

revista  
**THEOBROMA**



V. 11 - ABRIL - JUNHO - 1981 N.º 2

Ilhéus - Brasil



# COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA—CEPLAC

Órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, Brasil

**Presidente:** Ângelo Amaury Stabile, Ministro da Agricultura; **Vice-Presidente:** Benedito Fonseca Moreira, Diretor da CACEX; **Secretário Geral:** José Haroldo Castro Vieira; **Secretário Geral Adjunto:** Emo Ruy de Miranda; **Coordenador Técnico Científico:** Paulo de Tarso Alvim; **Coordenador Regional:** Fernando Vello.

## REVISTA THEOBROMA

Publicação trimestral do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) da CEPLAC.

**Chefe do CEPEC:** João Manuel de Abreu; **Chefe Adjunto:** Guillermo Enrique Smith Figueroa.

**Comissão de Editoração (COMED):** Ronald Alvim, Coordenador; Percy Cabala R.; Antonio Henrique Mariano; Ariovaldo Matos; Jorge Octavio Moreno; Leda Góes Ribeiro; Saulo de Jesus Soria.

**Editor:** José Correia de Sales.

**Assessores científicos:** Seleccionados pela COMED e relacionados no último número de cada volume.

**Endereço para correspondência (address for correspondence):** Editor; Revista Theobroma; Centro de Pesquisas do Cacau—CEPEC; Caixa Postal 7; 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

**Tiragem:** 2.000 exemplares

**Telex** 0732157 CLRC BR.

**Tel.** (073) 211-2211 e (and) 211 - 1422

Revista Theobroma, v. 1. n.º 1 1971

Ilhéus, Comissão Executiva do Plano  
da Lavoura Cacaueira, 1971 —

v. 22,5 cm

1. Cacau — Periódicos. 1. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, ed.



CDD 630.7425

## REVISTA THEOBROMA

V. 11

Abril—junho 1981

N. 2

### C O N T E Ú D O

1. Determinação do teor, ácidos graxos e características físicas das gorduras das sementes do *Theobroma grandiflora* L. e do *Theobroma bicolor* L. e comparação com a gordura do *Theobroma cacao* L. **P.R.F. Berbert** 91
2. Estrutura de uma pastagem formada com *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) no Extremo Sul da Bahia. **S.G. da Vinha e M. dos S. Teixeira** 99
3. Redescrição de dois maruins obtidos de inflorescência de *Calathea* spp. no Brasil e Colômbia e chave para espécies do grupo *Culicoides discrepans* (Diptera, Ceratopogonidae) (em Inglês). **W.W. Wirth e S. de J. Soria** 107
4. Polinização do cacaueiro na Costa Rica. 2. Locais de criação de mosquinhos ceratopogonídeos (Diptera, Nematocera) (em Inglês). **S. de J. Soria, R.K. Chapman e J.K. Knocke** 119
5. Porosidade de amêndoas de cacau durante o processo de secagem, em camadas finas, a 60 e 80°C. **E.P. do Prado, T. Hara, J.B. Pinheiro Filho e J.T.L. Thiébaud** 125
6. Características físico-hídricas do solo relacionadas com a absorção de água pelo cacaueiro. **A. Cadima Z. e Z.Z. Marcos** 133
7. Condutividade hidráulica em um Latossol Vermelho-Amarelo (Haplustox) em condições de campo. **A. Cadima Z., K. Reichardt e P.L. Libardi** 145

## REVISTA THEOBROMA

---

V. 11

April-June 1981

No. 2

---

### C O N T E N T S

1. Determination of the fatty acid composition and physical characteristics of fats of the seeds of *Theobroma grandiflora* L. and of *Theobroma bicolor* L. and comparison with the fat of *Theobroma cacao* L. (in Portuguese). **P.R.F. Berbert** 91
2. Structure of a pasture formed with *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) in southern Bahia (in Portuguese). **S.G. da Vinha and M. dos S. Teixeira** 99
3. Two *Culicoides* biting midges reared from inflorescences of *Calathea* in Brazil and Colombia, and a key to the species of the *discrepans* group (Diptera, Ceratopogonidae). **W.W. Wirth and S. de J. Soria** 107
4. Cacao pollination in Costa Rica. 2. Breeding sites of ceratopogonid (Diptera, Nematocera) midges. **S. de J. Soria, R.K. Chapman and J.K. Knocke** 119
5. Variation of cocoa bean porosity during thin layer drying at 60 and 80°C (in Portuguese). **E.P. do Prado, T. Hara, J.B. Pinheiro Filho and J.T.L. Thiébaud** 125
6. Soil physical characteristics and water absorption by cacao (in Portuguese). **A. Cadima Z. and Z.Z. Marcos** 133
7. Field hydraulic conductivity in a Haplustox soil (in Portuguese). **A. Cadima Z., K. Reichardt and P.L. Libardi** 155



## Determinação do teor, ácidos graxos e características físicas das gorduras das sementes do *Theobroma grandiflora* L. e do *Theobroma bicolor* L. e comparação com a gordura do *Theobroma cacao* L.

Paulo Romeu F. Berbert<sup>1</sup>

### Resumo

Através de cromatografia de gás e calorimetria diferencial, estudaram-se a composição e características físicas das gorduras do cupuaçu (*Theobroma grandiflora* L.) e cacau tigre (*T. bicolor* L.), comparando-as com a gordura do cacau 'Comum' (*T. cacao* L. variedade 'Comum'). Verificou-se que as manteigas daquelas duas espécies, apesar de possuírem ponto de fusão (escoamento) respectivamente igual e superior à manteiga do cacau Comum, são bem mais macias que esta última. Este fato as torna aparentemente inadequadas para o fabrico de chocolate em barra, mas lhes confere possibilidades de utilização como matéria prima na indústria de margarina. A maciez das gorduras dessas duas espécies, além de estar relacionada com os tipos e disposição dos ácidos graxos que constituem os triglicéridos, parece relacionar-se também com a presença de outras substâncias, provavelmente álcoois e ésteres superiores. Essas substâncias conferem aroma agradável, principalmente no caso da gordura do cupuaçu.

**Palavras-chave:** *Theobroma grandiflora*, *Theobroma bicolor*, *Theobroma cacao*, gordura, composição química, características físicas

## Determination of the fatty acid composition and physical characteristics of fats of the seeds of *Theobroma grandiflora* L. and of *Theobroma bicolor* L. and comparison with the fat of *Theobroma cacao* L.

### Abstract

The fatty acid composition and physical characteristics of butter from *T. grandiflora*, and *T. bicolor* were studied and compared with those of *T. cacao* ("Comum" variety) using gas chromatography and scanning calorimetry. It was found that the butters of the first two species are softer than the cocoa butter but have a melting points (slip point) equal to, or higher than that of the latter. This fact makes the butter from *T. grandiflora* and *T. bicolor* apparently inadequate for preparing chocolate bars, but shows the possibility of using them in the margarine industry. The softness, besides being related to the triglycerides composition is possibly due to the presence of other substances such as long chain alcohols and esters. These are responsible for the agreeable aroma which is found in the *T. bicolor* butter.

**Key words:** *Theobroma grandiflora*, *Theobroma bicolor*, *Theobroma cacao*, fats, chemical composition, physical characteristics

---

<sup>1</sup>Divisão de Bioengenharia, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

## Introdução

Duas espécies do gênero *Theobroma*, conhecidas por cupuaçu (*T. grandiflora* L.) e cacau tigre (*T. bicolor* L.), encontram-se bastante disseminadas no Norte do Brasil, mais precisamente nos Estados do Amazonas e Pará, onde são nativas. Suas amêndoas, quando frescas, são envolvidas por uma mucilagem rica em açúcares e ácidos orgânicos de sabor e aroma muito agradáveis. No caso do cupuaçu, essa mucilagem é utilizada naquela região no preparo de refresco e sorvete, que são muito apreciados (Correa, 1931). As amêndoas de ambas as espécies, apesar de possuírem alto teor de gordura (Fincke, 1965), são descartadas como subproduto. Até o presente, poucas são as informações a respeito do teor e qualidade das gorduras dessas espécies, bem como do seu aproveitamento.

Bray e Slip, citados por Jamieson (1943), fizeram um estudo superficial e acharam para a gordura da amêndoa do cupuaçu as seguintes características: ponto de fusão de 32°C, índice de iodo de 44,8 e teor de gordura em torno de 50%. Para o cacau tigre, foram encontrados ponto de fusão de 40°C, índice de iodo de 44,4 e teor de gordura de 60%. Não foram encontrados em revisão de literatura dados relativos a identificação e quantificação dos ácidos graxos nem de análise de resistência à fusão feita por calorimetria diferencial, de nenhuma das duas gorduras estudadas. Fincke (1965), entretanto, refere-se à gordura do cacau tigre como sendo mais macia do que a do *T. cacao*.

O propósito do presente trabalho foi determinar as características físicas e

químicas das gorduras dessas duas espécies, comparando-as com as do *T. cacao*, com a finalidade de se averiguar a possibilidade de utilização daquelas gorduras pelas indústrias chocolateiras e/ou de margarina ou para quaisquer outros tipos de utilização.

## Materiais e Métodos

Os frutos de cacau tigre e cupuaçu foram colhidos na área do CEPEC, Ilhéus, Bahia. Para efeito de comparação, foram coletados também, na mesma época e área, frutos de cacau 'Comum' (*T. cacao* L.).

As amêndoas, após terem sido retiradas dos frutos, foram lavadas com água corrente para se reduzir o excesso de mucilagem e, em seguida, secas em estufa, a 60°C, por um período de 24 horas. A manteiga para análise de composição e determinação das características físicas foi obtida por prensagem, a 60°C, das amêndoas descascadas e moídas.

O ponto de fusão (escorregamento) foi determinado pelo método do capilar aberto, segundo método descrito pelo BSI (1958).

Nas análises de resistência à fusão, determinou-se, em cada amostra, a percentagem que permaneceu sólida a duas temperaturas predeterminadas (22 e 26°C), utilizando-se um calorímetro diferencial com registrador, modelo DSC-B1, da Perkin Elmer. Amostras de gordura de aproximadamente 10 mg, após terem sido colocadas em recipiente adequado, foram fundidas a 50°C e deixadas solidificar por 72 horas a 15°C. Levadas ao calorímetro, foi iniciada a corrida de cada amostra a 0°C, sendo a temperatu-

ra elevada de  $2,5^{\circ}\text{C}$  por minuto até a fusão completa da amostra. Os gráficos obtidos das curvas de fusão foram divididos em três faixas de temperaturas: de 0 a 22, de 22 a 26 e acima de  $26^{\circ}\text{C}$ . As áreas dos gráficos compreendidas entre essas temperaturas foram recortadas e pesadas separadamente, determinando-se assim, a porcentagem da amostra que permaneceu sólida até o aparelho alcançar as temperaturas citadas.

A identificação e quantificação dos ácidos graxos foram feitas em cromatógrafo de gás, equipado com detector de ionização de chama. Utilizou-se coluna em aço inoxidável de 0,2 mm de diâmetro interno e 1,8 m de comprimento, compactada com succinato de dietileno-glicol 10% em chromosorb W 80/100 malhas. As condições de análise foram: temperatura de detector,  $230^{\circ}\text{C}$ , temperatura da estufa,  $170^{\circ}\text{C}$ , temperatura do ponto de injeção,  $220^{\circ}\text{C}$  e o gás de arraste, hélio, à vazão de  $60\text{ cm}^3$  por minuto. Os ácidos graxos foram previamente transformados em ésteres metílicos por interesterificação, segundo o método descrito por Stoffel, Chu e Ahrenes Junior (1959).

O índice de iodo foi calculado a partir da composição química da gordura; o teor de gordura, por meio de extração em aparelho Soxhlet com éter de petróleo  $30 - 60^{\circ}\text{C}$ , utilizando-se amostras de 5 gramas de amêndoas secas e sem testa, ligeiramente trituradas. A extração foi efetuada em três fases com duração de 4; 2 e novamente, 2 horas. Entre as duas primeiras extrações, a massa foi retirada do cartucho e cuidadosamente pulverizada em almofariz; entre as duas últimas, adicionou-se à

massa areia lavada com solvente e procedeu-se novamente à pulverização. O solvente foi evaporado e a gordura quantificada. O método é basicamente o descrito por Jamieson (1943).

## Resultados e Discussão

A manteiga do cacau 'Comum' (Figura 1) possui teor de ácido palmítico significativamente mais elevado que as do cupuaçu e do cacau tigre (Quadro 1). Apesar disso, o maior teor de ácido esteárico no cacau tigre (cerca de 10 e 8% a mais em relação ao cupuaçu e cacau 'Comum', respectivamente) confere-lhe um alto ponto de fusão (escorregamento) em relação às outras duas espécies (Quadro 2). No caso do cupuaçu, o alto teor de ácido oléico em relação ao cacau 'Comum' deveria lhe conferir um baixo ponto de fusão; isto, porém, é compensado pelo alto teor de ácido araquídico, o que torna o seu ponto de fusão semelhante ao do cacau Comum.

Outro ponto interessante é o fato das gorduras do cupuaçu e do cacau tigre serem bem mais macias que a do cacau Comum, apesar daquelas possuírem ponto de escorregamento respectivamente igual e superior à última (Quadro 2). Isto aparentemente as torna inadequadas para o fabrico de chocolate em barra e mais apropriadas para o de margarina cremosa. A maciez destas gorduras pode ser parcialmente explicada pelo alto teor de ácidos graxos insaturados — oléico e linoléico (Figuras 2 e 3).

A resistência à fusão apresentada pela gordura do cupuaçu é semelhante à do cacau Comum, e a do cacau tigre é bastante superior a ambas (Quadro 2).



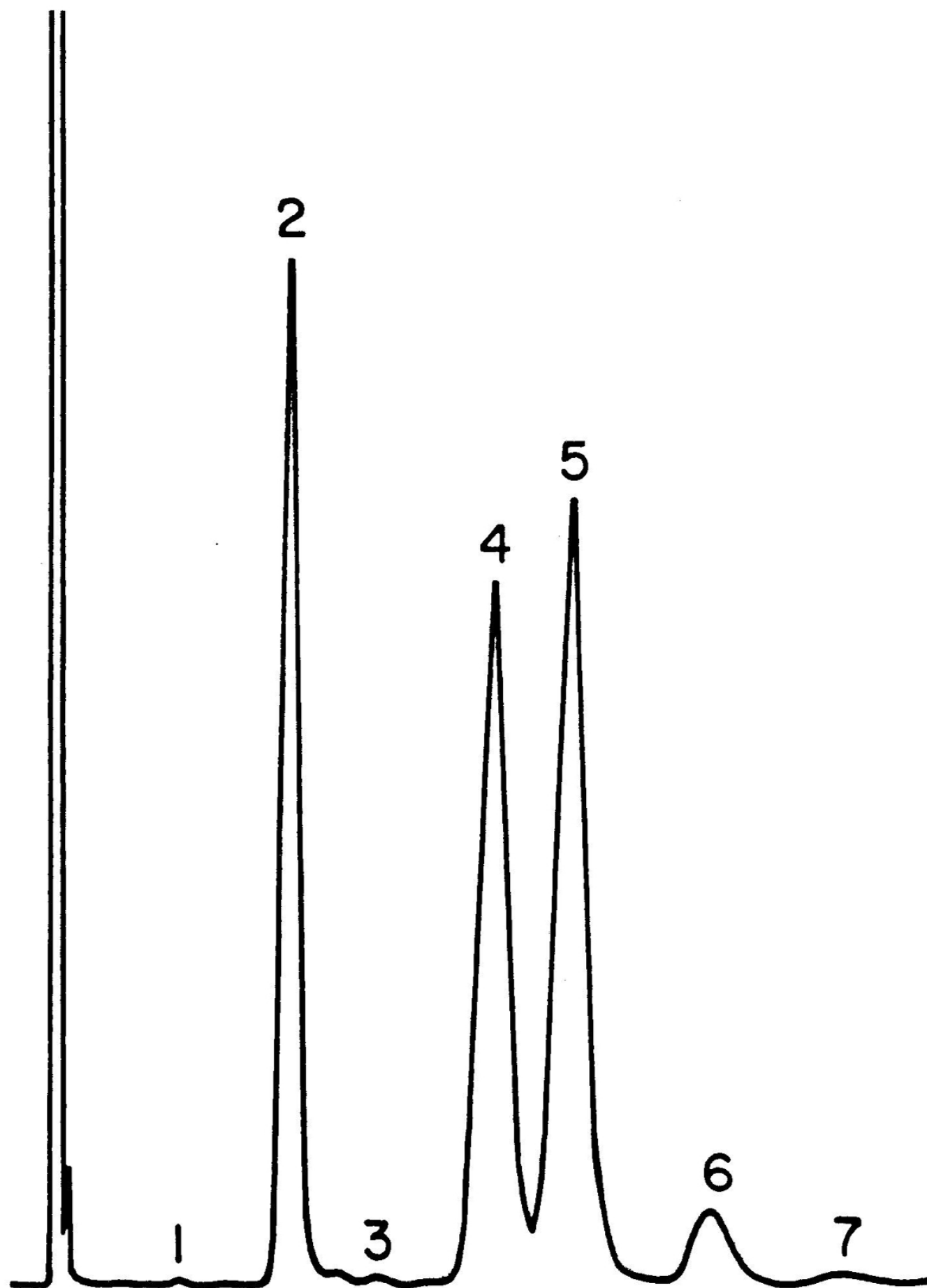


Figura 1 – Ácidos graxos componentes da gordura do cacau Comum. 1. mirístico; 2. palmítico; 3. palmitoléico; 4. esteárico; 5. oléico; 6. linoléico; 7. araquídico.

Quadro 1 - Percentagens dos ácidos graxos componentes do cupuaçu, cacau tigre e cacau Comum.

Ácidos	Espécies		
	Cupuaçu	Cacau tigre	Cacau Comum
Mirístico	traços	traços	traços
Palmítico	11,5	9,8	28,1
Esteárico	31,8	41,4	33,4
Oléico	40,3	43,2	35,6
Linoléico	5,6	3,8	2,6
Araquídico	9,8	1,9	0,2
Linolênico	1,0	0,0	0,0
% total sat.	53,1	53,1	61,7
% total insat.	46,9	47,0	38,2

Quadro 2 - Algumas características químicas e físicas das gorduras do cupuaçu, cacau tigre e cacau Comum.

Características	Espécies		
	Cupuaçu	Cacau tigre	Cacau Comum
Ponto de fusão	32,0	35,0	32,0
Índice de iodo	46,8	43,7	35,1
% teor de gordura	60,5	36,1	56,0
Resistência à fusão <sup>a</sup>			
% amostra sólida a 22 °C	72,0	91,0	76,5
% amostra sólida a 26 °C	19,8	72,6	24,0

<sup>a</sup> Calorimetria diferencial.

Além dos teores relativamente altos de insaturados e da sua distribuição na constituição dos triglicerídeos, outro fator que parece elevar a maciez<sup>2</sup> das duas gorduras estudadas é a possível presença de alguns tipos de álcoois e ésteres superiores nas amêndoas, que te-

riam sido extraídos juntamente com a gordura. Suspeita-se da presença de tais substâncias pelo aroma que conferem a essas gorduras, principalmente no caso do cupuaçu.

### Recomendações

1. Seria interessante um estudo detalhado sobre a causa da maciez das gorduras de cupuaçu e do cacau tigre. Caso seja confirmada a hipótese de a maciez ser causada também pela presença de substâncias outras que não triglicéridos,

<sup>2</sup> A diferença em maciez refere-se à maior ou menor facilidade com que se faz penetrar um bastão de vidro de cerca de 0,3 cm de diâmetro na massa dessas gorduras, solidificadas a 20°C, por um período não inferior a 48 horas.

