio Carlos Paula Neves da Rocha – Chefe Adjunto de Apoio Técnico***  
***Antonio Ronaldo Teixeira Jatene – Chefe Adjunto Administrativo***

ISSN 0100-8102

**Boletim de Pesquisa Nº 178**

Setembro, 1997

***Avaliação da Matéria  
Orgânica e de Parâmetros  
Físico-hídricos de um  
Latossolo Amarelo sob  
Diferentes Sistemas de  
Manejo do Dendzeiro, em  
Capitão Poço, Pará***

*Eduardo Jorge Maklouf Carvalho*

*Milton Paulino da Costa*

*Carlos Alberto Costa Veloso*

**Embrapa**

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

*Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Telefones: (091) 246-6653, 246-6333  
Telex: (91) 1210  
Fax: (091) 226-9845  
Caixa Postal, 48  
66095-100 – Belém, PA*

*Tiragem: 300 exemplares*

#### **Comitê de Publicações**

*Antonio Ronaldo Camacho Baena – Presidente  
Ari Pinheiro Camarão  
Célia Maria Lopes Pereira  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Jorge Alberto Gazel Yared  
Maria de Lourdes Reis Duarte  
Maria de Nazaré Magalhães dos Santos – Secretária Executiva  
Moacyr Bernardino Dias Filho – Vice-Presidente  
Regina Célia Viana Martins da Silva  
Raimundo Nonato Brabo Alves  
Raimunda Fátima Ribeiro de Nazaré  
Sonia Helena Monteiro dos Santos*

#### **Revisores Técnicos**

*Antonio Agostinho Müller – Embrapa Amazônia Oriental  
Leopoldo Brito Teixeira – Embrapa Amazônia Oriental  
Paulo Leonel Libardi – ESALQ*

#### **Expediente**

*Coordenação Editorial: Antonio Ronaldo Camacho Baena  
Normalização: Célia Maria Lopes Pereira  
Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos  
Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em inglês)  
Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho*

**CARVALHO, E.J.M.; COSTA, M.P. da; VELOSO, C.A.C. Avaliação da matéria orgânica e de parâmetros físico-hídricos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo do dendzeiro, em Capitão Poço, Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 28p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 178).**

**1. Matéria orgânica – Avaliação – Brasil – Pará – Capitão Poço. 2. Latossolo amarelo – Propriedade químico-física – Brasil – Pará – Capitão Poço. 3. Dendê – Relação com solo. I. Costa, M.P. da, colab. II. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). III. Título. IV. Série.**

**CDD: 631.417098115**

**© Embrapa – 1997**

## **SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

# **AVALIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E DE PARÂMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO DENDEZEIRO, EM CAPITÃO POÇO, PARÁ**

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho<sup>1</sup>

Milton Paulino da Costa<sup>2</sup>

Carlos Aberto Costa Veloso<sup>1</sup>

**RESUMO:** Este trabalho foi desenvolvido no município de Capitão Poço, PA, tendo como objetivo o estudo do efeito de sistemas de manejo para a cultura do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq), sobre a matéria orgânica e algumas propriedades físico-hídricas do solo. O experimento ocupou uma área de 1,0 ha, subdividida em quatro parcelas experimentais, onde foram aplicados os seguintes manejos: sem leguminosa, sem adubação (SL-SA); sem leguminosa, com adubação (SL-CA); com leguminosa, sem adubação (CL-SA); com leguminosa, com adubação (CL-CA). Para efeito de comparação da matéria orgânica e de algumas propriedades físico-hídricas, foi utilizada, também, uma parcela de floresta primária (mata) contígua ao ensaio. Nestes locais, coletaram-se amostras deformadas e indeformadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, onde foram determinados os seguintes parâmetros: granulometria, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, distribuição de poros e retenção de água. De acordo com os resultados, pode-se concluir que: ocorreu elevação da densidade do solo e diminuição da porosidade total com o cultivo do dendezeiro, bem como, redução do teor de matéria orgânica em 38%, em comparação à área de floresta primária; de modo geral, não ocorreram diferenças nas propriedades físicas e no teor de matéria orgânica do solo entre os tratamentos com cultivo do dendezeiro, independente do uso de leguminosas e/ou adubação;

**Termos para indexação:** física de solos, matéria orgânica, manejo, leguminosas, cultura do dendezeiro.

---

<sup>1</sup>Eng.- Agr., Dr., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

<sup>2</sup>Quím., M.Sc., Embrapa Amazônia Oriental.

## **ORGANIC MATTER AND PHYSICO-HYDRIC PARAMETERS OF A YELLOW LATOSOL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT OF OIL PALM PRODUCTION SYSTEMS**

**ABSTRACT:** *The aim of this study was to evaluate the effect of management of oil palm (E.g.) production systems on the organic matter content and physico-hydric properties of the soil. The experiment was carried out in the county of Capitão Poço, Pará, in an area of 1.0 ha, divided into four plots. The treatments were: 1) no legume, no fertilizer; 2) No legume, plus fertilizer; 3) plus legume, no fertilizer; and 4) plus legume, plus fertilizer. The control was a plot in a forest area near the experiment. Disturbed and undisturbed soil samples were collected, at 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm depth. The parameters measured were texture, bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, pore distribution, water retention and organic matter. The results showed that oil palm plantation changed the soil physical properties evaluated and reduced the soil organic matter content. The use of legume crops, with or without fertilizer did not affect the soil physical properties nor the organic matter content.*

*Index terms: soil physics, organic matter, management, legume, oil palm.*

### **INTRODUÇÃO**

*A cultura do dendezeiro (**Elaeis guineensis** Jacq) tem se expandido consideravelmente no Estado do Pará, dada às semelhanças climáticas com regiões produtoras como as da Bahia e da Costa do Marfim, principalmente no que se refere à disponibilidade hídrica, fator limitante para um bom desenvolvimento da cultura.*

*Uma das práticas de manejo usadas na cultura do dendezeiro é o plantio de leguminosas, com o objetivo de manter a cobertura vegetal que oferece como benefícios, menor número de capinas, aumento no teor de matéria orgânica, manutenção por mais tempo da umidade do solo, além de evitar perdas por erosão.*

*Segundo Costa (1983), a matéria orgânica tem influência direta e/ou indireta sobre os atributos do solo, provocando nítidas modificações nas características e propriedades físicas e químicas, isoladamente ou em conjunto.*

*Ainda, segundo Costa (1983), a matéria orgânica afeta a estrutura do solo, favorecendo a sua aeração e aumentando a capacidade de retenção de água. Além disso, com a alteração da estrutura, a densidade do solo é diminuída, favorecendo a exploração de maior volume de solo pelas raízes das plantas. Para Kiehl (1979), como a densidade da matéria orgânica varia entre 0,6 e 1,0 kg.dm<sup>-3</sup>, sua presença sugere a redução nos valores de densidade do solo.*