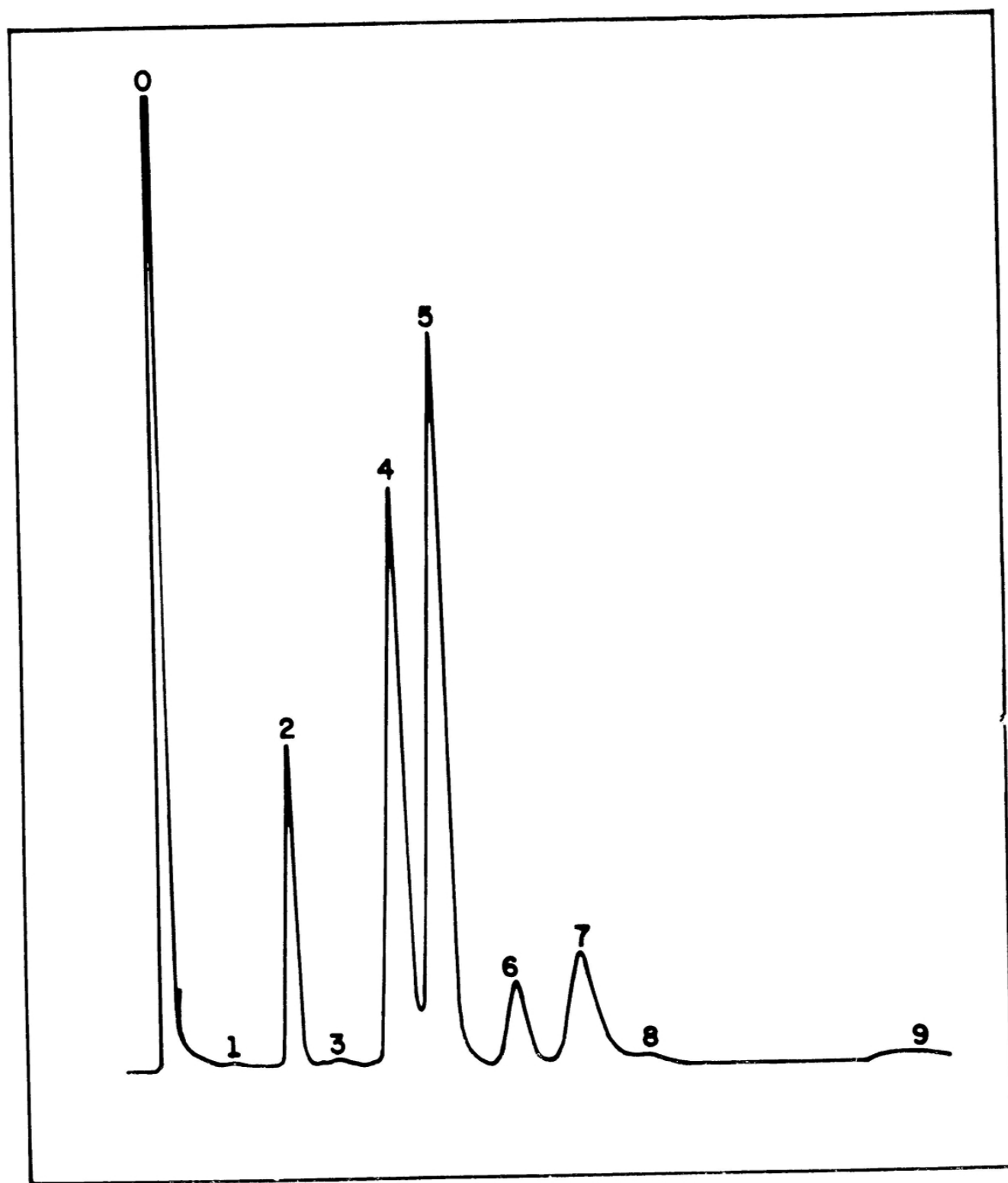


Figura 2 — Ácidos graxos componentes da gordura do cupuaçu. 1. mirístico; 2. palmítico; 3. palmitoléico; 4. esteárico; 5. oléico; 6. linoléico; 7. araquídico; 8. linolênico; 9. não identificados (provavelmente lignocérico ou araquidônico).



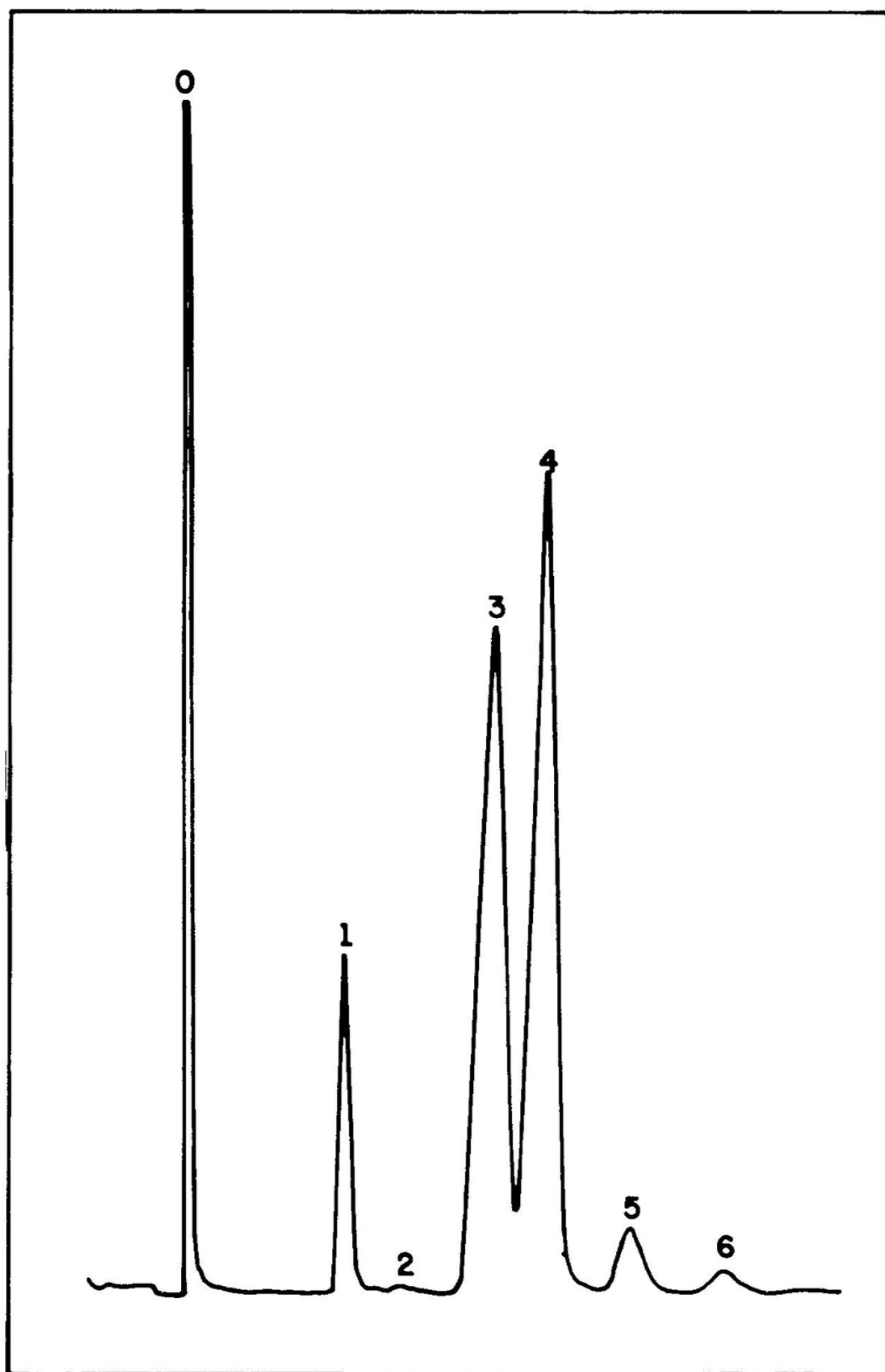


Figura 3 – Ácidos graxos componentes da gordura do cacau tigre. 1. palmítico; 2. palmitoico; 3. esteárico; 4. oléico; 5. linoléico; 6. araquídico.

uma purificação dessas gorduras poderia torná-las mais duras e talvez possibilitasse a sua utilização no fabrico de chocolate em barra;

2. As duas gorduras estudadas apresentam-se em estado pastoso, à tempera-

tura ambiente, e possuem aroma agradável. Sugere-se um estudo técnico-econômico, junto a indústrias de margarinas, a fim de se averiguar a possibilidade da utilização dessas gorduras no fabrico de margarinas cremosas.

### Literatura Citada

- BRITISH STANDARD INSTITUTION. 1958. British standard no. 684; methods of analysis of oils and fats. London. 100 p.
- CORREA, P.M. 1931. Dicionário das plantas úteis do Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. v. 2. 700 p.
- FINCKE, H. 1965. Handbuch der kakaoerzeugnisse. Berlin, Springer-Verlag. 597 p.
- JAMIESON, S. 1943. Vegetables fats and oils. 2 ed. New York, Reinhold. 500 p.
- STOFFEL, W., CHU, F. e AHRENS JUNIOR, S.W. 1959. Analysis of long chain fatty acids by gas-liquid chromatography. Micromethod for preparation of methyl esters. Analytical Chemistry 31 (2): 307 - 308.



## Estrutura de uma pastagem formada com *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) no Extremo Sul da Bahia

Sérgio G. da Vinha<sup>1</sup> e Marcelo dos S. Teixeira<sup>1</sup>

### Resumo

Estudou-se a vegetação de uma pastagem de 4 ha, formada com *Brachiaria brizantha* em oxisols do Extremo Sul da Bahia, Brasil, através de material botânico coletado em 40 quadrados de 0,25 m<sup>2</sup> cada. A biomassa total foi de 575,1 g de matéria seca por m<sup>2</sup> e as espécies mais importantes – *Brachiaria brizantha* e *Scleria bracteata* – representaram, respectivamente, 35,8% e 35,5% da biomassa total. A possibilidade de que espécies tóxicas representem perigo para animais, nessa pastagem, foi descartada, uma vez que elas mostraram uma baixa frequência e baixa biomassa. Mostrou-se também que a distribuição espacial da *B. brizantha* foi mais homogênea nas inclinações do terreno do que na parte plana e que o oposto ocorreu com *S. bracteata*.

**Palavras-chave:** biomassa, pastagem, *Brachiaria brizantha*, *Scleria bracteata*

### Structure of a pasture formed with *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) in southern Bahia

### Abstract

The vegetation of 4 ha of a pasture formed with *Brachiaria brizantha* in oxysols in southern Bahia, Brazil, was studied by the harvesting method which involved 40 quadrats of 0.25 m<sup>2</sup> each. The total biomass was 575.1 g of dry material per m<sup>2</sup> and the most important species, *B. brizantha* and *Scleria bracteata*, respectively, represented 35,8 and 35,5 per cent of the total. The possible danger to animals from the toxic species present was discounted since their frequency and biomass were low. The spatial distribution of *B. brizantha* was more homogeneous on slopes than on the upper flat lands while the reverse occurred with *S. bracteata*.

**Key words:** biomass, pasture, *Brachiaria brizantha*, *Scleria bracteata*

### Introdução

Através de incentivos dados à bovinocultura, acentuou-se o processo de formação de pastagens na região sul da Bahia, com a introdução de um grande número de gramíneas, destacando-se espé-

cies do gênero *Brachiaria*. Estas espécies foram as que melhor se adaptaram às condições locais e as que apresentaram o mais rápido desenvolvimento e resistência ao pisoteio. Esse fato, também constatado por Serrão (1977) na formação

---

<sup>1</sup> Divisão de Botânica, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.



de pastagens na Amazônia, permite que a *Brachiaria* concorra com sucesso com espécies nativas, na cobertura do terreno. Entretanto, essa concorrência se faz também com sucesso com espécies de leguminosas importantes para a nitrogênio dos solos e indispensáveis à alimentação balanceada de animais (Garza, 1978). Em trabalhos sobre associação gramínea/leguminosa, foi encontrado que *Brachiaria decumbens* somente estabelece associação estável com *Desmodium heterophyllum* (Lock, 1977), associação esta resistente ao pastoreio intensivo (Harding e Cameron, 1972).

O objetivo deste trabalho foi estudar a *Brachiaria brizantha* em pastos do Extremo Sul da Bahia, em relação à biomassa total, à diversidade de espécies e as possíveis associações com espécies nativas de interesse para a bovinocultura.

### Material e Método

O estudo foi efetuado em 4 ha de pastagens existentes na Estação Ecológica do Pau-brasil (ESPAB), localizada no município de Santa Cruz de Cabrália, no km 16 da Rod. BR 367, Porto Seguro/Eunápolis.

Os solos desses pastos são do tipo oxissols (Haplortox), de topografia plana, chamados de "solos de tabuleiros", cujas características e propriedades foram descritas por Silva, Dias e Melo (1975). Modificações edáficas provenientes do desmatamento neste tipo de solo foram estudadas por Silva (1981).

Os 4 ha de pastos estudados foram formados em 1971, com o objetivo de se manter os animais de transporte necessários aos trabalhos de fiscalização da

Reserva. Após a derrubada e queima da mata original, processo este em uso na região, foram plantadas mudas de *Brachiaria brizantha* provenientes da Granja Experimental do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC). Parte dessa pastagem encontra-se sobre a parte plana do tabuleiro e a restante na inclinação em direção a um curso de água existente no fundo de um vale. Fisionomicamente, sobressaem-se nos pastos a *Brachiaria brizantha* (Brachiaria do alto) e a *Scleria bracteata* Cav. (tiritica ou navalha de macaco).

Os pastos só foram usados em 1973 e 1975, sendo que, em ambas as vezes, num período inferior a um ano, os animais aí colocados tiveram que ser retirados por apresentarem emagrecimento e hemorragia pela urina. A intervalos regulares, os pastos foram roçados e queimados levemente para manutenção e limpeza.

Em maio de 1980, efetuou-se um levantamento detalhado de todas as espécies existentes nos pastos e coletou-se material para estudo do peso seco da vegetação. O material botânico coletado foi identificado através da comparação com material existente no herbário do CEPEC e o peso seco da vegetação e a frequência das espécies foram obtidos através de amostragens de 40 quadrados com 2.500 cm<sup>2</sup> cada, cuja distribuição nas pastagens está esquematizada na Figura 1.

A distribuição não casualizada dos quadrados na amostragem se deveu à aparente homogeneidade da vegetação e à necessidade de se estudar a distribuição das espécies em relação à inclinação do terreno.

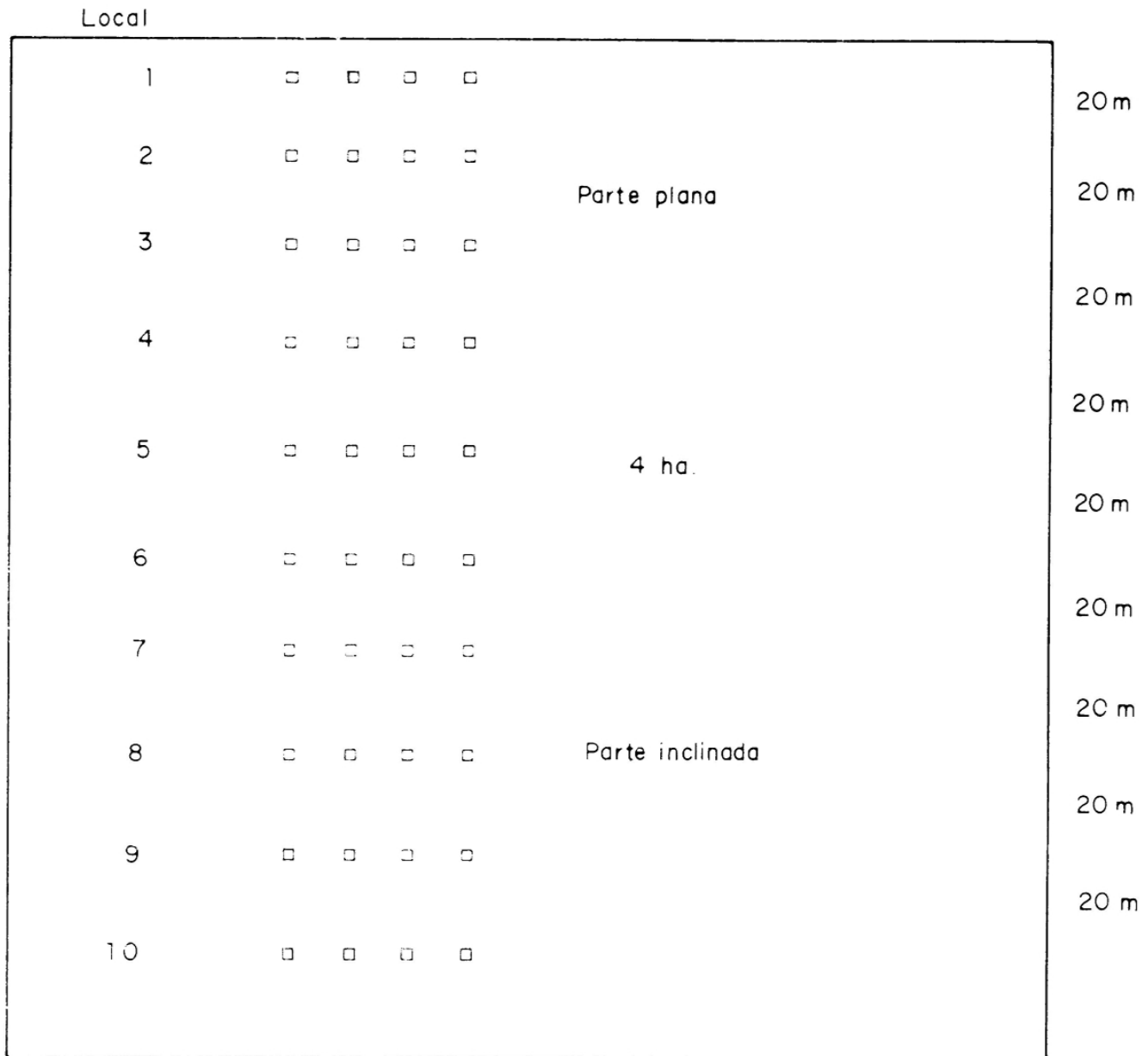


Figura 1 – Local das amostras no pasto da ESPAB, Santa Cruz de Cabralia, Bahia.

### Resultados e Discussão

A biomassa da parte aérea dos 4 ha de pastos foi estimada em 575,1 g de matéria seca (M.S.) por  $m^2$  ou 5.751  $kg \cdot ha^{-1}$  (Quadro 1). Dessa matéria seca, 205,8  $g \cdot m^{-2}$  corresponderam a *Brachiaria brizantha* e 204,2  $g \cdot m^{-2}$  a *Scleria bracteata*, que equivalem, respectivamente, a 35,8% e 35,5% da biomassa total (Figura 2).

Os valores aqui obtidos foram extremamente baixos, principalmente se con-

siderando que essas pastagens não foram utilizadas desde 1975. Pastos formados com *Pennisetum purpureum* var. *mineiro* alcançaram produção de M.S. de 1.220  $g \cdot m^{-2}$  em solos de cerrado, após 2 anos de plantados (Mozzer, Caroache e Enrich, 1970). Em solos hidromorfos da área do CEPEC, cobertos com *Brachiaria mutica* (Forsk) Stapf, foram obtidos 3.343,8  $g \cdot m^{-2}$  de M.S. (Vinha, Pereira e Müller, dados não publicados).

A baixa fertilidade dos solos de tabuleiros e a inexistência de consorciação

Quadro 1 - Frequência e peso seco dos componentes da vegetação de uma pastagem na Estação Ecológica do Pau-brasil, Santa Cruz de Cabrália, Bahia.

Nome científico	Nome vulgar	Frequência %	Biomassa <sup>a</sup> (g.m <sup>-2</sup> )
<i>Brachiaria brizantha</i>	Brachiaria	100,0	205,8
<i>Scleria bracteata</i>	Tiririca	85,0	204,2
<i>Imperata brasiliensis</i>	Sapê	12,5	10,5
<i>Stigmaphyllon</i> sp.		5,0	0,4
<i>Centropogon minus</i>	Putumaju mirim	5,0	1,5
<i>Eragrostis</i> sp.	Carquejo	2,5	4,6
<i>Hybanthus calceolaria</i>	Carquejo do sertão	2,5	0,1
<i>Hemipogon lanceifolius</i>	Janaúba	2,5	< 0,1
<i>Solanum</i> sp.	Jurubeba	2,5	< 0,1
<i>Ricinus</i>	Mamona	2,5	0,6
<i>Chaptalia</i> sp.		2,5	0,1
<i>Cecropia</i> sp.	Imbaúba	2,5	0,9
Massa verde total			428,7
"Litter"			146,4
Biomassa total			575,1

<sup>a</sup> n = 40

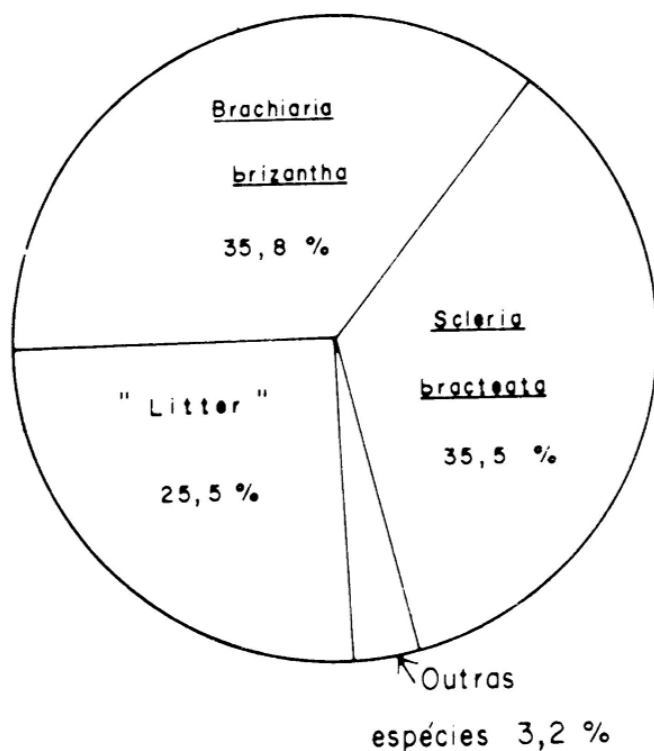


Figura 2 - Estrutura do pasto como porcentagem da biomassa total. ESPAB, Santa Cruz de Cabrália, Bahia.

estável da *B. brizantha* com leguminosas nativas nesses pastos poderiam ser consideradas como os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade. Através da combinação de *B. decumbens* com *Centrosema pubescens* e *Stylosanthes guianensis*, conseguiu-se produzir 1.400 g.m<sup>-2</sup> e 1.600 g.m<sup>-2</sup> de M.S., respectivamente, em experimentos na Malásia (NG, 1976).

A adaptação da *Brachiaria brizantha* em solos de tabuleiros não é apenas aparente, mas também fato constatado nos estudos aqui apresentados. Infelizmente, entretanto, a única espécie que parece associar-se quantitativamente a ela é a *Scleria bracteata*, de nenhuma utilidade para a formação de pastagens. Essas duas espécies reunidas representaram



95,6% de toda a matéria verde coletada (i.e. peso seco total – “litter”), ficando os 4,4% restantes divididos entre as outras espécies relacionadas no Quadro 1. A persistência da *Scleria bracteata* nas pastagens se deve principalmente à sua característica vegetativa, pois, através de rizomas, sobrevive às limpezas superficiais.

Entre outras espécies sobressaíram-se a *Imperata brasiliensis* (sapé), com frequência de 12,5%, o *Centrolobium minus* (putumuju) e *Stigmaphyllon* sp., as duas últimas com frequência de 5% (Quadro 1).

A presença do *Centrolobium minus* no pasto é proveniente da rebrota de exemplar adulto, pois a forma, o tamanho e o peso da semente tornam difícil a sua distribuição natural à longa distância.

A baixa frequência das espécies em geral, com exceção da *B. brizantha* e *S. bracteata*, é também mostrada quando se comparam todas as espécies coletadas nos 4 ha de pastos (Quadro 2) com as encontradas nas amostras (Quadro 1). Das 48 espécies constantes do Quadro 2, somente 12 foram encontradas nos quadros amostrados.

Quadro 2 – Espécies coletadas em 4 ha de pastagem na Estação Ecológica do Pau-brasil, Santa Cruz de Cabrália, Bahia. O material relacionado acha-se depositado no herbário do CEPEC.

Espécie	Família	Nome vulgar
<i>Amaranthus deflexus</i>	Amaranthaceae	Bredo-liso
<i>Andropogon</i> sp.	Graminea	
<i>Baccharis</i> sp.	Compositae	
<i>Bidens pilosa</i>	"	Picão-preto
<i>Blainvillaea</i> sp.	"	
<i>Brachiaria brizantha</i>	Graminae	Brachiaria
<i>Cecropia</i> sp.	Moraceae	Imbaúba
<i>Cenchrus echinatus</i>	Graminae	Capim-de-carneiro
<i>Centratherum punctatum</i>	Compositae	Balaio-de-velho
<i>Centrolobium minus</i>	Leguminosae pap.	Putumujú-mirim
<i>Chamaesyce</i> sp. (= <i>Euphorbia</i> )	Emphorbiaceae	Burra-leiteira
<i>Chaptalia</i> sp.	Compositae	
<i>Chiococca alba</i>	Rubiaceae	
<i>Clidemia</i> sp.	Melastomataceae	Remela-de-gato
<i>Conyza bonariensis</i>	Compositae	Capiroçoba
<i>Cupania</i> sp.	Sapindaceae	Camboatá-vermelho
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	
<i>Cyperus distans</i>	"	
<i>Dalecharpia ilheotica</i>	Euphorbiaceae	Urtiga de boi
<i>Gomphrena</i> sp.	Amaranthaceae	
<i>Himatanthus lanceifolius</i>	Apocinaceae	Janaúba

Quadro 2 - Continuação.

Espécie	Família	Nome vulgar
<i>Hybanthus calceolaria</i>	Violaceae	Carquejo do sertão
<i>Hidrocotyle</i> sp.	Umbelliferae	
<i>Hyptis suaveolens</i>	Labiatae	Canudinho-branco
<i>Imperata brasiliensis</i>	Gramineae	Sapê
<i>Indigofera suffruticosa</i>	Leguminosae	Mata-pasto-preto
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Cambarã
<i>Mariscus ligulares</i>	Cyperaceae	
<i>Melinis minutiflora</i>	Graminae	Capim-gordura
<i>Panicum</i> sp.	"	Angolinho-branco
<i>Panicum maximum</i> var. <i>gongyloides</i>	"	Capim-colonião
<i>Paspalum detersum</i>	"	Capim-de-boi
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	Maracujá (?)
<i>Physalis</i> sp.	Solanaceae	Bambão-de-cachorro
<i>Polygala paniculata</i>	Polygalaceae	Porúbio
<i>Richardia</i> sp.	Rubiaceae	
<i>Ricinus</i> sp.	Euphorbiaceae	Mamona
<i>Scleria bracteata</i>	Cyperaceae	Tiririca-de-macaco
<i>Sesbania bispida</i>	Euphorbiaceae	
<i>Senecio</i> sp.	Compositae	Sarraia/serralha
<i>Serjania</i> sp.	Sapindaceae	
<i>Sida</i> sp.	Malvaceae	
<i>Solanum mammosum</i>	Solanaceae	Erva-de-Santa-Maria
<i>Solanum</i> sp.	"	Jurubeba
<i>Stigmaphyllon</i> sp.	Malpighiaceae	Cipó de porco
<i>Turnera</i> sp.	Turneraceae	Cipó
<i>Vernonia</i> sp.	Compositae	
<i>Vicia</i> sp.	Guttiferae	
	Adiantaceae	
	Borraginaceae	
	Cruciferae	
	Iridaceae	
	Myrtaceae	

Das espécies relacionadas como tóxicas para as pastagens da Amazônia (Tokarnia, Dobereiner e Silva, 1979) somente as do gênero *Lantana*, *Solanum* e *Ricinus* foram encontradas nas pasta-

gens estudadas. Entretanto, pela baixa frequência e peso seco dessas espécies, pode-se considerar como improvável a sua influência no emagrecimento dos animais ali colocados.

O peso seco médio total da *B. brizantha* e *S. bracteata* não variou significativamente em relação à inclinação do terreno (i.e. tabuleiros propriamente ditos e encosta). Entretanto, a diminuição do desvio padrão com a inclinação do terreno para *B. brizantha* (Figura 3a) e o aumento do desvio padrão para *S. bracteata* (Figura 3b) mostram que há uma maior homogeneidade da *S. bracteata* na parte plana e uma maior homogeneidade para *B. brizantha* nas encostas do tabuleiro. Essas homogeneidades relativas são, provavelmente, resultado de uma maior fertilidade dos solos na inclinação do terreno, pela lavagem de nutrientes para as partes mais baixas, favorecendo, dessa forma, a *B. brizantha*, e/ou pela maior disponibilidade de água desses solos, principalmente nas proximidades do curso d'água.

Já a biomassa total não variou significativamente com a inclinação do terreno (Figura 3c).

### Conclusões

A *Brachiaria brizantha* mostrou-se importante na formação de pastagens e oxissols do Extremo Sul da Bahia pela dominância sobre outras espécies nativas danosas às pastagens, exceto a *S. bracteata*.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Floriano S. Santos, Hermínio S. Brito e a Antonio E. Bonfim pelos trabalhos de campo; a Antonio B. Bispo pela confecção dos gráficos e a Marinalda M. da Silva pela datilografia deste trabalho

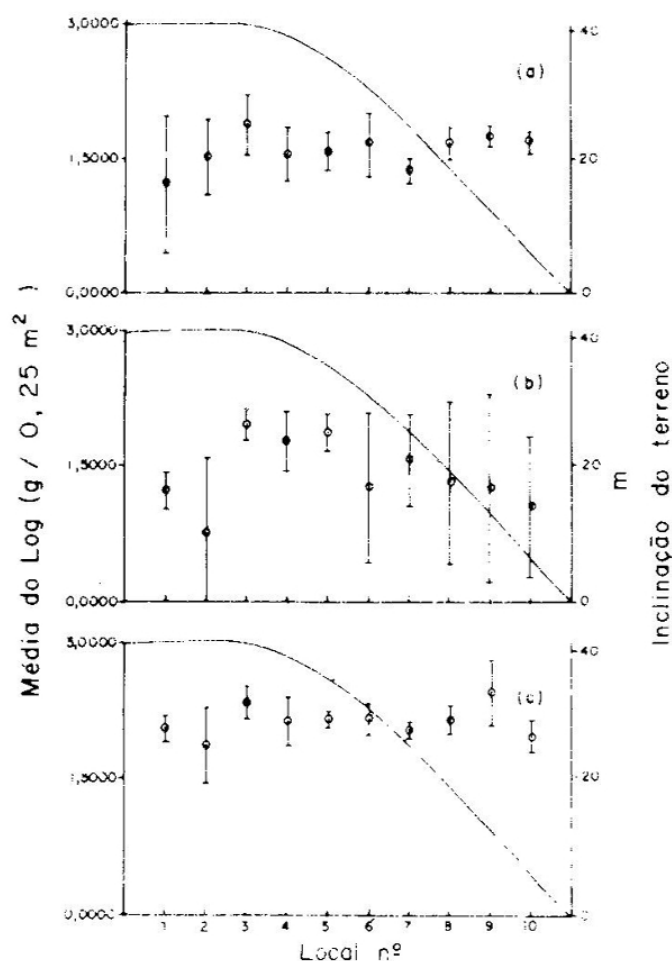


Figura 3 — Médias e desvios-padrões da biomassa da: (a) — *Brachiaria brizantha*; (b) — *Scleria bracteata*; e (c) biomassa total, em relação à inclinação do terreno. ESPAB, Santa Cruz de Cabralia, Bahia.

A *Brachiaria brizantha* mostrou-se mais homogênea nas inclinações do terreno que na parte plana do tabuleiro.

É necessário se encontrar espécies de leguminosas forrageiras que se associem com a *Brachiaria brizantha* para melhor balancear o valor nutritivo dessas pastagens.

## Literatura Citada

- GARZA, T.R. 1978. Beef production in the humid tropics of Mexico. *In* Seminar on Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Cali, CIAT. pp. 289 - 299.
- HARDING, W.A.T. and CAMERON, D.G. 1972. New pasture legumes for the wet tropics. *Queensland Agricultural Journal (Australia)* 98(8): 394 - 406.
- LOCK, D.S. 1977. *Brachiaria decumbens* (Signal grass): a review with particular reference to Australia. *Tropical Grassland* 11(2): 141 - 157.
- MOZZER, O.L., CARVALHO, M.M. de e EMRICH, E.S. 1970. Competição de variedades e híbridos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), para formação de capineiras em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 5: 395 - 403.
- NG, T.T. 1976. Performance of some tropical grass-legume mixtures in Sarawak. *Malaysian Agricultural Journal* 50(3): 400 - 410.
- SERRÃO, E.A.S. 1977. Adaptação de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia. *In* Encontro sobre Forrageiras do Gênero *Brachiaria*, 1.<sup>o</sup>, Goiânia, Brasil, 1977. Trabalhos. Goiânia, Secretaria de Agricultura do Estado de Goiás. pp. 21 - 52.
- SILVA, L.F. da. 1981. Alterações edáficas em "Solos de Tabuleiros" (Haplorthox) por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejo. *Revista Theobroma (Brasil)* 11: 5 - 19.
- SILVA, L.F. da., DIAS, A.C.C.P. e MELO, A.A.O. de. 1975. Características e propriedades de manejo dos oxisols do Sul da Bahia. *Revista Theobroma (Brasil)* 5(4): 23 - 34.
- TOKARNIA, C.H., DOBEREINER, J. e SILVA, M.F. da. 1979. Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros. Manaus, Brasil, INPA. 95 p.

⊕ ⊕ ⊕

## Two *Culicoides* biting midges reared from inflorescences of *Calathea* in Brazil and Colombia, and a key to the species of the *discrepans* group (Diptera: Ceratopogonidae)

Willis W. Wirth<sup>1</sup> and Saulo de J. Soria<sup>2</sup>

### Abstract

Two species of the *Culicoides discrepans* group were reared from liquid secreted in the inflorescences of *Calathea* spp. (Marantaceae): *C. discrourus* Wirth and Blanton in Valle, Colombia, and *C. macieli* Tavares and Ruiz in Bahia, Brazil. They are described and illustrated, including the unusual larvae and pupae. The larvae possess unusually long body setae and the pupae are characterized by long, slender, caudal processes and greatly elongated abdominal tubercles with long setae. The *discrepans* group is formally characterized and a key is given for identification of the eight known species, which are all Neotropical.

**Key words:** *Culicoides discrepans*, Ceratopogonidae, *Calathea*, Marantaceae, keys

## Redescrição de dois maruins obtidos de inflorescência de *Calathea* spp. no Brasil e Colômbia, e chave para espécies do grupo *Culicoides discrepans* (Diptera, Ceratopogonidae)

### Resumo

Duas espécies do grupo *Culicoides discrepans* foram obtidas e criadas no líquido secretado nas inflorescências de *Calathea* spp. (Marantaceae): *C. discrourus* Wirth e Blanton, do Departamento do Valle, Colômbia e *C. macieli* Tavares e Ruiz, da Bahia, Brasil. Com base nesse material, são apresentadas redescrições completas dessas espécies, incluindo os caracteres morfológicos de pupas e larvas raras, e também ilustrações. As larvas possuem setas alongadas no corpo e as pupas se caracterizam pelos processos caudais finos e compridos e pelos tubérculos abdominais muito alongados com setas compridas. Além disso, é apresentada a caracterização morfológica do grupo *discrepans*, fornecendo-se uma chave para identificação das oito espécies conhecidas, todas de distribuição neotropical.

**Palavras-chave:** *Culicoides discrepans*, Ceratopogonidae, *Calathea*, Marantaceae, chave taxonômica

---

<sup>1</sup>Sistematic Entomology Laboratory, IIBIII, Agric. Res., Sci. & Educ. Admin., USDA, c/o U.S. National Museum, Washington, D.C. 20560, U.S.A.

<sup>2</sup>Divisão de Zoologia Agrícola, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45600, Itabuna, Bahia, Brasil.



## Introduction

Fish and Soria (1978) reported a species of *Culicoides* living in the interbract fluid of the inflorescence of *Calathea* sp. (Marantaceae) in the cacao growing area of Bahia, Brazil. The inflorescence of *Calathea* secretes a mucous liquid between the bracts, and an average of 22 *Culicoides* larvae were found living in each inflorescence examined, a remarkably high concentration. Collections were made in March and April 1977 near the end of a month-long period of reduced precipitation when most ectotelmata habitats were completely dry. The *Culicoides* species has now been identified as *C. macieli* Tavares and Ruiz (1980), the adults of which were recently described from near Rio de Janeiro, Brazil.

Two collections of a closely related species of the *discrepans* group, *C. dicrourus* Wirth and Blanton (1955), were made by Vernon H. Lee in 1963–64 from *Calathea lutea* (Aubl.) G.F. Mey. in Valle, Colombia. The immature stages of the two species are so similar and differ so markedly from those usually seen

in *Culicoides* that we are taking this opportunity to describe and illustrate them. At the same time we present up to date redescrptions and illustrations of the adults to facilitate comparisons with related species, and offer a key and table for the identification of species of the *discrepans* group.

The *Culicoides discrepans* group was first recognized by Wirth and Blanton (1973) who included five species but did not characterize the group. It seems desirable now formally to characterize the group, give a table of numerical characters of the species (Table 1), and a key for species determination. Our terminology follows that explained in the more comprehensive papers by Wirth and Blanton (1959, 1973).

### *Culicoides discrepans* group

**Diagnosis.** Large species (wing length 1.09–1.80 mm) with long, relatively narrow wing and elongate mesonotum, usually with prominent pattern of large yellowish patches; legs with prominent pale bands. Wing pattern usually with a U-shaped poststigmatic pale spot

Table 1 - Numerical characters of the *Culicoides discrepans* group (females).

Species	Wing Length (mm)	Costal Ratio	Antennal Ratio	Antennal Sensory Pattern	Palpal Ratio	P/H Ratio
<i>albuquerquei</i>	1.09	0.62	1.00	3,8-14	2.5	0.78
<i>avilaensis</i>	1.20	0.62	0.83	3,7-10	2.7	-
<i>dalessandroi</i>	1.35	0.65	1.06	3,7-10	2.5	0.71
<i>dicrourus</i>	1.14	0.65	1.04	3,7-10	2.1	0.80
<i>discrepans</i>	1.80	0.68	-	3,8-10	3.0	-
<i>macieli</i>	1.15	0.63	1.08	3,(6),7-10	2.5	0.60
<i>volcanensis</i>	1.45	0.61	1.07	3,7-10	2.1	0.55
<i>wallacei</i>	1.47	0.68	0.75	3,8-10	2.3	0.65

enclosing a small round black spot behind tip of second radial cell, or a variation of this pattern with reduced pale spots. Second radial cell dark to tip; basic wing pattern includes large pale area at wing base, one or two pale spots at tip on anal cell; an oblique subapical pale spot meeting wing margin towards apex of cell R5; two pale spots in cell M1; cell M2 with pale spot behind medial fork, in front of mediocubital fork, in front of midportion of vein  $M_3+4$  and at wing margin in tip of cell; cell M4 with large pale spot; tip of vein M1 often extensively pale margined.

Antennal sensory pattern (Table 1) with basic pattern 3,8--10, sensilla sometimes also on segments 6 and 7, and in one species on segments 11--14. Palpus usually with a moderately broad and deep pit located near tip of third segment. Two ovoid sclerotized spermathecae with rather long necks plus rudimentary third and sclerotized ring. Male genitalia with ninth tergum long and tapering, the apicolateral processes long and slender and located rather close together. Basistyle with ventral root foot-shaped. Aedeagus with well developed basal arch and distomedian process, the latter with well developed armature of modifica-

tions useful in species identification. Parameres separate, each with strong basal knob, long and usually slender stem portion, and pointed distal portion bearing lateral fringing spines. Pupa with marked development of elongate segmental tubercles bearing long setae on abdomen and unusually long, slender, caudally directed caudal processes. Larva with body setae unusually long. Pupa with long, slender, caudal processes and greatly elongated abdominal tubercles with long setae.

### Species included

- albuquerquei* Wirth and Blanton, 1973: 424. Brazil  
*avilaensis* Ortiz and Mirsa, 1951: 593. Venezuela  
*dalessandroi* Wirth and Barreto, 1978: 556. Colombia  
*dicrourus* Wirth and Blanton, 1955: 123. Panama  
*discrepans* Ortiz and Mirsa, 1951: 595. Venezuela  
*macieli* Tavares and Ruiz, 1980: 29. Brazil  
*volcanensis* Wirth and Blanton, 1959: 389. Panama  
*wallacei* Wirth and Blanton, 1973: 449. Brazil

### Key to species of the *Culicoides discrepans* group

1. Wing with one pale spot in distal portion of anal cell . . . . .  
     . . . . . *volcanensis* Wirth and Blanton
- Wing with two pale spots in distal portion of anal cell . . . . . 2
2. Antennal sensory pattern 3,8--14 . . . . . *albuquerquei* Wirth and Blanton
- Antennal sensory pattern 3,6--10, 7--10 or 8--10, no sensilla on segments  
     11--14 . . . . . 3

3. Poststigmatic pale spot in cell R5 U-shaped, enclosing a small round black spot behind tip of second radial cell . . . . . 4
  - Poststigmatic pale spot(s) in cell R5 either single and distad of second radial cell or oblique and double or divided into two separate pale spots neither of which enclose a small round dark spot . . . . . 5
4. Distal pale spot in cell M1 broadly meeting wing margin; small species, wing 1.14 mm long; antennal sensory pattern 3, 7–10; proximal antennal segments shorter, antennal ratio 1.04; third palpal segment with pit opening by a smaller pore; male aedeagus with distal process slender with expanded forked tip . . . . . *dicrourus* Wirth and Blanton
  - Distal pale spot in cell M1 not meeting wing margin; larger species, wing 1.47 mm long; antennal sensory pattern 3, 8–10; proximal antennal segments longer, antennal ratio 0.75; third palpal segment with sensory pit same size as pore; male aedeagus with distal process stouter with two short points at tip . . . . . *wallacei* Wirth and Blanton
5. Cell R5 with two separate poststigmatic pale spots (sometimes narrowly joined in *macieli*) . . . . . 6
  - Cell R5 with a single undivided poststigmatic pale spot . . . . . 7
6. Larger species, wing 1.35 mm long; male parameres without ventral swelling or abrupt subapical twisting; aedeagus with a submedian pair of small spines on caudomedian process . . . . . *dalessandroi* Wirth and Barreto
  - Smaller species, wing 1.15 mm long; male parameres with small ventral swelling and abruptly twisted subapical portion; aedeagus with prominent pair of lateral pointed processes at tip . . . . . *macieli* Tavares and Ruiz
7. Large species, wing length 1.80 mm; antennal sensory pattern 3, 8–10; third palpal segment more slender, palpal ratio 3.0; poststigmatic pale spot in cell R5 distinctly produced proximad on posterior portion; costal ratio 0.68 . . . . . *discrepans* Ortiz and Mirsa
  - Smaller species, wing 1.20 mm long; antennal sensory pattern 3, 7–10; third palpal segment broader, palpal ratio 2.7; poststigmatic pale spot in cell R5 more or less transverse, posterior portion not or very little produced proximad; costal ratio 0.62 . . . . . *avilaensis* Ortiz and Mirsa

*Culicoides dicrourus* Wirth and Blanton

(Figs. 1–2)

nama); Wirth and Blanton, 1959: 386 (redescribed: figs.; distribution).