*De acordo com Miller et al. (1982), nos sistemas agrícolas dos trópicos úmidos, a substituição de mata nativa por culturas, acarreta uma diminuição de aproximadamente 75 % da matéria orgânica dos solos, enquanto que Borges (1993) encontrou valores variados de acordo com a cobertura vegetal e/ou manejo utilizado, com decréscimo de 47 % quando o solo foi cultivado com manga (*Mangifera indica* Lin), e média de 25 %.*

*Essa redução no teor de matéria orgânica pode ser justificada, segundo Sanchez (1981), pela elevação na taxa de decomposição da matéria orgânica, devido à aplicação de sistemas de preparo com mobilização do solo, bem como, segundo Stevenson (1982), pela melhoria da aeração e pela alternância de umedecimento e secagem, fenômenos que podem levar ao aumento da atividade microbiana e, assim, à redução do teor de matéria orgânica.*

*Segundo Brady (1989) e Costa (1979), a porosidade, tal como a densidade do solo, varia apreciavelmente com a textura, a estrutura e o teor de matéria orgânica. Nos solos de textura média a fina, a porosidade é geralmente de 0,40 a 0,60 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>, podendo exceder esse valor nos casos de agregação bem desenvolvidos e teor elevado de matéria orgânica. Em igualdade de textura, a porosidade é, em geral,*

*menor em níveis subsuperficiais ou subjacentes, podendo ser inferior a 0,30 m<sup>3</sup>.m<sup>3</sup> em alguns solos compactados, devido ao menor teor de matéria orgânica, a piores condições de estrutura e ao peso dos níveis superiores.*

*Segundo Cassel & Nielsen (1986), a capacidade de retenção de água pelo solo está diretamente relacionada à sua matriz e à distribuição espacial dos poros. Esta interação sofre também influência de fatores como: taxas de evaporação e transpiração local, tipo de cultura estabelecida, densidade de plantio, profundidade de raízes, natureza do perfil do solo em profundidade e impedimentos à drenagem.*

*Oliveira (1979) cita diversos autores (Peele, 1949; Van Doren, 1949; Grohmann, 1960) que utilizaram como valor limite de separação entre a macro e a microporosidade uma tensão de 6 kPa, a qual corresponde aos poros de diâmetro da ordem de 50 μm.*

*A porosidade do solo pode ser descrita em termos de espaços porosos equivalentes às sucções correspondentes às alturas de uma coluna de água. Isso possibilita a obtenção de uma curva da porosidade do solo que abrange uma faixa de teores de umidade partindo de um solo saturado até àquele correspondente ao ponto de murchamento (Grohmann, 1972). A distribuição dos tamanhos dos poros, segundo Libardi (1995), é obtida através da relação funcional entre o diâmetro dos poros e a energia com que a água é retida pela matriz sólida do solo (representada pela altura de ascensão capilar).*

*A influência da textura do solo é muito grande na retenção de água. Entretanto, solos da mesma classe de textura podem possuir curvas de retenção do teor de água diferentes, não só devido às diferenças de granulometria nas mesmas classes de textura, mas também como resultado de diferenças de teor em matéria orgânica, tipo de argila, etc., e diferenças de microestrutura a elas relacionadas (Costa, 1979). Os solos de textura mais fina retêm maior quantidade de água para os diferentes níveis de energia potencial mátrica*

*estudados (Brady, 1989). Tal condição é prevista por possuírem maior quantidade de material coloidal, maior espaço poroso e superfície adsortiva muito maior. Sanchez (1981) também mostra a importância da textura na retenção de água, ao comparar curvas de retenção de umidade para diferentes classes texturais.*

*Diversos trabalhos têm procurado ajustar a curva de retenção de água no solo. Atualmente tem-se utilizado o modelo matemático proposto por Van Genuchten (1980), o qual considera o potencial matricial como variável independente, e a umidade volumétrica à base de volume ( $m^3.m^{-3}$ ) como variável dependente.*

*Este trabalho fez parte do projeto "Produtividade de solos amazônicos e mudanças ecológicas sob diferentes sistemas de manejo- CPATU-2", desenvolvido desde 1977 pela Embrapa através do Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental, o qual teve como objetivo geral avaliar o uso dos solos tropicais da Amazônia, com espécies de interesse econômico, sendo o dendezeiro uma das culturas perenes selecionadas.*

*O estudo teve como objetivo específico avaliar o efeito de sistemas de manejo para a cultura do dendezeiro, sobre a matéria orgânica e algumas propriedades físico-hídricas do solo.*

## **MATERIAL E MÉTODOS**

*Este trabalho foi conduzido no município de Capitão-Poço, Estado do Pará, no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, em Latossolo Amarelo textura média. O experimento ocupou uma área de 1,0 ha, subdividida em quatro parcelas experimentais, onde foram aplicados os seguintes sistemas de cultivo para a cultura do dendê: 1) **SL-SA** - sem leguminosa, sem adubação; 2) **SL-CA** - sem leguminosa, com adubação; 3) **CL-SA** - com leguminosa, sem*

adubação; 4) **CL-CA** - com leguminosa, com adubação. Para efeito de comparação da matéria orgânica e de algumas propriedades físico-hídricas, foi utilizada, também, uma parcela de floresta primária (**mata**), contígua ao ensaio.

Em cada área selecionada foram abertas três trincheiras, onde coletaram-se amostras indeformadas em anéis volumétricos de 100 cm<sup>3</sup>, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, para determinação da densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e retenção de água. Nas mesmas condições foram retiradas amostras deformadas para determinação da densidade de partículas, granulometria, retenção de água a 1500 kPa e matéria orgânica. As determinações foram efetuadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, seguindo metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solos (Embrapa, 1979). Para análise de variância dos resultados utilizou-se o modelo inteiramente casualizado, sendo a comparação de médias efetuada pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

O carbono orgânico foi determinado pelo método que utiliza o dicromato de potássio, ácido sulfúrico concentrado e solução fosfórica a 5 %, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal. Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O = \% \text{ de } C_{org} \cdot 17,24 \quad (\text{g.kg}^{-1}) \quad (2)$$

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta; a densidade de partículas ( $D_p$ ), pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico, como líquido penetrante, para medir o volume do solo. A densidade do solo ( $D_s$ ) foi determinada pelo método do anel volumétrico com capacidade para conter amostra indeformada de 100cm<sup>3</sup>. A porosidade total ( $P_t$ ) foi calculada pela equação  $P_t = (1 - D_s / D_p)$ . A microporosidade foi obtida através dos resultados das amostras submetidas à aplicação de tensão equivalente a 6 kPa. A macroporosidade resultou da diferença entre porosi-