*Culicoides dicrourus* Wirth and Blanton, 1955: 123 (male, female; figs.; Pa-

**Female diagnosis.** Wing length 1.14 mm; breadth 0.58 mm.

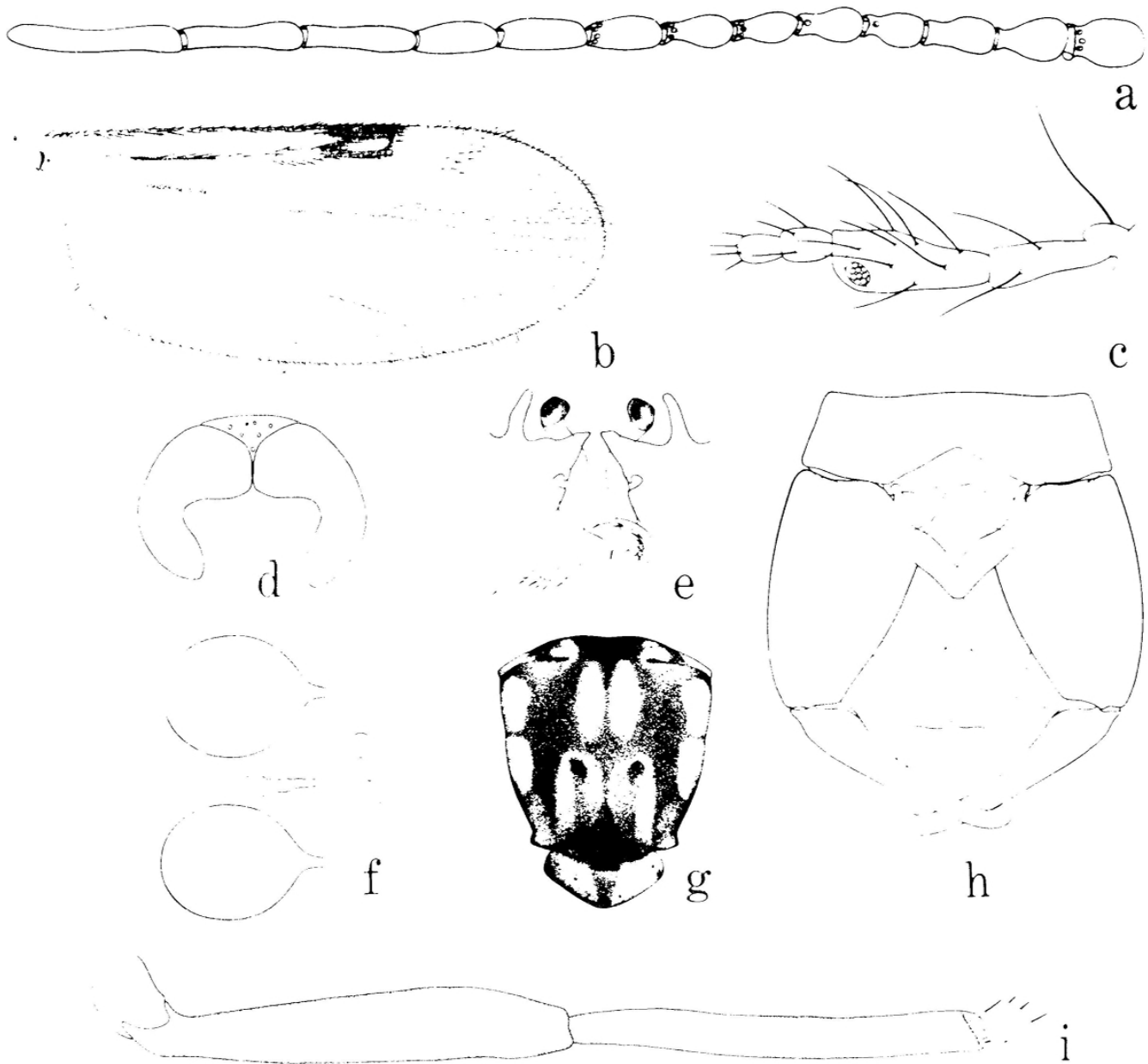


Figure 1 – *Culicoides dicrourus*, a–d, f–g, i, female; e, h, male: a, antenna; b, wing; c, palpus; d, eye separation; e, parameres; f, spermathecae; g, thoracic pattern; h, male genitalia, parameres removed; i, hind femur and tibia.

Head: Eyes (fig. 1d) narrowly separated, bare. Antenna (fig. 1a) with lengths of flagellar segments in proportion of 19–16–16–16–17–17–17–17–23–25–27–27–41; antennal ratio 1.04; distal sensilla coeloconica present on 3, (6), 7–10. Palpal segments (fig. 1b) with lengths in proportion of 10–22–29–10–10; third segment moderately swollen, palpal ratio 2.1, with large sensory pit opening by a

smaller pore. Proboscis moderately long, P/H ratio 0.80; mandible with 13 teeth.

Thorax: Mesonotum (fig. 1g) elongated, dark brown, with prominent pattern of large yellowish patches as figured; scutellum narrowly dark in middle, yellowish on sides. Legs (fig. 1i) dark brown, all femora with subapical, tibiae with subbasal, and hind tibia with apical, broad yellowish bands; four distal tarsomeres pale; hind tibial comb with

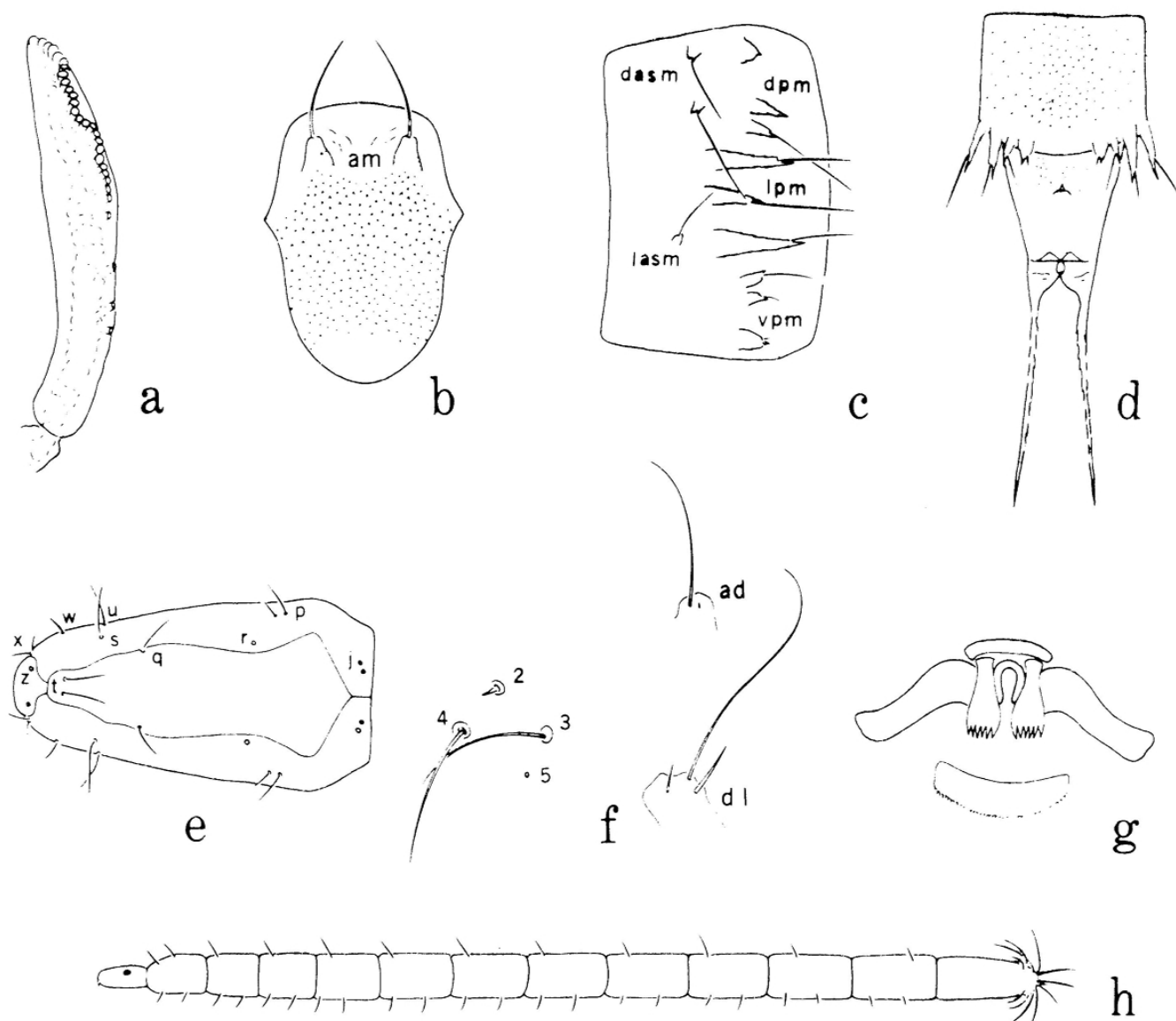


Figure 2 — *Culicoides dicrourus*, a–d, pupa; e–h, larva. a, respiratory horn; b, operculum (am, anteromedian tubercles); c, lateral view of abdominal segment r (dasm, dorsal anterosubmarginal; tubercles; dpm, dorsal posteromarginal; lasm, lateral anterosubmarginal; lpm, lateral posteromarginal; vpm, ventral posteromarginal); d, last two segments of female abdomen, ventral view; e, head, dorsal view with setae and sensilla lettered; f, dorsal tubercles of thorax (left) numbered, and anterodorsal (ad) and dorsolateral (dl) tubercles of head (right); g, epipharynx (above) and hypopharynx (below); h, lateral habitus view of larva.

four spines, the two nearest the spur longest, subequal. Wing (fig. 1b) with prominent pattern as figured; second radial cell dark to tip; large yellow spots as base of wing and over r–m crossvein; cell R5 with two large pale marks, the poststigmatic spot roughly in form of an incomplete circle isolating a small black round spot just behind end of second

radial cell, distal pale spot oblique and hourglass shaped, very broadly meeting anterior wing margin; cell M1 with two elongate pale spots, distal one reaching wing margin; large pale spots present in ends of cells M2 and M4 broadly meeting wing margin; cell M2 also with pale spots lying behind medial fork, in front of mediocubital fork, and at level of basal



pale spot in cell M1, a pale streak extending from the third of these through the first to base of wing; anal cell with two pale spots in distal portion. Macrotrichia sparse over distal half of wing and in anal cell; costal ratio 0.65. Halter pale.

**Abdomen.** Dark brown. Spermathecae (fig. 1f) two with rudimentary third and large disc-like ring; functional spermathecae ovoid with short slender neck; subequal, each measuring 0.070 by 0.060 mm including necks.

**Male.** Similar to female with usual sexual differences; antennal plume pale brownish, well developed, antennal segments 4 – 12 more or less fused; sensilla coeloconica present on segments 3, 11 – 12; four distal segments with lengths in proportion of 14–40–30–46. Genitalia (fig. 1h): Ninth sternum with shallow caudomedian excavation, ventral membrane bare; ninth tergum long and tapering, apicolateral processes long and slender, subparallel. Basistyle with ventral root broad and foot-shaped, with distinct “heel” and flat “sole”, dorsal root short and slender; dististyle long slender, apex slightly bent. Aedeagus with short, broad, pointed basal arch, basal arms rather stout; median portion long and slender with deeply bifid (2-pronged) apex. Parameres (fig. 1e) each with knobbed base, stem stout and nearly straight with subapical ventral lobe, distal portion greatly narrowed to a curved, flattened, distally pointed blade with about five lateral fringing spines.

**Pupa.** Length 3.6 mm. Exuviae uniformly pale yellowish brown, respiratory

horns amber brown. Respiratory horn (fig. 2a) slightly curved, slightly swollen subapically, integument with scale-like spines; 25 – 30 spiracular openings in a convoluted dorsal palisade on distal 0.4 and around apex plus four separate lateral openings on proximal portion. Operculum (fig. 2b) with a pair of large anteromedian tubercles each bearing a long seta; integument with rather uniform minute spine-like tubercles. Anterodorsal and dorsolateral tubercles of head region as in fig. 2f (right); thoracic tubercles 2–5 as figured (left), 1 absent. Tubercles of abdominal segments greatly elongated and most bearing long setae as in fig. 2c and 2d. Last segment (fig. 2d) with distal processes greatly elongated, longer than base of segment and extending caudad nearly parallel, each bearing minute spinules; integument of last two segments with minute spinules as figured. Last segment of female bearing in midportion ventrally a small process with a short, anteriorly directed, blunt spine as figured.

**Larva** (fig. 2h). Length about 6 mm. Color rather uniformly pale yellowish, head amber brown. Body setae dark brown, and usually long for *Culicoides* larvae. Head as in fig. 2e with setae and sensilla lettered; epipharyngeal skeleton as in fig. 2g, bearing in midportion a pair of elongate sclerites each bearing five apical teeth (dorsal comb of Linley and Kettle (1964); hypopharynx present as a narrow transverse membrane bearing a minute fringe on posterior margin. Perianal bristles prominent; anal papillae not studied.

**Distribution.** Middle America from Mexico to Colombia.

### New records

COLOMBIA: Valle, Rio Raposo, viii, xii.1963, v,vii,viii,x.1964, v.1965, V.H. Lee, light trap, 8 females. Same, except 29.x.1963, reared from *Calathea lutea*, 1 male, 3 females with pupal exuviae; same, 13.v.1964, reared from *Calathea lutea*, 3 males, 1 female, pupal exuviae, 2 larvae.

COSTA RICA: Cartago, Turrialba, 17.vii.1964, R.E. Woodruff, light trap, 1 male. Limon, Las Mercedes, 27.iv.1962, F.S. Blanton, light trap, 1 female. Palmar Sur, ix.1963, F.S. Blanton, light trap, 1 female.

PANAMA: Chiriqui, Potrerillos, 27.vii.1964, A. Broce, light trap, 1 male.

**Discussion.** The immature stages of this species and those of *C. macieli* show several features exceptional for *Culicoides* that may possibly serve as adaptations for their habitat in the inflorescences of *Calathea*.

### *Culicoides macieli* Tavares and Ruiz

(Figs. 3–4)

*Culicoides macieli* Tavares and Ruiz, 1980: 29 (male, female; Brazil; figs.).

**Female diagnosis.** Wing length 1.15 mm; breadth 0.54 mm.

Head: Eyes (fig. 3e) contiguous, bars. Antenna (fig. 3a) with lengths of flagellar segments in proportion of 16–13–13–13–13–13–20–20–22–22–31; antennal ratio 1.08; distal sensilla coeloconica present on 3, (6), 7–10, double on 8, 3 on 9, and 4 on 10. Palpal segments (fig. 3b) with lengths in pro-

portion of 7–13–20–7–10; third segment slightly expanded distally, palpal ratio 2.5, with moderately large and deep sensory pit with pore same size. Proboscis short, P/H ratio 0.60; mandible with 15 teeth.

Thorax: Mesonotum elongated, dark brown with prominent pattern of yellowish patches as in *C. dicrourus*; scutellum dark in middle, yellowish on sides. Legs (fig. 3h) dark brown; all femora with subapical, tibiae with subbasal, and hind tibia with apical, broad yellowish bands; hind tibial comb with four spines, the one nearest the spur longest. Wing (fig. 3c) with prominent pattern as figured, very similar to that of *C. dicrourus*, but the poststigmatic pale spot in cell  $R_1$  completely divided into two separate pale spots and the hourglass-shaped distal pale spot more or less divided (completely divided in paratype examined). Macrotrichia as in *C. dicrourus*; costal ratio 0.63. Halter slightly infuscated.

Abdomen: Dark brown. Spermathecae (fig. 3f) two plus rudimentary third and a short, tapering, collar-like ring; functional spermathecae only moderately sclerotized, elongate ovoid with long slender necks; slightly unequal, measuring 0.065 by 0.038 mm and 0.058 mm by 0.038 mm including the necks.

**Male.** Similar to female with usual sexual differences; antennal plume yellowish, well developed; antennal segments 4–12 more or less fused, sensilla coeloconica on segments 3, 11–12, four distal segments with lengths in proportion of 15–46–42–44. Genitalia (fig. 3g): Ninth sternum with broad, shallow,

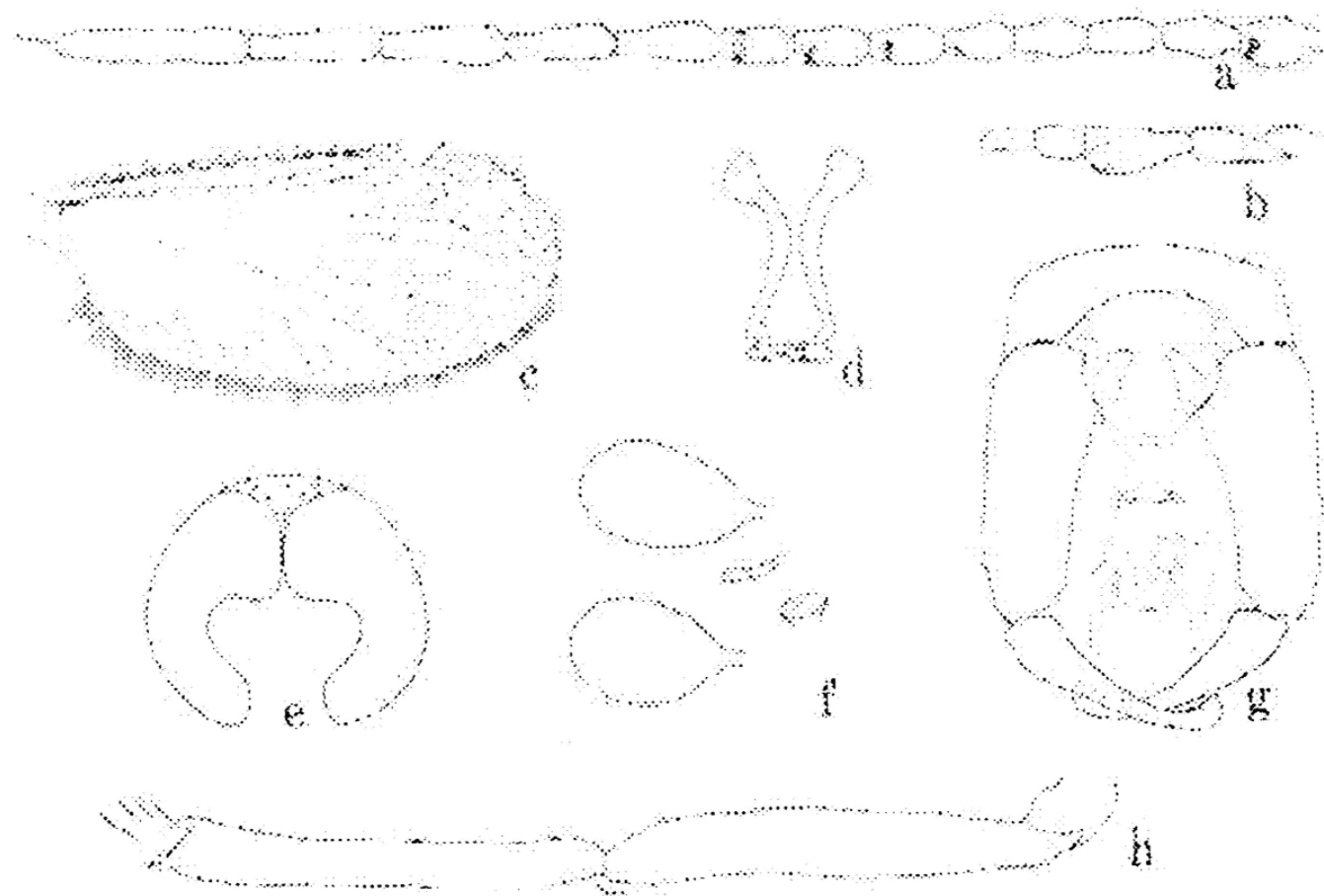


Figure 3 — *Culisoides maciell*. a—c, e—f, h, female; d, g, male: a, antenna; b, palpus; c, wing; d, parameres; e, eye separation; f, spermathecae; g, male genitalia, parameres removed; h, hind femur and tibia.

caudomedian excavation, ventral membrane bare; ninth tergum long and tapering, apicolateral processes long and slender, subparallel. Basistyle with ventral root broad and foot-shaped; dististyle slender, curving gently to bent tip. Aedeagus with basal arch extending to 0.6 of total length, basal arms slender and curved; distomedian process stout, broadly expanded distally and prolonged in two widely separated, slender processes with sharp-pointed tips abruptly ventromesad. Parameres (fig. 3d) each with knobbed base, stem slender and gently curved, abruptly twisted distally with small ventral lobe; apical portion then abruptly bent ventromesad and narrowed to sharp tip with lateral flogging spines.