*dade total e microporosidade. A retenção de água nas tensões de 6, 10, 30 e 100 kPa foi determinada com amostras indeformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa, mediante a aplicação das referidas tensões, em equipamento apropriado conhecido como "Câmara de Richards". A água retida a -1500 kPa foi obtida em amostras deformadas, submetidas ao mesmo procedimento.*

*O cálculo da distribuição do tamanho dos poros foi determinado: a) poros  $\geq 50 \mu\text{m}$  - pela diferença entre o valor da porosidade total e da umidade volumétrica obtida na pressão de 6 kPa; b) poros entre  $50 \mu\text{m}$  e  $30 \mu\text{m}$  - diferença de umidades volumétricas entre 6 e 10 kPa; c) poros entre  $30 \mu\text{m}$  e  $10 \mu\text{m}$  - diferença de umidades volumétricas entre 10 e 30 kPa; d) poros entre  $10 \mu\text{m}$  e  $3 \mu\text{m}$  - diferença de umidades volumétricas entre 30 e 100 kPa; e) poros entre  $3 \mu\text{m}$  e  $0,2 \mu\text{m}$  - diferença de umidades volumétricas entre 100 e 1500 kPa; f) poros  $\leq 0,2$  - valor da umidade volumétrica na pressão de 1500 kPa.*

*Os resultados de retenção de água nas tensões de 6, 10, 30, 100 e 1500 kPa, bem como, os dados de porosidade total, utilizados como umidade de saturação, foram usados como pontos observados na confecção das curvas características de retenção de água, as quais foram ajustadas de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980), representado pela equação:*

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi_{mat}|)^n\right]^m} \quad (1)$$

*onde:*

*$\theta$  = umidade do solo ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )*

*$\theta_r$  = umidade volumétrica residual ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )*

*$\theta_s$  = umidade volumétrica do solo saturado ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )*

*$\psi_{mat}$  = potencial mátrico (kPa)*

*$\alpha$ ,  $m$  e  $n$  = parâmetros da equação.*

*O ajuste foi efetuado pelo método que considerou  $\theta_s = \theta_{max}$ , com  $\psi_m = 0$  e,  $\theta_r = \theta_{min}$ , com  $\psi_m = -1500$  kPa.*

*No cálculo da água disponível foram considerados, respectivamente, como capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) os potenciais mátricos -6 e -1500 kPa.*

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

*Os valores médios de análise granulométrica e respectivas classes texturais do solo, para os diferentes tratamentos, nas profundidades estudadas, são apresentados na Tabela 1. A análise desses resultados mostra, de modo geral, que os percentuais de areia (grossa + fina) diminuem e os de argila aumentam em profundidade, sendo o solo da área de mata, em média, mais argiloso que os demais, chegando nas duas camadas mais profundas quase ao limite de mudança para a classe textural argilo-arenosa.*

*A Fig. 1 apresenta os valores médios de matéria orgânica para os diferentes tratamentos, nas profundidades estudadas. A análise desses resultados mostra uma diminuição dos teores desta variável, em profundidade. Este comportamento é bem mais evidente da camada superficial para a subsequente, estando relacionado à deposição superficial de resíduos animais e vegetais que a matéria orgânica representa (Brady, 1989), bem como, pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais (Sanches, 1981), resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície. Quando comparam-se os tratamentos, observa-se que a área de mata apresentou valores médios de matéria orgânica sempre superiores às parcelas com cultivo do dendezeiro, onde, considerando-se a média desses tratamentos e comparando-os com os valores observados na área de mata, observa-se que houve redução nos teores de matéria orgânica da ordem de 30%, 35%, 51% e 36%, respectivamente, para as*

camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Entre os tratamentos com cultivo de dendê, o SL - SA apresentou teores sempre menores que os demais, talvez, em função de uma menor produção de massa verde.

**TABELA 1. Valores médios de granulometria e respectivas classes texturais, para os diferentes sistemas de manejo, nas profundidades estudadas.**

Tratamentos	Prof. (cm)	Granulometria (g.kg <sup>-1</sup> )				Classe textural
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total	
SL-SA	0-10	440	330	120	110	Franco-arenoso
SL-CA	0-10	390	370	100	150	Franco-arenoso
CL-SA	0-10	410	310	130	150	Franco-arenoso
CL-CA	0-10	370	370	120	150	Franco-arenoso
Mata	0-10	510	220	90	180	Franco-arenoso
SL-SA	10-20	360	370	100	170	Franco-arenoso
SL-CA	10-20	350	360	110	190	Franco-arenoso
CL-SA	10-20	360	320	100	220	Franco-argilo-arenoso
CL-CA	10-20	340	350	130	190	Franco-arenoso
Mata	10-20	500	210	110	290	Franco-argilo-arenoso
SL-SA	20-30	330	350	110	210	Franco-argilo-arenoso
SL-CA	20-30	330	350	100	220	Franco-argilo-arenoso
CL-SA	20-30	310	310	120	260	Franco-argilo-arenoso
CL-CA	20-30	300	330	120	250	Franco-argilo-arenoso
Mata	20-30	370	190	110	340	Franco-argilo-arenoso
SL-SA	30-40	310	350	100	250	Franco-argilo-arenoso
SL-CA	30-40	300	330	110	270	Franco-argilo-arenoso
CL-SA	30-40	280	280	120	320	Franco-argilo-arenoso
CL-CA	30-40	280	320	120	280	Franco-argilo-arenoso
Mata	30-40	330	200	130	340	Franco-argilo-arenoso