Pupa. Length 3.2 mm. Exuviae uniformly pale yellowish, respiratory horns brownish. Respiratory horn (fig. 4a) slender, broadest near tip, integument with sharp scale-like spines; 25–30 spiracular openings in a nearly straight dorsal row on distal third and around apex; plus three widely spaced openings on proximal portion. Operculum (fig. 4b) with anteromedian tubercles well developed, each bearing a long seta; integument without spine-like tubercles. Tubercles of head and thoracic dorsum as in fig. 4c. Tubercles of abdominal segments (fig. 4d) shorter than in *C. dicrounus*, but bearing longer and more prominent setae. Last segment (fig. 4f) with caudal spine-like processes shorter than in *C. dicrounus* and slightly di-

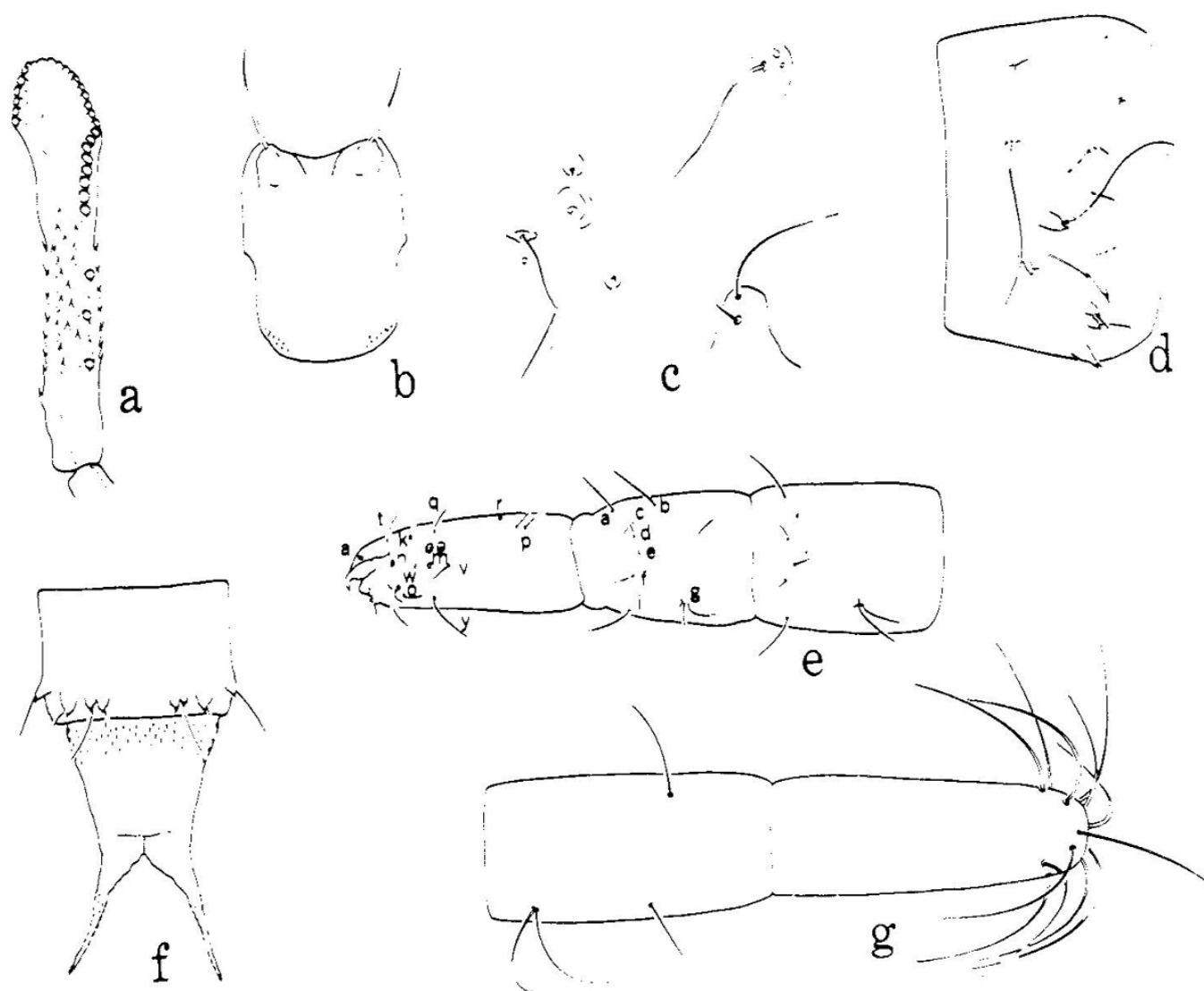


Figure 4 — *Culicoides macieli*, a–d, f, pupa; e, g, larva: a, respiratory horn; b, operculum; c, tubercles of head and thorax; d, lateral view of fourth abdominal segment; e, head and first two thoracic segments, lateral view; f, last two segments of female abdomen, ventral view; g, last two abdominal segments, lateral view.

vergent; in female without the ventral process at midlength.

**Larva** (fig. 2e, g). Length about 6 mm. Color uniformly creamy yellowish, head darker yellow. Body setae extremely long and fine, blackish; segmentally arranged according to lettering in fig. 4e. Perianal bristles as in fig. 4g.

**Distribution.** Brazil.

#### Specimens examined.

**BRAZIL:** Rio de Janeiro, Jacarepagua, Pau da Fome, v. 1973, Tavares and Ruiz, 1 male, 1 female (paratypes). Bahia, Itabuna, 1970, J. Winder, light trap, 1 male, 1 female. Bahia, Ilheus, CEPEC, old cacao plantation, reared from inflorescences of *Calathea* sp. by D. Fish: 2.iv.1977, 3 males, 1 female, 5 pupae, 1 pupal exuviae; 19.iv.1977. 9 larvae, 33 pupae, 15 males, 5 females.

### Acknowledgements

We are greatly indebted to Durland Fish of the University of Notre Dame for advice and assistance during his trip to Bahia in 1977, and especially for his collections of *C. macieli*. We also wish to thank Molly Ryan for preparation of the illustrations and to Eng. Agr. Mr. Edimir Ferraz for the translation of the abstract into Portuguese.

### Literature Cited

- FISH, D. and SORIA, S. de J. 1978. Water-holding plants (Phytotelmata) as larval habitats for Ceratopogonid pollinators of cacao in Bahia, Brazil. *Revista Theobroma* (Brasil) 8(4): 133 - 146.
- LINLEY, J.R. and KETTLE, D.S. 1964. A description of the larvae and pupae of *Culicoides furens* Poey, and *Culicoides hoffmani* Fox (Diptera: Ceratopogonidae). *Annals and Magazine of Natural History* (Serie 13) 7: 129 - 149.
- ORTIZ, I. y MIRSA, M. 1951. Estudios en *Culicoides* (Diptera, Ceratopogonidae). Descripción de dos nuevas especies: *Culicoides avilaensis* y *C. discrepans*, y del macho de *C. leopoldoi* Ortiz, 1951. Redescrición de *C. limai* Barreto, 1944, *C. baueri* Hoffman, 1925, *C. lichyi* Floch & Abonnenc, 1949, y *C. pussillus* Lutz, 1913. *Revista de Sanidad y Asistencia Social* (Venezuela) 16: 593 - 603.
- TAVARES, O. e RUIZ, R.A. 1980. Sobre duas espécies novas do gênero *Culicoides* Latreille, 18 - 9, do Brasil (Diptera, Ceratopogonidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* (Brasil) 75: 27 - 32.
- WIRTH, W.W. and BLANTON, F.S. 1955. Studies in Panama *Culicoides* (Diptera, Heleidae). IV. Descriptions of three new species of the subgenus *Oecacta* Poey. *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society* 50: 121 - 127.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1959. Biting midges of the genus *Culicoides* from Panama (Diptera: Heleidae). *Proceedings of the United States National Museum* 109: 237 - 482.
- \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1973. A review of the maruins or biting midges of the genus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) in the Amazon Basin. *Amazoniana* 4: 405 - 470.
- WIRTH, W.W. and BARRETO, P. 1978. New species of *Culicoides* biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) from Colombia. *Journal of Medical Entomology* 14: 553 - 564.





## Cacao pollination in Costa Rica. 2. Breeding sites of ceratopogonid (Diptera, Nematocera) midges<sup>1</sup>

Saulo de J. Soria<sup>2</sup>, R. Keith Chapman<sup>3</sup> and John K. Knoke<sup>4</sup>

### Abstract

In the search for breeding sites of ceratopogonid cacao pollinators in cacao plantations at Turrialba, Costa Rica, rotting leaves (mulch), decaying banana pseudostems and bracts, humid moss from cacao trunks and decaying mushrooms taken from stumps were processed in Berlese funnels in the laboratory. Thirty-seven *Atrichopogon* midges, 12 *Forcipomyia*, one *Dasyhelea* and one *Stylobezzia* were reared from decaying banana. Seven adult specimens of *Lasiohelea* were reared from moss. Six *Forcipomyia* adults were reared, four from cacao pods, one from banana bracts and one from leaf mulch. Few *Culicoides* midges were obtained from cacao husks. Decaying mushrooms did not render any kind of ceratopogonid midges. Midges in the subgenus *Forcipomyia* (*Euprojoannisia*) the main cacao pollinators in Costa Rica, were absent in the sample studied. The numbers encountered were not very high, probably as a consequence of the short duration of the sampling period.

**Key words:** *Theobroma cacao*, *Forcipomyia*, pollination, breeding places, ecology

## Polinização do cacauzeiro na Costa Rica. 2. Locais de criação de mosquinhas ceratopogonídeas (Diptera, Nematocera)

### Resumo

Na procura de informações relacionadas com locais naturais de criação de ceratopogonídeos polinizadores do cacauzeiro foram examinados os seguintes substratos: camada de folhas (mulch) no solo do cacau, frutos podres de cacau, pseudocaules podres de banana, brácteas podres de bananeira, musgos dos troncos de cacauzeiro e cogumelos existentes nos tocos. Estes substratos foram coletados no campo e processados através de funis de Berlese no laboratório. Os resultados indicaram a presença de 37 exemplares de *Atrichopogon*, 12 de *Forcipomyia*, um de *Dasyhelea* e

---

<sup>1</sup>Extracted from the senior author's Ph.D. Dissertation, University of Wisconsin, Madison, U.S.A. Financial support was supplied by the American Cocoa Research Institute and by the Schoenleber Foundation of Wisconsin, U.S.A. Cooperation of the Inter-American Institute of Agricultural Sciences of the Organization of the American States is gratefully acknowledged.

<sup>2</sup>Divisão de Zoologia, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup>Dept. of Entomology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, U.S.A.

<sup>4</sup>USDA - SEA - AR, Dept. of Entomology, OARDC, Wooster, 44691, Ohio, U.S.A.

um de *Stylobezzia* em pseudocauls podres de bananeira (*Musa* sp.). Sete exemplares adultos de *Lasiohelea* foram encontrados em musgo, quatro de *Forcipomyia* em frutos podres de cacau, um em brácteas de bananeira e um na camada de folhas. Nenhum dos exemplares destes gêneros foi encontrado polinizando flores de cacau em Costa Rica. Poucos marins *Culicoides* foram encontrados em casqueiros de cacau. Cogumelos podres nos tocos não mostraram evidências de serem locais de criação para ceratopogonídeos. Não foram encontrados nesta pesquisa exemplares de ceratopogonídeos do subgênero *Forcipomyia* (*Euprojoannisia*), polinizadores do cacaueiro em Costa Rica. As quantidades de insetos encontradas foram pequenas, provavelmente devido à curta duração da amostragem.

**Palavras-chave:** *Theobroma cacao*, *Forcipomyia*, polinização, locais de criação, ecologia

## Introduction

Saunders (1959) gives a general idea as to where the immature stages of the genus *Forcipomyia* may be found. He mentions that immature stages of midges of the subgenus *Euprojoannisia*, which includes most of the pollinators, are found in very humid, almost wet conditions. The study of breeding places and sites for collection of ceratopogonid cacao pollinators has recently received considerable attention in Bahia, Brazil (Soria, 1973; Soria, Wirth and Besemer, 1978; Winder, 1977; Winder and Silva, 1972a,b).

Detailed studies carried out by Winder (1977) indicated that leaf mat and litter deposited on the soil of the cacao plantation and epiphytic bromeliads were the most important breeding places for *Forcipomyia* the chief cacao pollinator in Brazil.

A thorough knowledge of the identity and breeding places of these pollinating flies is an indispensable step in the manipulation of populations for increasing crop yields and is important in planning pesticide spray programs in plantations to help reduce possible pol-

linator mortality (Entwistle, 1972; Soria and Wirth, 1974).

The objective of this study was to determine the breeding sites of the *Forcipomyia* species that pollinate cacao and to determine the species composition of *Forcipomyia* and allied ceratopogonid species emerging from the substrates examined.

## Material and Methods

Studies were undertaken at the Pejivallal cacao plantation Turrialba, Costa Rica, where adult midges were easily collected during two short sampling periods in 1966 and in 1969.

The substrates sampled were: rotting leaves from the floor of the cacao plantation, decaying cacao pods, decaying banana trunks, decaying banana bracts taken from the soil, decaying mushrooms taken from stumps, and humid moss from stumps and trunks of cacao plants. These substrates were collected once a week for 14 weeks in the early hours of the morning from humid sites in the field. The material collected in the field was placed in polyethylene bags to prevent desiccation and the contents of each bag were transferred to Berlese funnels (20 cm diameter x 15 cm high).

immediately upon arrival in the laboratory.

To force the small insects to move out of the substrate a 25 watt bulb heat source was located 5 cm above the substrate surface in the Berlese funnel according to the method of Saunders (1959). The funnels were operated for 7 days and the microfauna were allowed to drop into 75% ethyl alcohol in 200 cc jars. Counting and general insect classification were done under a dissecting microscope in Costa Rica. Ceratopogonid midges were sent to Dr. L.G. Saunders, Department of Biology, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, for identification.

### Results and Discussion

Collembola and mites were the most numerous arthropods in the six sub-

strates comprising 61% and 20% respectively of the total fauna collected (Table 1). Most of the dipterous larvae belonged to the family Drosophilidae while only 0.31% of the total of 35,528 arthropods collected in 1966 were ceratopogonids. The presence of 37 specimens in the genus *Atrichopogon*, a close relative to *Forcipomyia*, out of 60 ceratopogonid specimens found in decaying banana trunks suggested that this substrate may be an important breeding site for pollinators.

Seven adult specimens of *Lasiohelea* were found in moss. None of the species of this genus was found visiting cacao flowers in Costa Rica, although the species *Lasiohelea nana* Macfie (later located in the subgenus *Thyridomyia*) was reported as a pollinator of cacao

Table 1 - Arthropods found in the breeding site material from Pejivallal, Turrialba, Costa Rica. June-October, 1966

Substrate	No samples examined	Mean number per sample in each group														Total of arthropods
		Collembola	Acarina	Drosophilidae	Formicidae	Staphilinidae	Araneida	Coccinellidae	Ceratopogonidae	Psychodidae	Dermaptera	Scarabeidae	Tipulidae	Cecidomyiidae	Simuliidae	
Banana bracts	14	1183	45	72	4	13	11	0	1	5	0	1	0	0	0	18.52
Cacao pods	15	117	323	15	49	6	10	2	2	0	2	0	0	1	0	7.89
Mushrooms	10	85	109	159	5	39	7	9	0	1	1	2	0	0	1	4.17
Banana trunks	20	131	20	3	13	4	2	0	3 <sup>a</sup>	1	0	0	2	0	0	3.59
Leaf mulch	11	34	22	0	18	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	87
Moss	7	32	19	0	10	0	4	0	1 <sup>b</sup>	0	0	0	0	0	0	46
Total	77	1582	538	249	99	63	36	11	8	7	3	3	2	1	1	35.52

<sup>a</sup> A total of 60 ceratopogonids included 37 specimens in the genus *Atrichopogon*.

<sup>b</sup> A total of 67 ceratopogonids were all in the *Lasiohelea* genus.

flowers in Trinidad (Billes, 1941). This fact suggests that moss substrate may be a possible breeding site for cacao pollinating species.

Results for 1969 at Turrialba, Costa Rica, revealed the presence of 12 *Forcipomyia* specimens, matures and immatures, in decaying banana stems, four in cacao pods, one in banana bracts and one in leaf mulch (Table 2). The numbers encountered were not very high, probably because of the short duration of sampling. Midges of closely related genera such as *Culicoides*, *Atrichopogon*, *Dasyhelea* and *Stylobezzia* were also found breeding in the same sub-

strates as *Forcipomyia*. These findings agree with the literature descriptions of natural breeding places for these genera. Williams (1966) found 10 species of *Culicoides* breeding on decaying cacao pods in Trinidad.

### Conclusions

Based on the kind of midges encountered, it is suggested that decaying banana pseudostems, decaying cacao pods, decaying banana bracts and leaf mulch deserve further study in the search for breeding places of *F. Euprojoannisia*, cacao pollinators in Costa Rica.

Table 2 - Average number of arthropods collected by Berlese funnel extractions from three samples from the Pejivallal plantation, Turrialba, Costa Rica, April, 1969.

Substrate	Mean number of arthropods per sample in each group												
	Collembola	Acarina	Coleoptera	Formicidae	Brachycera	Tipulidae	Psychodidae	Chironomidae	<i>Forcipomyia</i> spp.	<i>Culicoides</i> spp.	<i>Atrichopogon</i> spp.	<i>Dasyhelea</i> spp.	<i>Stylobezzia</i> spp.
Banana bracts	375	112	0	15	40	0	60	45	1	2	15	0	2
Cacao pods	12	50	42	80	20	0	0	0	4	0	1	0	0
Mushrooms	8	42	247	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Banana stems	450	120	50	25	90	0	50	55	12	0	0	20	0
Leaf mulch	202	10	0	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Moss	3	0	3	84	0	24	0	0	1	0.	0	0	0

### Acknowledgments

We thank the late Prof. Dr. L.G. Saunders, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, for the identification of the ceratopogonid midges and Mr. Edimir Ferraz for the translation of the Abstract into Portuguese.

## Literature Cited

- BILLES, D.J. 1941. Pollination of *Theobroma cacao* L. in Trinidad, B.W.I. Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago) 18(8):151 - 156.
- ENTWISTLE, P.E. 1972. Pests of cocoa. London, Longman. 779 p.
- SAUNDERS, L.E. 1959. Methods for studying *Forcipomyia* midges, with special reference to cacao pollinating species (Diptera, Ceratopogonidae). Canadian Journal of Zoology 37: 33 - 51.
- SORIA, S. de J. 1973. Locais de coleta e distribuição de *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae) relacionadas com a floração e frutificação do cacaueiro na Bahia, Brasil. Revista Theobroma (Brasil) 3(2): 41 - 49.
- \_\_\_\_\_ e WIRTH, W.W. 1974. Identidade e caracterização taxonômica preliminar das mosquinhas *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae) associadas com a polinização do cacaueiro na Bahia. Revista Theobroma (Brasil) 4(1): 3 - 12.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and BESEMER, H.A. 1978. Breeding places and sites of collection of adults of *Forcipomyia* spp. midges (Diptera, Ceratopogonidae) in cacao plantations in Bahia, Brazil: a progress report. Revista Theobroma (Brasil) 8(1): 21 - 29.
- WILLIAMS, R.W. 1966. Observations on habitats of *Culicoides* larvae in Trinidad, W.I. (Diptera, Ceratopogonidae). Annals of the Entomological Society of America 57(4): 462 - 466.
- WINDER, J.A. and SILVA, P. 1972a. Cacao pollination: Microdiptera of cacao plantations and some of their breeding places. Bulletin of Entomological Research 61: 651 - 655.
- \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. 1972b. Pesquisa sobre a polinização do cacaueiro por insetos na Bahia. Revista Theobroma (Brasil) 2(3): 36 - 46.
- \_\_\_\_\_. 1977. Field observations on Ceratopogonidae and other Diptera: Nematocera associated with cacao flowers in Brazil. Bulletin of Entomological Research 67: 57 - 63.