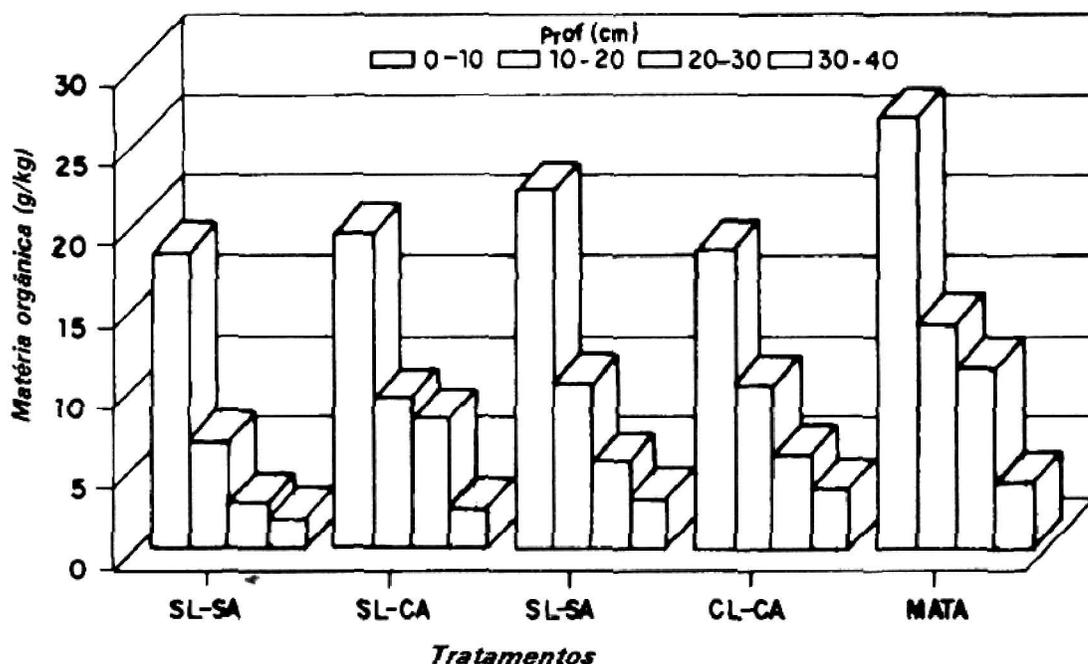


FIG. 1. Valores médios de matéria orgânica, para os sistemas de cultivo, nas profundidades estudadas.

Trabalho desenvolvido por Costa & Teixeira (1992), na região de Capitão Poço, em Latossolo Amarelo textura média sob floresta primária e Latossolo Amarelo textura argilosa sob consórcio de seringueira com cacaueteiro, mostra que os teores de matéria orgânica em floresta primária variaram de 6,0 a 4,9  $\text{g.kg}^{-1}$ , e de 9,1 a 5,3  $\text{g.kg}^{-1}$  na área do consórcio, respectivamente, para as profundidades de 0-20 a 20-50 cm. Falesi et al. (1980) encontraram teores em torno de 9,3  $\text{g.kg}^{-1}$  em solo LAm sob mata virgem, na camada de 0-20 cm. Estes resultados, para a camada de 0-20 cm, estão abaixo dos obtidos neste trabalho, considerando-se como valores comparativos a média das camadas de 0-10 e 10-20 cm, com teores de 20,4 e 14,4  $\text{g.kg}^{-1}$ , respectivamente, para a área de mata e com cultivo do dendezeiro. Tal discordância, principalmente para as áreas de mata, pode ser consequência de metodologias diferentes de coleta das amostras de solo.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, para os diferentes tratamentos, nas profundidades estudadas.

**TABELA 2. Valores médios de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, para os diferentes tratamentos, nas profundidades estudadas.**

Tratamentos	Prof (cm)	Densidade do solo (kg. dm <sup>-3</sup> )		Porosidade (m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup> )					
				Total	Macro	Micro			
SL-SA	0-10	1,49	a b	0,41	bc	0,18	bc	0,23	a b
SL-CA	0-10	1,45	a b	0,42	bc	0,18	bc	0,24	a b
CL-SA	0-10	1,39	c	0,44	a bc	0,18	bc	0,26	a
CL-CA	0-10	1,53	a	0,40	c	0,16	c	0,24	a b
Mata	0-10	1,30	c	0,49	a	0,27	a	0,22	b
SL-SA	10-20	1,65	a	0,36	b	0,14	a	0,22	b
SL-CA	10-20	1,62	a	0,37	b	0,13	a	0,24	a b
CL-SA	10-20	1,60	a	0,38	b	0,16	a	0,22	b
CL-CA	10-20	1,61	a	0,38	b	0,15	a	0,23	b
Mata	10-20	1,48	b	0,41	a	0,16	a	0,25	a
SL-SA	20-30	1,65	a	0,36	cd	0,14	a	0,22	c
SL-CA	20-30	1,65	a	0,36	d	0,12	a	0,24	bc
CL-SA	20-30	1,59	bc	0,38	bcd	0,13	a	0,25	a b
CL-CA	20-30	1,61	a b	0,38	bc	0,13	a	0,25	a bc
Mata	20-30	1,52	d	0,40	a	0,13	a	0,27	a
SL-SA	30-40	1,64	a	0,37	b	0,14	a b	0,23	b
SL-CA	30-40	1,63	a	0,37	b	0,12	b	0,25	a b
CL-SA	30-40	1,60	a	0,38	b	0,11	b	0,27	a
CL-CA	30-40	1,61	a	0,38	b	0,12	b	0,26	a b
Mata	30-40	1,50	b	0,42	a	0,14	a b	0,28	a

*Médias seguidas verticalmente com a mesma letra, para cada profundidade, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.*

*Com relação à densidade do solo, existe uma tendência de aumento de seus valores em profundidade, devido, provavelmente, à redução nos percentuais de matéria orgânica, no mesmo sentido. Na área de mata, os resultados encontrados são estatisticamente diferentes dos demais, em*

*função, também, dos maiores teores de matéria orgânica deste tratamento. A exceção ocorre na camada superficial, onde a área de mata é estatisticamente igual a CL-SA, apresentando, porém, menores valores. Esta igualdade pode ser atribuída, provavelmente, à influência do uso de leguminosa nos teores mais elevados de matéria orgânica para este tratamento. Comportamento estatístico semelhante ocorreu para porosidade total. Para macroporosidade, houve diferença significativa na camada superficial.*

*Pela análise dos dados referentes à porosidade total e macroporosidade, observa-se um comportamento inverso ao obtido para densidade do solo, isto é, ocorreu diminuição no volume dos poros em profundidade. Este fato é mais evidente na área de mata, podendo estar associado a uma redução mais brusca nos teores de matéria orgânica deste tratamento. Para microporosidade, os valores mantiveram-se praticamente constantes, ao longo do perfil, não tendo ocorrido diferenças significantes entre os tratamentos.*

*Ao se compararem os tratamentos no que concerne aos fatores adubação (com e sem) e leguminosas (com e sem), observa-se que não há diferenças entre ambos, independente do uso de adubação e da cobertura com leguminosa. A exceção ocorre para a variável densidade do solo na camada superficial, onde o tratamento CL - CA (com leguminosa - com adubação) foi estatisticamente diferente de CL - SA (com leguminosa - sem adubação).*

*Baena & Dutra (1981), em avaliação inicial efetuada em 1977, quando da instalação do experimento, na mesma área encontraram valores médios de densidade do solo na camada de 10-20 cm de 1,70; 1,65; 1,53 e 1,53 kg.dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para os tratamentos SL-SA; SL-CA; CL-SA e CL-CA. Para porosidade total, esses valores, na mesma ordem, foram de 0,35; 0,36; 0,42 e 0,42 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>. Estes resultados, quando comparados com os dados atuais obtidos na mesma área e para a mesma profundidade, mos-*

*tram que para densidade do solo houve diminuição dos valores nas áreas sem leguminosas e aumento nas de cobertura com leguminosas. Para porosidade total não houve alteração nas áreas sem leguminosas, mas ocorreu uma redução nas áreas com leguminosas, acompanhando o aumento da densidade do solo. Esta discordância de resultados pode ser devida a diferenças de metodologias de coleta e análises.*

*Falesi et al. (1980) encontraram em Latossolo Amarelo textura média, classe textural franco-arenosa em área de mata virgem, na profundidade de 0-20 cm, valores de  $1,53 \text{ kg.dm}^{-3}$  para densidade do solo e  $0,41 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$  para porosidade total. Costa & Teixeira (1992), em trabalho desenvolvido na região de Capitão Poço, em Latossolo Amarelo textura média sob floresta primária e Latossolo Amarelo textura argilosa sob consórcio de seringueira com cacaueteiro, encontraram para densidade do solo em floresta primária, valores que variaram de  $1,53$  a  $1,49 \text{ kg.dm}^{-3}$  e de  $1,55$  a  $1,57 \text{ kg.dm}^{-3}$  na área do consórcio, respectivamente, para as profundidades de 0-20 a 20-50 cm. Para porosidade total, macroporosidade e microporosidade, os valores médios das duas profundidades para floresta primária foram de  $0,42$ ;  $0,14$  e  $0,27 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ , e, para o consórcio, de  $0,42$ ;  $0,16$  e  $0,26 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ , respectivamente.*

*A Tabela 3 apresenta os valores médios de umidade obtidos nas tensões de 6, 10, 30, 100 e 1500 kPa, para todos os tratamentos, profundidades e tensões estudadas. Pela análise desses resultados, observa-se uma tendência de aumento da retenção de água em profundidade, fato este que pode estar relacionado ao aumento dos percentuais de argila e conseqüente diminuição na porosidade total e macroporosidade, em profundidade, como pode ser observado nas Tabelas 1 e 2. Este fato é comentado por diversos autores, dentre os quais Costa (1979), Brady (1989) e Sanches (1981).*

**TABELA 3. Valores médios de umidade, em diferentes tensões e diferentes profundidades, para os sistemas de manejo utilizados.**

Tratamentos	Prof (cm)	Umidade ( m <sup>3</sup> . m <sup>-3</sup> )				
		6	10	30	100	1500
SL-SA	0-10	0,232	0,210	0,183	0,156	0,078
SL-CA	0-10	0,240	0,225	0,196	0,169	0,085
CL-SA	0-10	0,257	0,243	0,217	0,191	0,115
CL-CA	0-10	0,240	0,223	0,195	0,176	0,118
Mata	0-10	0,216	0,210	0,191	0,162	0,126
SL-SA	10-20	0,219	0,192	0,161	0,140	0,104
SL-CA	10-20	0,236	0,215	0,183	0,161	0,118
CL-SA	10-20	0,220	0,212	0,179	0,161	0,116
CL-CA	10-20	0,228	0,206	0,171	0,150	0,109
Mata	10-20	0,254	0,249	0,224	0,203	0,155
SL-SA	20-30	0,222	0,204	0,177	0,161	0,133
SL-CA	20-30	0,242	0,225	0,199	0,179	0,140
CL-SA	20-30	0,254	0,237	0,210	0,187	0,165
CL-CA	20-30	0,249	0,232	0,204	0,183	0,140
Mata	20-30	0,272	0,264	0,245	0,222	0,182
SL-SA	30-40	0,234	0,213	0,189	0,171	0,155
SL-CA	30-40	0,251	0,232	0,205	0,186	0,160
CL-SA	30-40	0,273	0,261	0,234	0,213	0,177
CL-CA	30-40	0,261	0,244	0,217	0,194	0,145
Mata	30-40	0,279	0,274	0,253	0,233	0,175

*Médias seguidas verticalmente com a mesma letra, para cada profundidade, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.*

*Observa-se, também, que na camada superficial a retenção de água na área sob vegetação de mata foi, de maneira geral, menor, devido a maior porosidade total e macroporosidade que ocorre nesta área, em consequência dos 510 g.kg<sup>-1</sup> de areia grossa presentes na mesma. Entretanto, nas camadas subsuperficiais o comportamento é inverso, com valores sempre superiores, ao longo de toda a faixa de energia potencial mátrica avaliada. Tal fato pode ser bem visualizado na Fig. 2, a qual apresenta as curvas características de retenção de água ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980). Os parâmetros referentes à Equação de Van Genuchten ( $\alpha$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ) e o coeficiente de ajuste ( $ca$ ), para os diferentes tratamentos e profundidades, são apresentados na Tabela 4.*

*Pela análise da Fig. 2, observa-se, de modo geral, um aumento da retenção de água em profundidade, devido à elevação do teor de argila total. Com relação aos tratamentos avaliados, a área de mata natural reteve maior quantidade de água, a partir da subsuperfície, para toda a faixa de energia potencial mátrica avaliada, em função dos maiores percentuais de argila observados.*

*Ainda com relação à Fig. 2, observa-se que a perda de água da saturação até a capacidade de campo (- 6 kPa) é considerável, mas não tão significativa como nos solos com menores teores de argila total, onde observa-se, de acordo com Carvalho & Costa (199-), uma porosidade drenável relativa média na camada de 0 - 30 cm sempre superior a 70 %, o que representa um aproveitamento de água pelas plantas muito baixo. Neste caso, como pode ser bem visualizado na Fig. 3, a qual apresenta dados relativos referentes à porosidade drenável e à capacidade de armazenar água disponível, do total de água que o solo pode reter da saturação até o ponto de murcha permanente (- 1500 kPa), quase a metade encontra-se em condições de absorção pelas plantas, o que significa um menor risco para as culturas, em caso de ocorrer um "veranico", quando comparado a solos com menores teores de argila total. A exceção ocorre na área de mata, onde a maior macroporosidade foi a responsável pelo menor percentual de água disponível.*