⊕ ⊕ ⊕



## **Porosidade de amêndoas de cacau durante o processo de secagem, em camadas finas, a 60 e 80°C<sup>1</sup>**

*Edison P. do Prado<sup>2</sup>, Tetuo Hara<sup>3</sup>, J. B. Pinheiro Filho<sup>3</sup> e José Tarcísio L. Thiébaud<sup>3</sup>*

### **Resumo**

Procurou-se caracterizar a variação da porosidade da massa de cacau recém-fermentado no decorrer da secagem em camadas finas às temperaturas do ar de 60 e 80°C, com velocidade de 35 m. min<sup>-1</sup>. As análises de regressão dos dados de porosidade em função do tempo de secagem e do teor de umidade das amêndoas indicaram que (i) existe correlação significativa entre a porosidade das amêndoas de cacau e o respectivo tempo de secagem; e (ii) a relação porosidade x teor de umidade varia com a temperatura de ar de secagem. A porosidade é mais elevada a 80°C.

*Palavras-chave:* secagem de cacau, propriedades físicas, grãos

### **Variation of cocoa bean porosity during thin layer drying at 60 and 80°C**

#### **Abstract**

The variation of mass porosity of recent fermented cocoa during thin layer drying was determined with a flow of air of 35 m. min<sup>-1</sup> and 60 and 80°C. Regression analysis was applied to the porosity data as a function of both drying time and moisture content of the beans. The results indicated that: (i) there is a significant correlation between cocoa bean porosity and the respective drying time; and (ii) the relationship between porosity and moisture content varies with the drying air temperature. The porosity is higher for the temperature of 80°C.

*Key words:* cocoa drying, physical properties, grains

### **Introdução**

Os secadores e estufas utilizados no Brasil para secagem de amêndoas de cacau são, de modo geral, obsoletos e antieconômicos. Alguns secadores de-

envolvidos para café e cereais têm sido empregados com bons resultados para cacau, embora essas máquinas apresentem certas limitações que dificultam uma aceitação generalizada (Marava-

<sup>1</sup> Parte do trabalho de Tese de Mestrado, apresentado à Universidade Federal de Viçosa (UFV), 36.570, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Divisão de Biotecnologia, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45600, Itabuna, Bahia Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Agrícola, UFV.

lhas, 1970). Estas limitações devem estar afetadas às propriedades físicas das amêndoas de cacau, uma vez que no dimensionamento daqueles equipamentos, isto não foi levado em consideração.

As características físicas das sementes, tais como: forma, tamanho, volume, densidade, porosidade, cor e aparência são importantes em problemas relacionados não só com projetos de máquinas, como também facilitam a análise do produto no que concerne ao manuseio do material (Mohsenin, 1972).

Dos parâmetros acima citados, já que, no processo de secagem das amêndoas de cacau, ocorre perda de água em torno de 50% do seu peso, é importante conhecer a porosidade na massa de grãos, em decorrência das modificações do volume e dimensões das amêndoas submetidas a tal processo.

Ghosh (1971) relata que as primeiras investigações sobre propriedades físicas referentes às amêndoas de cacau foram publicadas por Zehntner em 1914, seguidas por outros trabalhos efetuados por Kaden, Mendonça e, finalmente, Silva. Ocorre que alguns destes trabalhos objetivaram estudar a velocidade de crescimento das sementes na própria árvore.

Este trabalho teve por objetivo estudar a variação da porosidade de amêndoas de cacau recém-fermentado, em camadas finas, submetidas ao ar de secagem, às temperaturas de 60 e 80°C, com velocidade do ar de 35 m . min<sup>-1</sup> <sup>4</sup>.

<sup>4</sup>Velocidade disponível no equipamento existente e considerada aceitável para o estudo em questão.

## Material e Métodos

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizadas amêndoas de cacau, em fase final de fermentação, provenientes da Estação Experimental "Filogônio Peixoto", localizada no Município de Linhares, Espírito Santo.

As condições do ar, mantidas através de um condicionador "Aminco-Aire" 300 cfm, com 86% de umidade relativa e 23°C de temperatura, médias da região cacaueira da Bahia (Moura, 1976, informação pessoal<sup>5</sup>) foram modificadas para 60°C e 24% de umidade relativa e 80°C e 6% de umidade relativa.

As determinações da porosidade na massa granular foram feitas por meio de um picnômetro, especialmente construído para esse fim, uma vez que não se dispunha de instrumento apropriado à determinação da porosidade de amêndoas de cacau. Os dados relativos à porosidade às temperaturas de 60 e 80°C são o resultado médio de quatro determinações, em cada um dos seguintes intervalos de tempo de secagem: 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 horas para a temperatura de 80°C. Para a temperatura de 60°C, tomou-se, além desses intervalos, o tempo de secagem relativo a 11 horas.

No final de cada secagem, as amêndoas foram colocadas em dessecador, e, quando resfriadas, foram efetuadas as determinações de umidade pelo método de estufa a 110 ± 1°C, por 24 horas, utilizando-se amêndoas inteiras.

<sup>5</sup>Divisão de Climatologia, CEPEC/CEPLAC.

**Determinação da porosidade.** Para determinação da porosidade da massa granular no decorrer da secagem, construiu-se um picnômetro (Figura 1), baseado no modelo proposto por Day, citado por Mohsenin (1972), cuja descrição é a seguinte:

O picnômetro é constituído por duas camisas de cilindro, utilizadas em motor

de automóvel de 750 ml de volume cada. A tampa é dotada de junta de borracha e um tubo de cobre (5 mm de diâmetro). A junta permite fechar simultaneamente os cilindros, através de duas pinças tipo "sargento" e o tubo de cobre, constituído de uma válvula de conexão, permite ou não a passagem de ar de um cilindro ao outro. No cilindro número

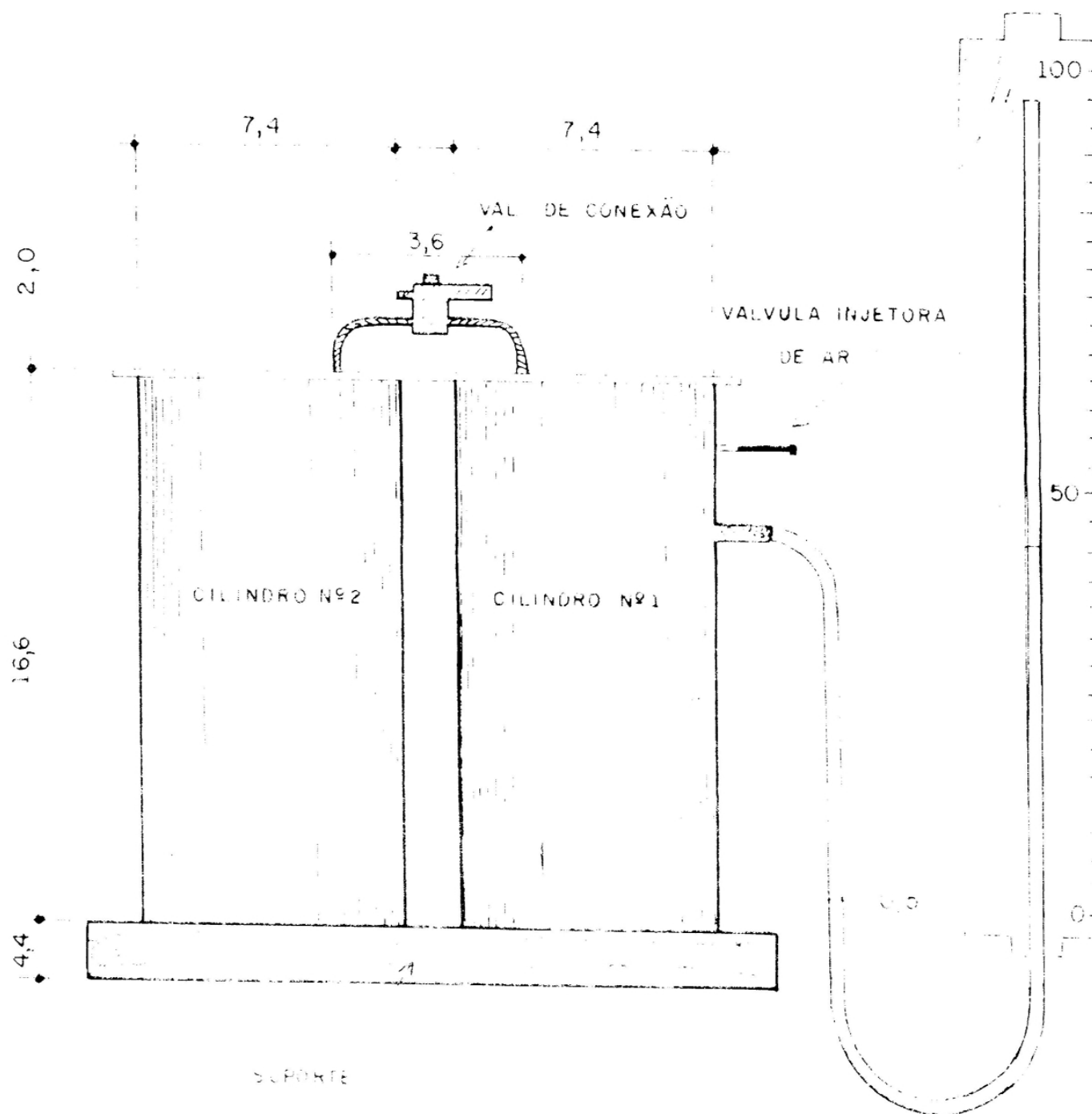


Figura 1 - Esquema do picnômetro, baseado no modelo proposto por Day. (As dimensões do desenho são dadas em cm).

1, foram adaptados um tubo de cobre (5 mm de diâmetro) para conectá-lo com o manômetro diferencial e uma válvula que permite a injeção de ar.

A pressão é lida em manômetro diferencial, utilizando-se a água como fluido, à pressão atmosférica.

**Funcionamento.** Enche-se o cilindro número 2 de grãos até o nível máximo, fecha-se a válvula de conexão e injeta-se ar no cilindro número 1 com o auxílio de uma bomba, até uma pressão equivalente a 35 cm de coluna de água. O conjunto é submerso em água, com a finalidade de manter a temperatura constante durante a operação. A pressão do ar no cilindro número 1 é definida pela equação dos gases perfeitos:

$$P_i V_1 = m R_e T \quad (1)$$

Onde,

$P_i$  = pressão inicial no cilindro número 1 (cm de coluna de água);

$V_1$  = volume de ar no cilindro número 1 (cm<sup>3</sup>);

$m$  = massa de ar no cilindro número 1 (g);

$R_e$  = constante específica do ar; e

$T$  = temperatura termodinâmica (°K).

Abre-se a válvula de conexão entre o cilindro número 1 e o cilindro número 2. Com isto, a massa  $m$  de ar é desmembrada em massa  $m_1$  no cilindro número 1 e massa  $m_2$  no cilindro número 2, ocupando, neste, o volume ( $V_2$ ) dos espaços intergranulares. Portanto:

$$m = m_1 + m_2 \quad (2)$$

Faz-se a leitura no manômetro, com a válvula de conexão aberta, e obtém-se a pressão final,  $P_f$ .

$$\text{Como } R_{e1} T_1 = R_{e2} T_2 = RT =$$

$$\text{constante, } m = \frac{R_1 V_1}{R_e T} \text{ e, de acordo}$$

com (2), pode-se escrever:

$$\frac{P_i V_1}{R_e T} = \frac{P_f V_1}{R_e T} + \frac{P_f V_2}{R_e T} \quad (3)$$

de onde se chega à fórmula da porosidade:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_i - P_f}{P_f} \quad (4)$$

## Resultados e Discussão

**Porosidade em função do tempo de secagem.** A porosidade foi determinada durante todo o período de secagem e os dados obtidos foram também analisados em função do teor de umidade das amêndoas de cacau, procedimento que certos autores como Gustafson e Hall (1972) adotaram ao secar outros tipos de grãos.

As equações de regressão de porosidade em função do tempo de secagem, são mostradas no Quadro 1.

Na Figura 2, observam-se o aumento da porosidade em função do tempo de secagem, tendendo à estabilização, nos tempos de 11 horas (60°C) e 8 horas (80°C).

Quadro 1 - Equações de regressão da porosidade de amêndoas de cacau (Z) em função do tempo de secagem (hora) e do teor de umidade (% BS) às temperaturas de 60 e 80 °C.

Temperatura °C	Equações	Coefficiente de determinação
Tempo de secagem		
60	$\hat{Y} = 47,50959 (X)^{0,04095}$	$R^2 = 0,93$
80	$\hat{Y} = 49,56693 (X)^{0,04095}$	
Teor de umidade		
60	$\hat{Y} = 54,0655 (0,9978)^X$	$R^2 = 0,94$
80	$\hat{Y} = 54,0655 (0,9981)^X$	

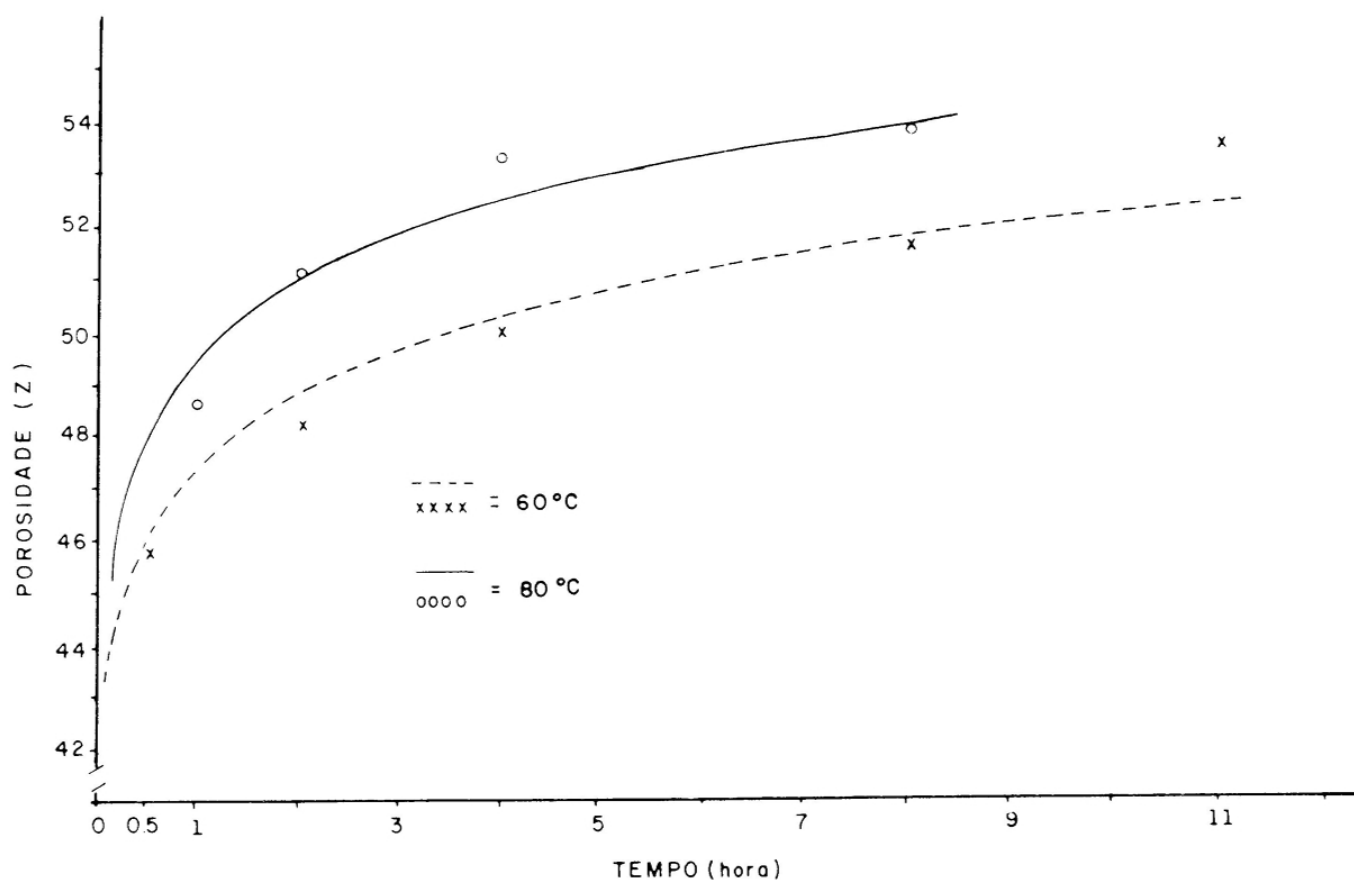


Figura 2 - Variação da porosidade com o tempo de secagem do cacau recém-fermentado, às temperaturas de 60 e 85°C e velocidade do ar de secagem de 35 m. min<sup>-1</sup>.



Do aumento da porosidade no decorrer da secagem das amêndoas de cacau, infere-se que a resistência ao fluxo de ar diminui, o que reforça as conclusões de Bravo e McGraw (1974). Portanto, a vazão de ar deverá aumentar, durante o período de secagem.

Além de oferecer menor resistência ao fluxo de ar, a massa de amêndoas deverá determinar maior superfície de exposição, o que poderá afetar a razão de secagem. Este efeito, entretanto, dependerá também da resistência interna à movimentação da água.

**Porosidade em função do teor de umidade.** As equações de regressão de porosidade, em função do teor de umidade, são mostradas no Quadro 1.

Na Figura 3 observa-se que, no período estudado, para ambas as temperaturas do ar de secagem (60 e 80°C), não se verificou tendência à estabilização da porosidade em função do tempo de secagem, talvez porque a camada de mucilagem (goga) permanece nas sementes mesmo depois de secas. A mesma figura permite visualizar que os acréscimos de porosidade bem como os decréscimos dos teores de umidade são mais acentuados para a temperatura do ar de secagem a 80°C do que para a de 60°C. Esta observação poderá contribuir para a seleção da temperatura mais conveniente sob o ponto de vista da porosidade.

O desenvolvimento do estudo da relação entre porosidade e teor de umida-

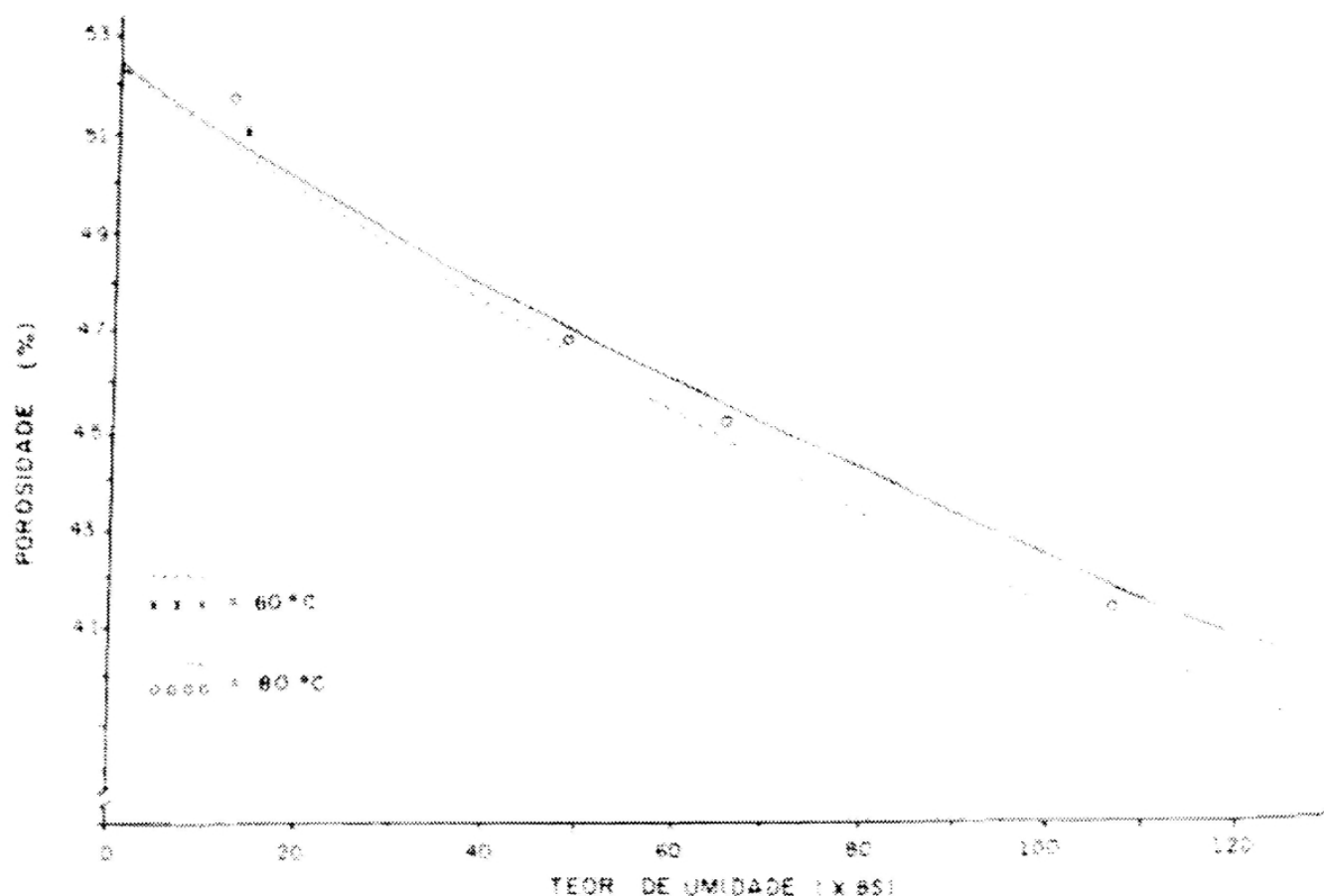


Figura 3 - Variação da porosidade com o teor de umidade (percentual de base seca) sob duas condições de temperaturas (60 e 80°C) e velocidade do ar de secagem de 35 m. min<sup>-1</sup> de cacau recém-fermentado.

de que corresponda a uma porosidade adequada poderá ser muito útil para aprimorar os modelos matemáticos que poderão dar subsídios à simulação da secagem de cacau.