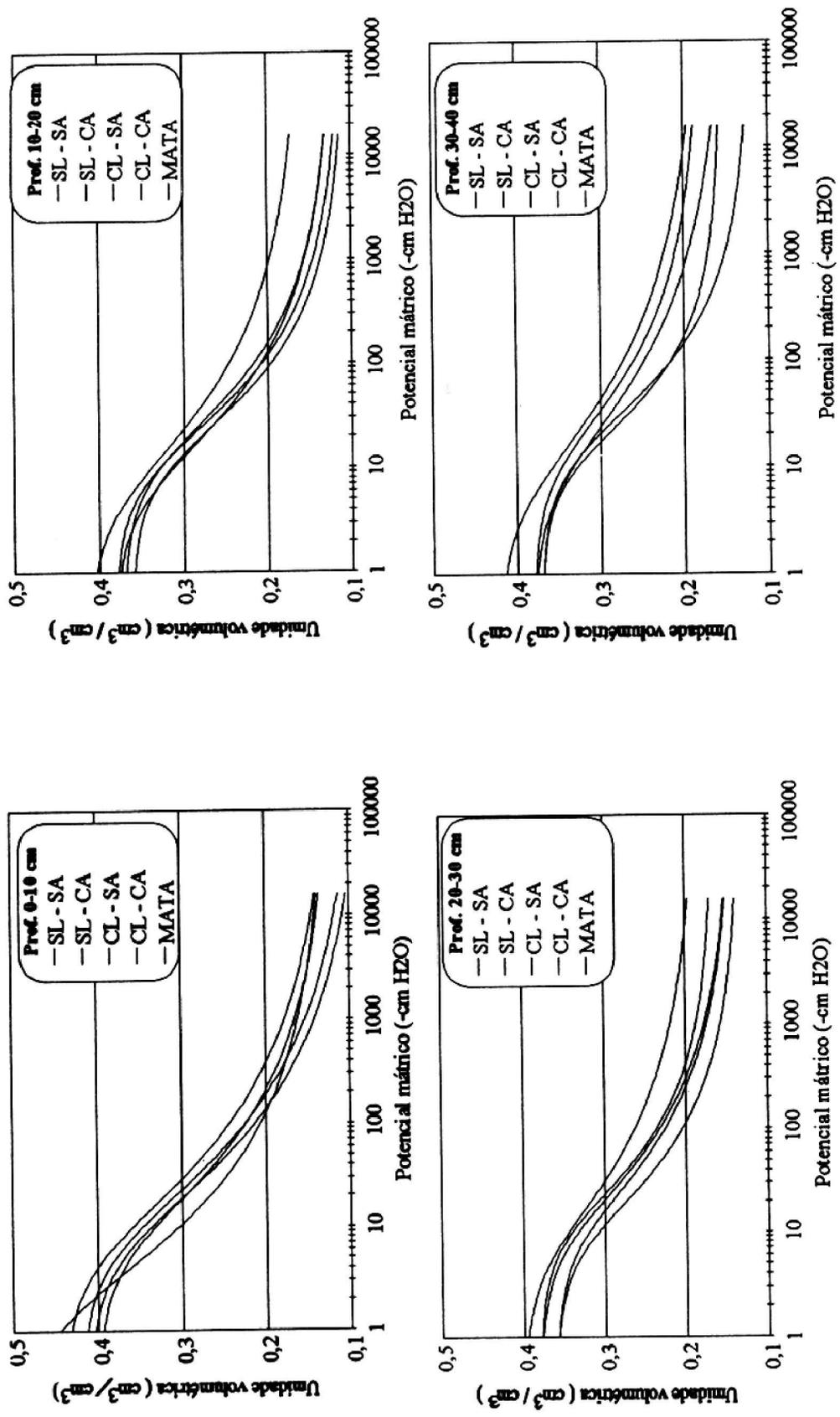
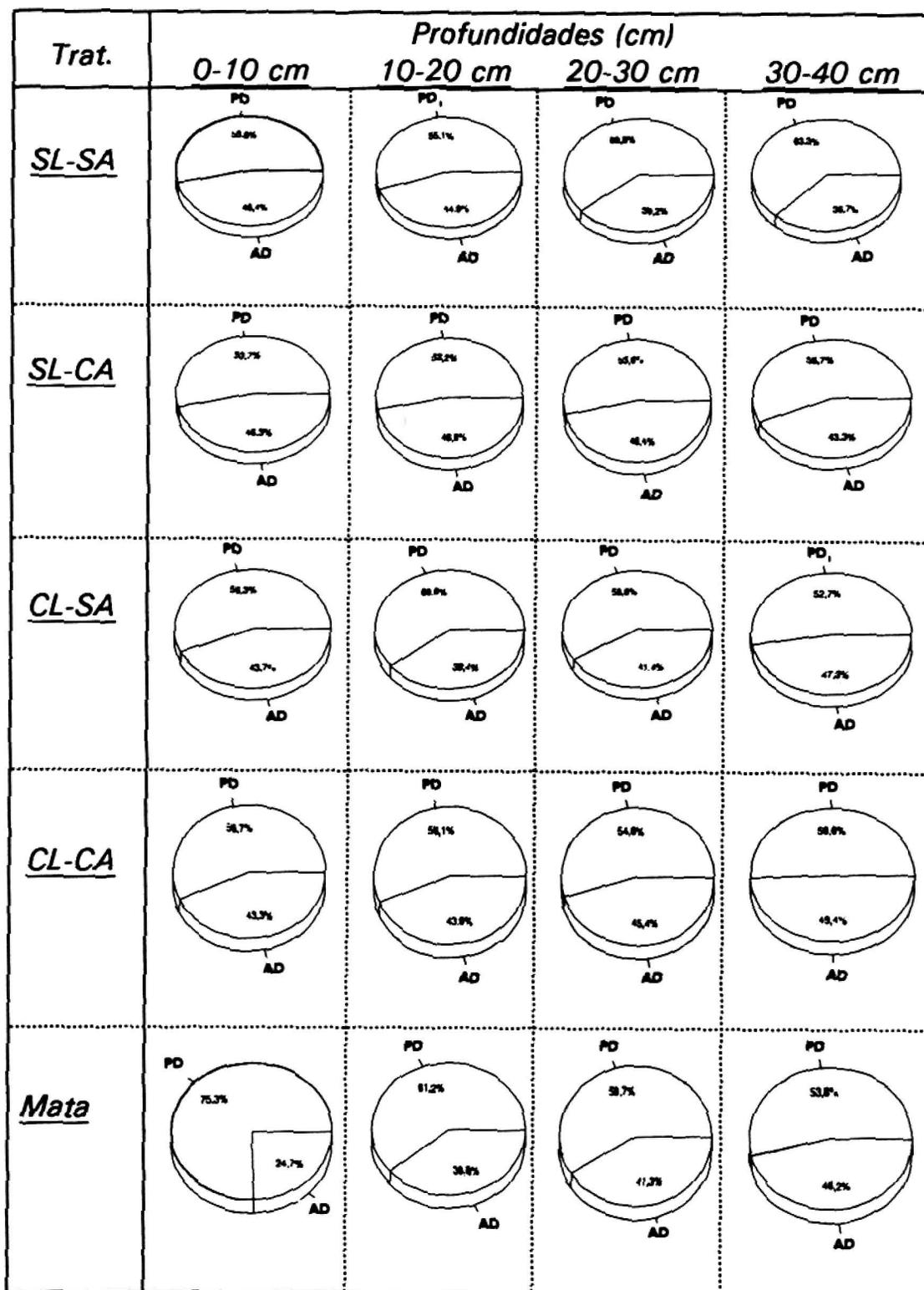


FIG. 2. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, para os sistemas de manejo e profundidades estudadas.

**TABELA 4. Parâmetros referentes à equação de Van Genuchten (1980), para os diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em:  $\theta_s = \theta_{max}$  e  $\theta_r = \theta_{min}$ , com  $n$  dependente de  $m$ .**

Tratamentos	Prof. (cm)	Parâmetros da equação de Van Genuchten					
		$\alpha$ (1/cm)	$m$	$n$	$\theta_r$	$\theta_s$	$ca$
SL-SA	0-10	0,1522	0,2470	1,3281	0,078	0,410	0,983
SL-CA	0-10	0,1551	0,2404	1,3165	0,085	0,420	0,980
CL-SA	0-10	0,1907	0,2389	1,3139	0,115	0,440	0,981
CL-CA	0-10	0,1604	0,2598	1,3510	0,118	0,400	0,990
Mata	0-10	0,7340	0,2600	1,3514	0,126	0,490	0,996
SL-SA	10-20	0,0908	0,3164	1,4629	0,104	0,360	0,997
SL-CA	10-20	0,0924	0,2974	1,4233	0,119	0,370	0,995
CL-SA	10-20	0,1676	0,2726	1,3747	0,116	0,380	0,993
CL-CA	10-20	0,1012	0,3046	1,4381	0,109	0,380	0,997
Mata	10-20	0,2146	0,2522	1,3373	0,155	0,410	0,988
SL-SA	20-30	0,1175	0,3184	1,4672	0,133	0,360	0,998
SL-CA	20-30	0,1018	0,2864	1,4013	0,140	0,360	0,994
CL-SA	20-30	0,0885	0,3345	1,5026	0,165	0,380	0,998
CL-CA	20-30	0,1117	0,2822	1,3931	0,140	0,380	0,993
Mata	20-30	0,1750	0,2579	1,3476	0,183	0,400	0,989
SL-SA	30-40	0,0896	0,3672	1,5803	0,155	0,370	0,999
SL-CA	30-40	0,0712	0,3272	1,4864	0,119	0,370	0,997
CL-SA	30-40	0,0922	0,2870	1,4025	0,177	0,380	0,993
CL-CA	30-40	0,1405	0,2401	1,3160	0,145	0,380	0,993
Mata	30-40	0,2044	0,2349	1,3071	0,175	0,420	0,979



PD = Porosidade drenável; CAAD = Capacidade de armazenar água disponível.

FIG 3. Dados relativos de porosidade drenável e de capacidade de armazenar água disponível, para os diferentes tratamentos, nas profundidades estudadas.

A Tabela 5 apresenta a distribuição dos diâmetros dos poros para cada tratamento nas camadas avaliadas. A análise global desses resultados mostra redução da camada superficial para as subseqüentes, dos poros maiores que 50  $\mu\text{m}$  (macroporos), e aumento dos menores que 0,2  $\mu\text{m}$ , acarretando elevação, em profundidade, na retenção de água deste solo. Esse comportamento está associado à diminuição e ao aumento das quantidades de areia (grossa + fina) e argila total, respectivamente. Vale ressaltar, que na camada de 0-10 cm, a área de floresta primária apresentou poros com diâmetro  $\geq 50 \mu\text{m}$  superiores aos demais tratamentos, em função das maiores quantidades de areia grossa.

TABELA 5. Distribuição do tamanho dos poros, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Prof. (cm)	Diâmetro dos poros ( $\mu\text{m}$ )					
		macro $\geq 50$	50 - 30	30-10	micro		
					10 - 3	3 - 0,2	$\leq 0,2$
		.....%					
SL-SA	0-10	17,80	2,20	2,70	2,70	7,80	7,8
SL-CA	0-10	18,00	1,50	2,90	2,70	8,40	8,5
CL-SA	0-10	18,30	1,40	2,60	2,60	7,60	11,5
CL-CA	0-10	16,00	1,70	2,80	1,90	5,80	11,8
Mata	0-10	27,40	0,60	1,90	2,90	3,60	12,6
SL-SA	10-20	14,10	2,70	3,10	2,10	3,60	10,4
SL-CA	10-20	13,40	2,10	3,20	2,20	4,30	11,8
CL-SA	10-20	16,00	0,80	3,30	1,80	4,50	11,6
CL-CA	10-20	15,20	2,20	3,50	2,10	4,10	10,9
Mata	10-20	15,60	0,50	2,50	2,10	4,80	15,5
SL-SA	20-30	13,80	1,80	2,70	1,60	2,80	13,3
SL-CA	20-30	11,80	1,70	2,60	2,00	3,90	14,0
CL-SA	20-30	12,60	1,70	2,70	2,30	2,20	16,5
CL-CA	20-30	13,10	1,70	2,80	2,10	4,30	14,0
Mata	20-30	12,80	0,80	1,90	2,30	4,00	18,2
SL-SA	30-40	13,60	2,10	2,40	1,80	1,60	15,5
SL-CA	30-40	11,90	1,90	2,70	1,90	2,60	16,0
CL-SA	30-40	10,70	1,20	2,70	2,10	3,60	17,7
CL-CA	30-40	11,90	1,70	2,70	2,30	4,90	14,5
Mata	30-40	14,10	0,50	2,10	2,00	5,80	17,5

Com os valores de umidade referentes aos potenciais matriciais de - 6 e -1500 kPa, da curva de retenção de umidade ajustada pelo modelo de Van Genuchten (1980), calculou-se a água disponível por profundidade e a água disponível total, referente à soma das diferentes camadas. Estes resultados são apresentados na Fig. 4, e mostram, de modo geral, que existe uma tendência de diminuição da capacidade de armazenar água disponível (CAAD) em profundidade, devido ao solo tornar-se mais argiloso em profundidade, com conseqüente aumento dos poros com diâmetros menores que 0,2  $\mu\text{m}$ , como pode ser observado na Tabela 5. Tal comportamento é mais evidente nos tratamentos SL-SA, SL-CA e CL-SA. Entretanto, quando observam-se os totais por tratamento, as diferenças praticamente inexistem para as áreas em que houve cultivo do dendezeiro. Na área de mata os valores foram menores, em função da maior porosidade drenável deste solo (Fig. 3). Estes resultados foram superiores aos encontrados por Costa & Teixeira (1992) e por Carvalho & Costa (199-).