Bravo e McGraw (1974) observaram uma correlação entre a modificação da forma, dimensões das amêndoas de cacau e a variação do teor de umidade. Como no presente trabalho se verificou, igualmente, correlação entre porosidade e teor de umidade no decorrer da secagem, espera-se uma significativa correlação entre a porosidade e o tamanho das amêndoas. Assim sendo, é provável existirem curvas de porosidade diferentes para híbridos de cacau, com forma e dimensões também diferentes. O mesmo raciocínio poderá ser esten-

dido às várias épocas de colheita de um mesmo híbrido.

O picnômetro utilizado no presente trabalho poderá ser útil para a determinação de porosidade de sementes e grãos, tanto para fins de secagem como de armazenamento, por ser de construção simples e de baixo custo.

### Conclusões

1. Existe correlação significativa entre a porosidade das sementes de cacau e o respectivo tempo de secagem;
2. A relação porosidade x teor de umidade varia com a temperatura do ar de secagem. A porosidade é mais elevada para 80°C.

### Literatura Citada

- BRAVO, A. and MCGRAW, D.R. 1974. Fundamental artificial drying characteristics of cocoa beans. *Tropical Agriculture (Trinidad and Tobago)* 51: 395 - 406.
- GHOSH, B.N. 1972. Engineering aspects of cocoa drying in Brasil. *Revista Theobroma (Brasil)* 2 (4): 23 - 37.
- GUSTAFSON, R.J. and HALL, G.E. 1972. Density and porosity changes of shelled corn during drying. *Transactions of the ASAE*. 1972: 523 - 525.
- MARAVALHAS, N. 1968. Secagem mecânica do cacau fermentado; novos tipos de secadores. *Cacao (Costa Rica)* 13(1): 13 - 18.
- MOHSEIN, N.N. 1972. *Physical properties of plant and animal material*. New York, Gordon and Breach Science Publishers. 734 p.

⊕ ⊕ ⊕

## Características físico-hídricas do solo relacionadas com a absorção de água pelo cacaueiro<sup>1</sup>

Antonio Cadima Z.<sup>2</sup> e Zilmar Z. Marcos<sup>3</sup>

### Resumo

Variações na umidade volumétrica do solo foram medidas através de nove amostragens realizadas a diferentes profundidades e distâncias do cacaueiro e após submeter o solo a completa saturação com água. A área experimental, localizada em solo Cepec (Typic Tropudalf) e composta de seis cacaueiros, foi separada das contíguas por uma valeta e sua superfície coberta com plástico preto. Menores teores de umidade foram verificados na camada 0-30 cm, sofrendo reduções acentuadas com o tempo em decorrência da maior atividade do sistema radicular do cacaueiro. Maiores conteúdos de umidade foram registrados na camada de 30-60, na qual foram constatadas também maiores percentagens de argila e valores mais altos de densidade aparente. Na camada de 60-90 cm, a umidade manteve-se numa situação intermediária quando em confronto com as anteriores. Não foram observadas diferenças entre as distâncias comparadas (30, 50 e 100 cm), indicando possivelmente uma atividade uniforme do sistema radicular do cacaueiro notadamente na camada superficial do solo (0-30 cm).

**Palavras-chave:** *Theobroma cacao*, sistema radicular, características físicas, solo, absorção de água

### Soil physical characteristics and water absorption by cacao

#### Abstract

In a cacao plantation on Cepec soil (Typic Tropudalf) a block of six trees was isolated by a trench of 0.70 m wide and 2.00 m depth. The soil was wetted until it became saturated, then the surface and walls were completely covered with sheets of black polythene in order to prevent evaporation. Two days later, soil samples were taken to measure the moisture at 30, 50 and 100 cm from each cacao trunk and at depths of 0-30 cm, 30-60 cm and 60-90 cm. Subsequently, samples were taken weekly for eight weeks. On each occasion the holes in the plastic cover were closed with pieces of the same polythene and plastic cement. The moisture content was found to be lower in the top layer (0-30 cm) but this decreased with time more than in the other layers as a result of higher root activity. The highest moisture content was at 30-60 cm and in this layer both higher percentages of clay and high bulk density were recorded. In the

<sup>1</sup>Parte do trabalho de tese "Variação de absorção de água do solo pelo cacaueiro (*Theobroma spp.*)", apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), para obtenção do título de Mestre em "Solos e Nutrição de Plantas".

<sup>2</sup>Divisão de Geociências, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, ESALQ/USP.

deeper layer the moisture content was intermediate to the other layers. In general, no differences were recorded with regard to the distance from the trunk, suggesting uniform root activity, especially in the 0–30 cm layer.

**Key words:** *Theobroma cacao*, root system, physical characteristics, soil, water absorption

### Introdução

O cacaueiro é extremamente sensível à falta de água e tanto as respostas fisiológicas como a produção são limitadas quando os teores de água no solo situam-se abaixo de 60–70% do volume de água disponível (Alvim, 1959). É evidente, portanto, a importância de pesquisas que caracterizem melhor as distâncias e profundidades onde se processa maior absorção de água por parte do cacaueiro.

Investigando a influência da eritrina (*Erythrina glauca* L.) sobre algumas propriedades do solo e na produção do cacaueiro, verificou-se que, na camada de 0 a 30 cm, a umidade é maior em pontos próximos do tronco da eritrina do que em pontos afastados, acontecendo o contrário quando consideradas as camadas 30 a 60 e 60 a 90 cm (Cadima e Alvim, 1967).

A absorção de água pelo cacaueiro deve estar relacionada com a distribuição de raízes no volume de solo explorado e, nesse sentido, tem sido verificado, no Sul da Bahia, que a maior concentração de raízes ocorre na camada superficial (0–30 cm) e que três tipos de ramificações podem ser observados, a saber: a) raízes laterais superficiais; b) raízes laterais intermediárias, que tendem a se dirigir para cima ou para baixo e c) a raiz pivotante, que atinge geralmente o horizonte C dos solos mais jovens. (Cadima, 1970).

Por outro lado, medindo os efeitos da drenagem sobre a produção do cacaueiro, foi verificado que plantas em solos com drenagem impedida produziram bem menos que aquelas em que foi procedida a drenagem moderada do solo e que produziram 70–80% a mais que na situação anterior (Cadima e Alvim, 1972).

No presente trabalho, são apresentadas as medições de umidade gravimétrica, realizadas após saturação e em amostras de solos coletados a diferentes profundidades e distâncias do cacaueiro.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, em solo da série Germoplasma (Typic Tropudalf). Na classificação de Thornthwaite, o clima seria definido pela fórmula  $B_1 rA' a'$ , com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico, com concentração no verão e evapotranspiração potencial menor que 48% (Silva e Melo, 1970).

Os cacaueiros utilizados foram escolhidos dentro de um ensaio de competição de variedades com cacaueiros híbridos, resultando estes últimos de cruzamentos controlados entre clones locais do complexo Amazônico x Trinitários (UF-613) e Crioulos (DR-2). A área experimental constou de seis cacaueiros com 10 anos de idade, espaça-

dos de 3 metros e perfazendo 54 m<sup>2</sup> (6 x 9 m). Para separar estas plantas dos demais cacaueteiros, abriu-se uma valeta com 70 cm de largura e 2 m de profundidade (Figura 1). Para fins de identificação, as plantas de um lado receberam os números ímpares (1, 3 e 5) e as do

outro, os números pares (2, 4 e 6). A área assim isolada foi irrigada até a completa saturação, cobrindo-se posteriormente a sua superfície e paredes laterais do bloco com polietileno preto. Semanalmente, coletaram-se amostras de solo em volta dos cacaueteiros, nas dis-

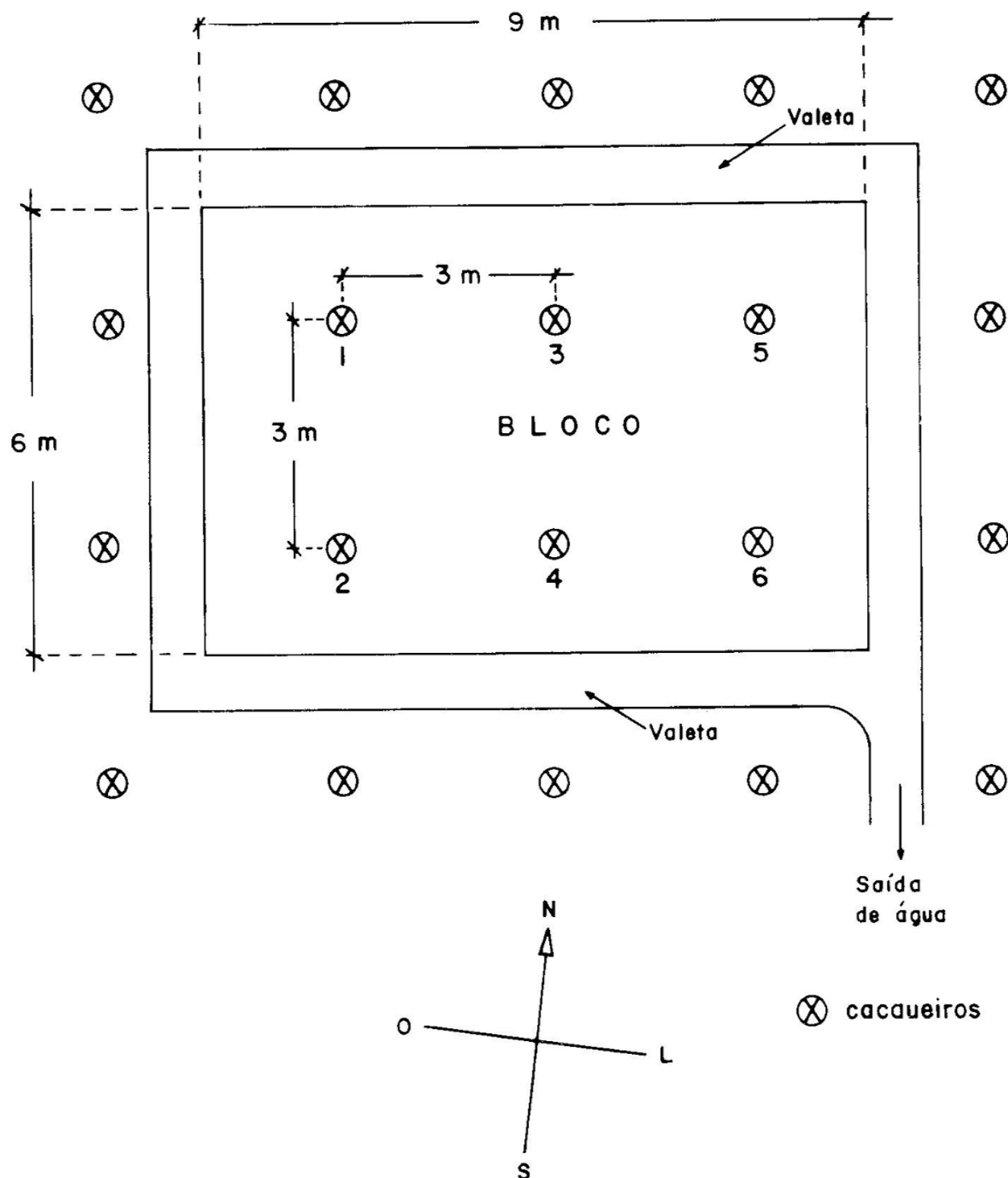


Figura 1 – Localização e orientação dos cacaueteiros na área experimental.



tâncias de 30, 50 e 100 cm e nas profundidades de 0–30; 30–60 e 60–90 cm.

A primeira amostragem foi procedida 2 dias após a saturação e as seguintes, semanalmente, até completar oito amostragens consecutivas, a partir do dia 30 de julho de 1973.

As amostras foram retiradas obedecendo-se a uma disposição radial em torno de cada cacaueteiro e utilizando-se o trado sonda "CEPEC" descrito por Cadima (1973). Antes de cada amostragem, o plástico foi furado a fim de possibilitar a retirada das amostras. Posteriormente, o buraco feito no plástico foi vedado com o mesmo material, utilizando-se cola interna e externamente.

As amostras foram acondicionadas em latas fechadas, registrando-se as pesagens antes e depois de proceder a secagem a 105–110°C para determinação da umidade gravimétrica em %. Posteriormente, calculou-se a umidade volumétrica utilizando-se a densidade do solo.

Para fins de interpretação estatística, foram realizadas análises de variância para os resultados de cada coleta, realizando-se também a análise conjunta para as nove amostragens. Para efeito de comparação entre médias, utilizou-se o teste de Tukey.

A densidade aparente do solo foi determinada em amostras não alteradas e coletadas nas mesmas profundidades através do anel de Kopecky (50 cm<sup>3</sup>). Para determinar a densidade das partículas, empregou-se o método do picnômetro descrito por Blake (1965) e, na análise do tamanho de partículas,

utilizou-se o método da pipeta, segundo técnica descrita por Grohmann e Rajj (1973).

### Resultados e Discussão

As análises granulométricas das amostras coletadas para cada um dos seis cacaueteiros evidenciam em média textura franco argilosa na camada 0–30 cm e argilosa nas camadas 30–60 e 60–90 cm (Quadro 1). Observa-se ainda que as amostras relativas aos cacaueteiros 1, 3 e 5 apresentam menores percentagens de argila na camada de 60–90 cm, quando em confronto com a profundidade de 30–60 cm. Todavia, nas amostras dos cacaueteiros 2, 4 e 6, há uma tendência para ocorrerem maiores percentagens de argila na camada 60–90 cm do que na camada 30–60 cm. Isto decorre possivelmente da retirada de amostras em horizontes diferentes prolongando-se até o C nos cacaueteiros 1, 3 e 5 e apenas B<sub>3</sub> nos cacaueteiros 2, 4 e 6.

Os dados relativos à densidade do solo evidenciaram valores menores na camada 60–90 cm nos cacaueteiros 1, 3 e 5, quando em confronto com a camada de 30–60 cm, ocorrendo o contrário nos cacaueteiros 2, 4 e 6, corroborando, assim, os resultados da análise granulométrica (Quadro 1). Em média, a densidade aparente na camada 60–90 cm é menor que na camada 30–60 cm, ocorrendo a mesma tendência com a densidade real das partículas (Quadro 1).

De modo geral e junto aos cacaueteiros 1, 3 e 5, a porosidade total é maior na camada 0–30 cm (Quadro 1), sendo também maior na camada 60–90 cm que na camada 30–60 cm. Junto dos cacaueteiros 2, 4 e 6, ocorre justamente o

Quadro 1 - Algumas propriedades físicas do solo determinada em amostras coletadas próximo dos cacauzeiros a diferentes profundidades.

Cacauzeiros	Profundidade (cm)	Análise granulométrica				$D_s^a$ g/cm <sup>3</sup>	$D_p^b$ g/cm <sup>3</sup>	Porosidade total %
		Areia grossa %	Areia fina %	Limo (silte) %	Argila %			
1	0 - 30	13,0	34,0	18,8	34,2	1,30	2,84	54,2
	30 - 60	2,0	41,4	12,3	44,3	1,48	2,77	46,6
	60 - 90	6,0	44,1	17,4	32,5	1,36	2,74	50,4
3	0 - 30	12,0	34,0	19,0	35,0	1,12	2,93	61,8
	30 - 60	1,0	29,8	16,2	53,0	1,27	2,75	53,9
	60 - 90	2,0	31,0	18,1	48,9	1,19	2,75	56,7
5	0 - 30	10,0	31,6	19,3	39,1	1,39	2,89	51,9
	30 - 60	3,0	23,5	20,0	53,5	1,32	2,90	54,5
	60 - 90	4,0	28,0	23,8	44,2	1,23	2,84	56,7
Médias	0 - 30	11,6	33,2	19,0	36,1	1,27	2,88	55,9
	30 - 60	2,0	31,5	16,1	50,2	1,35	2,80	51,6
	60 - 90	3,0	34,5	19,7	41,8	1,26	2,77	54,6
2	0 - 30	14,0	32,4	19,1	34,5	1,16	2,88	59,7
	30 - 60	6,0	12,8	29,2	52,0	1,15	2,79	58,8
	60 - 90	6,0	20,8	14,6	58,6	1,20	2,84	57,7
4	0 - 30	13,0	34,6	17,7	34,7	1,15	2,91	60,5
	30 - 60	3,0	29,8	12,6	54,7	1,24	2,79	55,6
	60 - 90	1,0	39,6	16,1	43,3	1,24	2,70	53,7
6	0 - 30	8,0	33,4	20,8	37,8	1,24	2,90	57,2
	30 - 60	4,0	30,2	21,7	44,1	1,27	2,81	54,8
	60 - 90	3,0	30,2	16,2	50,6	1,33	2,75	51,6
Médias	0 - 30	11,6	33,4	19,2	35,6	1,18	2,89	59,1
	30 - 60	4,3	24,3	21,1	50,2	1,22	2,79	56,4
	60 - 90	3,3	30,2	15,6	50,8	1,26	2,76	54,3

<sup>a</sup> Densidade do solo

<sup>b</sup> Densidade das partículas

contrário, indicando assim diferenças consistentes entre os pontos com cacauzeiros pares e ímpares. Os teores de umidade evidenciaram maiores percentagens na camada de 30 a 60 cm (Quadro 2), em estreita associação com a maior percentagem de argila encontrada nessa camada.

A análise de variância para cada amostragem e para o conjunto das 9 amostragens, apresentou efeitos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) para profundidades e nenhum efeito para distâncias do tronco ou a interação distância x profundidade (Quadro 3). Observa-se ainda que os efeitos para o fator profundidade aumentam com o decorrer do tempo e que os coeficientes de variação calculados para cada semana variavam de 7,79 a 10,84%.

Acredita-se que a diminuição da umidade nas camadas 0–30 e 60–90 esteja relacionada, no primeiro caso, com a maior atividade do sistema radicular na

camada superficial conforme verificado por Cadima (1970). Na camada inferior (60–90 cm), os menores conteúdos de argila condicionariam uma menor retenção de água e, conseqüentemente, uma drenagem mais livre.

A análise de variância para os dados relativos aos cacauzeiros ímpares (1, 3 e 5) e pares (2, 4 e 6) evidenciou que, no primeiro caso, ocorreram efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) tanto para a variável profundidade como para a variável distância do tronco do cacauzeiro. No caso das plantas pares, todavia, somente ocorreram efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) para a profundidade.

A comparação das médias globais do conteúdo de umidade de diferentes profundidades, utilizando-se o teste de Tukey, mostrou que os conteúdos de umidade na camada 30–60 cm foram sensivelmente superiores aos das camadas 0–30 cm e 60–90 cm (Quadro 4).

Quadro 2 - Variação nos teores de umidade volumétrica do solo (%) com o decorrer do tempo e a diferentes profundidades e distâncias do cacauzeiro (média de seis plantas).