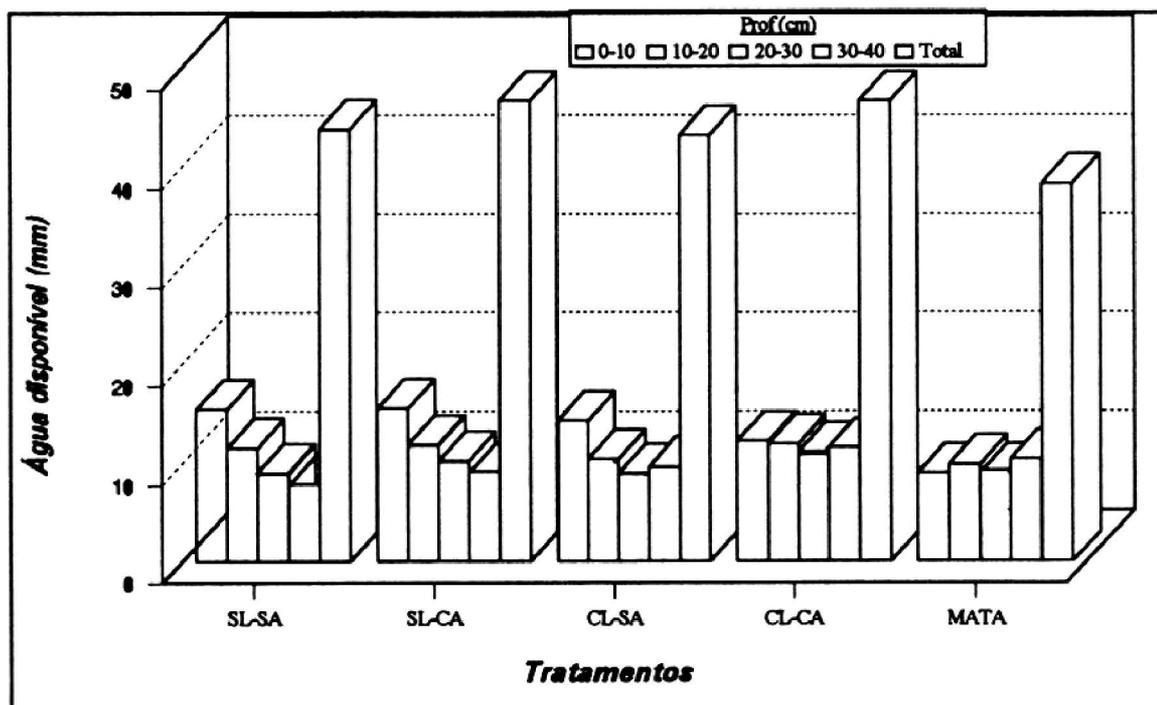


FIG. 4. Valores médios de capacidade de armazenar água disponível, por camada e total (0-40 cm), para os sistemas de preparo, nas profundidades estudadas.

## CONCLUSÕES

- Ocorreu elevação da densidade do solo e diminuição da porosidade total com o cultivo do dendezeiro, em comparação à área de floresta primária;

- o cultivo de dendezeiro reduziu em 38 % o teor de matéria orgânica do solo, em comparação à área de floresta primária;

- de modo geral, não ocorreram diferenças nas propriedades físicas do solo entre os tratamentos com cultivo do dendezeiro, independente do uso de leguminosas e/ou adubação;

- não houve diferenças nos teores de matéria orgânica do solo entre os tratamentos com cultivo do dendezeiro, independente do uso de leguminosas e/ou adubação;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAENA, A.R.C.; DUTRA, S. **Propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de cultivo**. Belém: Embrapa-CPATU, 1981. 23p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 30).

BATER, L. **Soil physics**. New York: John Wiley, 1956. 489p.

BORGES, A.L. **Alteração das propriedades de um Latossolo Amarelo de Cruz das Almas, Bahia, pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca**. Piracicaba, 1993. 161p. (Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”/USP).

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.

CARVALHO, E.J.M.; COSTA, M.P. DA. **Comportamento físico hídrico da camada arável de solos arenosos sob diferentes sistemas de manejo, em Igarapé Açú-PA**. Belém: Embrapa-CPATU, 199- (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 174).

- CASSEL, D.K.; NIELSEN, D.R. *Field capacity and available water capacity.* In: KLUTE, A. ed. **Methods of soil analysis.** Madison: American Society of Agronomy Soil Science Society of America, 1986. Pt.1, p.901-26.
- COSTA, J.B. **Caracterização e constituição do solo.** 29.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkion, 1979. 527p.
- COSTA, M.P. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo.** Piracicaba, 1983. 137p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- COSTA, M.P. DA.; TEIXEIRA, L.B. **Caracterização físico-hídrica de Latossolo Amarelo da Região de Capitão Poço, Pará.** Belém: Embrapa-CPATU, 1992. 23p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 133).
- DOURADO NETO, D.; JONG-VAN-LIER, Q.J.V.; BOTREL, T.A.; LIBARDI, P.L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural, Piracicaba, v.1, n.2, p.92-102, 1990.**
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, R.J.) **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C.; DUTRA, S. **Conseqüências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos da microregião do nordeste paraense.** Belém: Embrapa-CPATU, 1980. 49p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 14).
- GAVANDE, S.A. **Física de solos: princípios e aplicações.** México: Limusa, 1976. 351p.
- GROHMAN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia.** São Paulo: Polígono, 1972. p.77-84.

- LONG-VAN-LIER, Q.; DOURADO NETO, D. Valores extremos de umidade do solo referentes ao modelo de Van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.325-329, 1993.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KIEHL, E.J.; KINJO, T.; MARCOS, Z.Z. **Caracterização e interpretação das propriedades do solo**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ. Departamento de Solos e Geologia, 1972. 119p.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 497p.
- MILLER, R.H.; NICHOLAIDES, J.J.; SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E. Soil organic matter considerations in agricultural systems of the humid tropics. In: **COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**. 1., 1982, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: CENA, 1982. p.105-110.
- OLIVEIRA, M. de. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob condições de pasto natural e cultivo na região de Lavras, MG**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1979. 109p. Tese Mestrado.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211-216, 1988.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José: IICA, 1981. 634p. (IICA. Libros y Materiales Educativos, 48).

**STEVENSON, J.F. *Humus; chemistry, genesis, composition, reaction.* New York, John Willey, 1982. 443p.**

**VAN GENUCHTEN, M.T. *A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil.* *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, n.5, p.892-898, 1980.**

**VIEIRA, M.J. *Propriedades físicas do solo.* In : FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Plantio direto no Estado do Paraná.* Londrina, 1981. Cap. 2, p.19-32. (IAPAR. Circular, 23 ).**