Distâncias do tronco (cm)	Profundidade (cm)	Semanas de amostragem								
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª
30	0 – 30	51,36	45,42	44,51	41,98	39,16	37,98	36,48	35,97	35,42
	30 – 60	55,69	52,05	51,31	50,62	50,49	49,00	48,04	47,81	47,64
	60 – 90	50,22	46,82	45,12	43,20	41,92	41,05	40,96	40,34	40,07
50	0 – 30	50,32	44,35	43,37	41,32	39,76	37,74	35,71	35,31	34,36
	30 – 60	55,09	52,29	50,52	48,52	45,69	45,60	45,21	45,34	45,11
	60 – 90	51,10	47,23	44,22	43,20	41,75	40,78	39,93	39,58	39,23
100	0 – 30	48,68	41,89	39,51	39,44	36,74	35,96	35,82	35,21	34,59
	30 – 60	55,03	53,21	50,19	49,06	47,69	47,19	46,55	46,27	46,06
	60 – 90	51,04	47,87	42,87	40,61	39,54	39,07	38,34	38,26	38,12

Quadro 3 - Coeficiente de variação e análise de variância para os dados de umidade volumétrica do solo medidas semanalmente.

Semanas de amostragem	Causas de variação	G. L.	F	C. V.
1ª 30/7	Profundidade	2	8,56 **	7,79
	Distância	2	0,20 NS	
	Interação	4	0,28 NS	
2ª 6/8	Profundidade	2	18,89 **	8,91
	Distância	2	0,05 NS	
	Interação	4	0,64 NS	
3ª 13/8	Profundidade	2	13,85 **	10,84
	Distância	2	1,48 NS	
	Interação	4	0,29 NS	
4ª 20/8	Profundidade	2	21,97 **	9,56
	Distância	2	1,71 NS	
	Interação	4	0,32 NS	
5ª 27/8	Profundidade	2	28,10 **	8,48
	Distância	2	1,89 NS	
	Interação	4	0,94 NS	
6ª 3/9	Profundidade	2	38,13 **	8,48
	Distância	2	1,41 NS	
	Interação	4	0,56 NS	
7ª 10/9	Profundidade	2	45,44 **	8,29
	Distância	2	1,31 NS	
	Interação	4	0,36 NS	
8ª 17/9	Profundidade	2	55,38 **	7,88
	Distância	2	1,19 NS	
	Interação	4	0,25 NS	
9ª 24/9	Profundidade	2	61,32 **	7,84
	Distância	2	1,31 NS	
	Interação	4	0,22 NS	
1ª a 9ª semana	Profundidade	2	31,79 **	
	Distância	2	1,06 NS	
	Interação	4	0,25 NS	

NS Não significativo

\*\* Significativo a 1% de probabilidade

Quadro 4 - Médias globais da umidade volumétrica do solo para as diferentes profundidades (média de três distâncias) em solos cultivados com cacaueiros.

Semana de amostragem	Profundidade (cm)			Tukey 5%
	0 - 30	30 - 60	60 - 90	
1 <sup>a</sup>	50,1499	55,2710	50,75605	3,2912
2 <sup>a</sup>	43,8833	52,5660	47,3066	3,4619
3 <sup>a</sup>	42,4633	50,6727	44,0699	4,0220
4 <sup>a</sup>	40,5833	49,4027	42,3633	3,4229
5 <sup>a</sup>	38,5544	48,0205	41,0716	3,1819
6 <sup>a</sup>	37,2416	47,2633	40,2988	2,8615
7 <sup>a</sup>	36,0044	46,6016	39,7216	2,7439
8 <sup>a</sup>	35,4366	46,4733	39,3927	2,5850
9 <sup>a</sup>	34,7938	46,2794	39,1422	2,5476
Média	39,90	49,17	42,68	2,9010

Observa-se ainda que, embora havendo uma redução geral nos teores de umidade com o decorrer do tempo, a redução é bem mais acentuada na camada 0-30 cm.

A Figura 2 mostra as reduções na umidade do solo com o decorrer do tempo e que tiveram lugar a diferentes profundidades e distâncias do cacaueiro e as equações de regressão que melhor atendem à distribuição de pontos. Observa-se que, em todos os casos, a equação polinomial quadrática de segundo grau atende satisfatoriamente (os coeficientes de determinação situaram-se na faixa 93,8% a 99,1%) e mostra nitidamente menores conteúdos de umidade na profundidade de 0-30 cm, na qual também se processam maiores reduções com o decorrer do tempo.

A Figura 3 mostra a relação entre os valores médios de umidade do solo com a densidade aparente e os teores de argila para os cacaueiros ímpares e pares,

respectivamente. Observa-se que, no primeiro caso, os teores de umidade se correlacionam satisfatoriamente com a densidade aparente e também com as percentagens de argila encontradas nas diferentes profundidades. Embora, no caso dos cacaueiros pares, essa associação persista, mostra uma situação diferente, principalmente na camada 60-90 cm, em que foram encontrados maiores conteúdos de umidade e de argila do que no caso dos cacaueiros ímpares.

Os resultados experimentais ora discutidos permitem que sejam estabelecidas as seguintes conclusões:

1. As reduções acentuadas na umidade do solo na camada de 0-30 cm estão relacionadas com a maior atividade do sistema radicular do cacaueiro;

2. Existe uma relação estreita entre os teores de umidade encontrados na camada 30-60 cm com a densidade aparente e percentagens de argila.



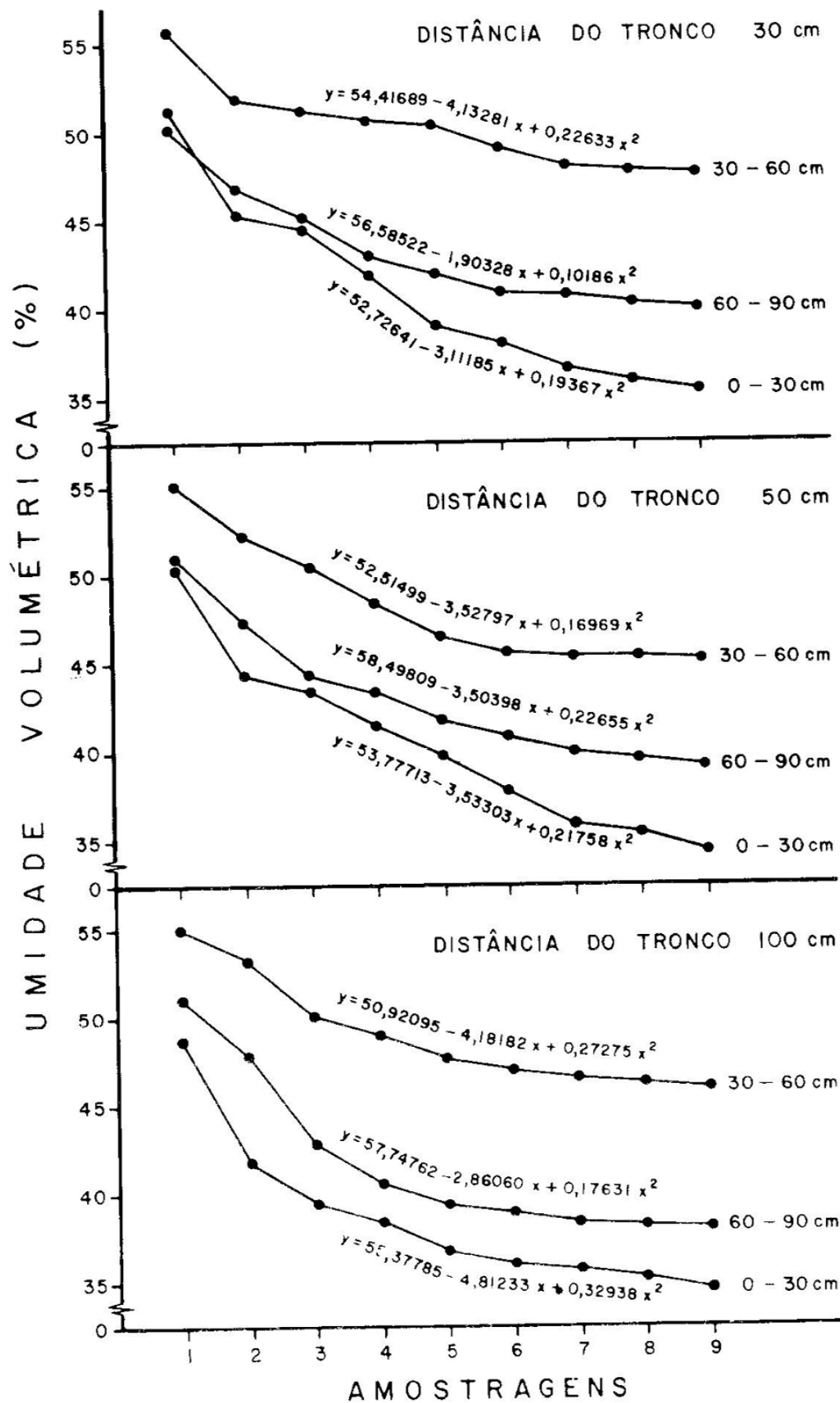


Figura 2 — Variação da umidade do solo com o decorrer do tempo a diferentes profundidades e distâncias do cacauueiro.

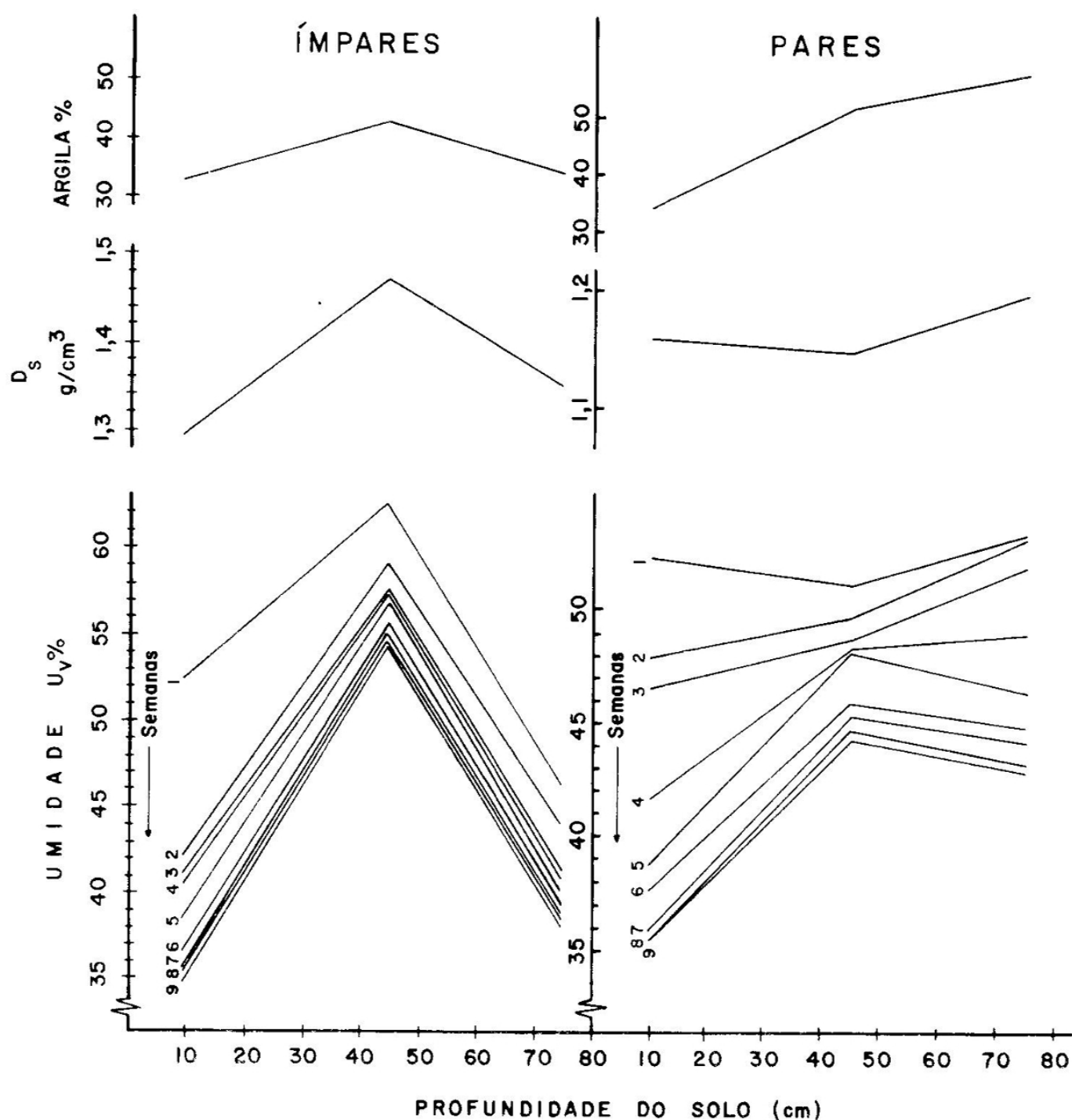


Figura 3 – Variação da umidade volumétrica do solo a diferentes profundidades e seu relacionamento aparente e percentagem de argila (cacaueiros pares e ímpares).

### Literatura Citada

- ALVIM, P. de T. 1959. Water requirements of cacao. In FAO Technical Cacao Meeting, 1st, Accra, Ghana, 1959. Lima, IICA. pp. 79 - 93.
- BLAKE, G.R. 1965. Particle density. In Black, C.A., ed. Methods of soils analysis. Madison, WI, American Society of Agronomy. v. 1. pp. 371 - 373.
- CADIMA Z., A. y ALVIM, P. de T. 1967. Influência del arbol de sombra *Erythrina glauca* sobre algunos factores edafologicos relacionados con la producción del cacaotero. Turrialba (Costa Rica) 17(3): 330 - 336.

- CADIMA Z., A. 1970. Estudo do sistema radicular do cacaueiro em alguns tipos de solos da região cacaueira do Sul da Bahia. Ilhéus, BA, Brasil. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n.º 5. 31 p.
- \_\_\_\_\_ y ALVIM, P. de T. 1972. Efectos del drenage sobre la producción del cacaotero. Revista Theobroma (Brasil) 2(2): 27 - 32.
- \_\_\_\_\_ . 1973. Sonda CEPEC, para retirada de amostras de solos a diferentes profundidades. Revista Theobroma (Brasil) 3(4): 45 - 47.
- GROHMANN, F. e RAIJ, B. van. 1973. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 14.º, Santa Maria, RS, Brasil, 1973. Anais. Santa Maria, s.e. pp. 123 - 132.
- SILVA, L.F. da e MELO, A.A.O. de. 1970. Levantamento detalhado dos solos do Centro de Pesquisas do Cacau. Ilhéus, BA, Brasil. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n.º 1. 86 p.



## **Condutividade hidráulica de um Latossol Vermelho-Amarelo (Haplustox) em condições de campo<sup>1</sup>**

*A. Cadima Z.<sup>2</sup>, K. Reichardt<sup>3</sup> e P.L. Libardi<sup>4</sup>*

### **Resumo**

Utilizando-se o método do perfil instantâneo, foi determinada a condutividade hidráulica de um Latossol arenoso (Haplustox) no próprio campo. Empregaram-se três parcelas de 5 x 5 m, localizadas na área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. O potencial matricial da água no solo foi obtido através de tensiômetros instalados às profundidades de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 e 135 cm. A umidade volumétrica do solo foi calculada a partir das leituras dos tensiômetros quando em confronto com as curvas de retenção, elaboradas após submeter amostras não alteradas a diferentes tensões. Grande variabilidade nos valores de condutividade hidráulica foram encontrados entre as parcelas e principalmente nas camadas superficiais do solo. Resultados das camadas mais profundas (> 0,75 m), todavia, apresentaram menor variabilidade e poderão ser utilizados com certa segurança para estimar os fluxos de água quando for determinado o balanço hídrico. Nas camadas superficiais, a magnitude da variabilidade horizontal e vertical limitam a obtenção de valores médios representativos.

*Palavras-chave:* solo, condutividade hidráulica

### **Field hydraulic conductivity in a Haplustox soil**

#### **Abstract**

The hydraulic conductivity in a Haplustox soil (Sandy Latossol), was measured using the instantaneous profile method under field conditions. Three plots of 5 m x 5 m were set out at the experimental area of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, Brazil. The matric suction was measured by setting tensiometers at depths of 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 and 135 cm and the readings were compared to the water retention curves (undisturbed samples) in order to calculate the moisture as a volume and at different pressures.

<sup>1</sup>Trabalho realizado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, SP, subvencionado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

<sup>2</sup>Divisão de Geociências, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45600, Itabuna, Bahia, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Física e Meteorologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

<sup>4</sup>Pesquisador bolsista do CNPq, Piracicaba, SP.

The results of these experiments showed a very high variability, especially in the top layers. Variability decreased with increasing depth and below 0.75 m there was greater uniformity. Measurements in those layers could be used to evaluate water flux and also hydric balances. Additionally, in surface layers, the magnitude of the variability, both horizontal and vertical limited the attainment of average representative values.

*Key words: soil, hydraulic conductivity*

### Introdução

A quantificação do movimento da água no solo pode ser obtida pela equação de Darcy, que relaciona o fluxo de água com a força responsável pelo seu movimento, utilizando uma constante de proporcionalidade que corresponde à condutividade hidráulica. Esta propriedade do solo é de grande relevância nos trabalhos de irrigação e drenagem, bem como em levantamentos agrometeorológicos.

Os primeiros métodos desenvolvidos para determinar a condutividade hidráulica foram de laboratório, utilizando-se inicialmente amostras de solo alteradas e evoluindo-se posteriormente para a utilização de amostras com estrutura não alterada. Na prática, todavia, o próprio processo de amostragem causa perturbações no arranjo poroso do solo, evidenciando, portanto, a necessidade de se executar essas medições no próprio campo. O método mais empregado atualmente é o do perfil instantâneo, utilizado inicialmente para condições de laboratório por Richards et al (1953) e adaptado posteriormente para condições de campo por Richards, Gardner e Ogata (1956) e Ogata e Richards (1957).

Subseqüentemente, incluiu-se o uso da sonda de neutrons para determinar a umidade (Nielsen et al, 1964), tendo sido então utilizado este método extensivamente, entre outros por Rose, Stern

e Drumond (1965), Hillel, Krentos e Stylianou (1972), Cho et al (1976?), Vachaud et al (1977), Reichardt e Libardi (1974), Grohmann, Brunini e Reichardt (1976) e Saunders, Libardi e Reichardt (1978).

O presente trabalho objetivou determinar a condutividade hidráulica de um Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (Haplustox) utilizando-se o método do perfil instantâneo.

### Material e Método

O experimento foi conduzido na fazenda Sertãozinho, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. O local foi delimitado numa área praticamente plana, que vinha sendo utilizada com culturas anuais e recebendo cultivos normais até a profundidade máxima de 30 cm. Demarcaram-se então três parcelas experimentais (niveladas) com dimensões de 5 x 5 m cada e separadas entre si por 8,3 m. Nos quatro lados das parcelas, foram levantados camalhões com 30 cm de altura para possibilitar o acúmulo de água. No interior de cada parcela, instalaram-se tensiômetros construídos com tubos de vidro e mercúrio para proceder medições nas profundidades de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 e 135 cm.

A infiltração foi efetuada colocando-se nas parcelas uma lâmina de água de



aproximadamente 15 cm durante 2 horas consecutivas. A fim de calcular a condutividade em condições de saturação, foram inseridos, em dois pontos de cada parcela, e até 20 cm de profundidade, cilindros de PVC com 30 cm de diâmetro e 40 cm de altura. Subseqüentemente, cobriram-se as parcelas com uma lâmina de polietileno preto de 40 m<sup>2</sup> a fim de medir a condutividade hidráulica não saturada utilizando-se o método do perfil instantâneo descrito por Cho et al (1977?).

Por tratar-se de um solo de textura média (franco argilo arenoso), as leituras dos tensiômetros nas duas primeiras horas foram feitas de 15 em 15 minutos e, subseqüentemente, de hora em hora, até completar o primeiro dia. A partir daí, procederam-se leituras diárias, evoluindo-se, finalmente, para leituras semanais.

As curvas de retenção de água foram medidas em amostras de solo não alteradas e coletadas em duas trincheiras abertas entre as parcelas. Para tensões no intervalo 0-200 cm de água, utilizou-se um funil de placa porosa e, para as tensões de 300, 500 e 800 cm de água, empregou-se um extrator de membrana.

**Teoria.** A equação de Darcy permite o cálculo do fluxo de água no solo e corresponde ao produto da condutividade hidráulica pelo gradiente de potencial conforme discriminado na equação seguinte:

$$q = - K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial z} \quad (1)$$

onde  $q$  = fluxo de água (L.T<sup>-1</sup>);  $K(\theta)$  = condutividade hidráulica do solo (L.T<sup>-1</sup>)

que é função de seu conteúdo de água  $\theta$  (L<sup>3</sup>.L<sup>-3</sup>);  $\Psi$  = potencial total de água no solo (L) e  $z$  = coordenada vertical de posição (L).

Combinando a equação de Darcy com a equação da continuidade, obtém-se a equação que descreve o movimento de água no solo;

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial z} \right] \quad (2)$$

No procedimento de Hillel, Krentos e Stylianou (1972) para o cálculo de  $K(\theta)$ , a integral da equação (2) é aproximada por uma somatória da seguinte maneira:

$$q_L = \int_0^L \frac{\partial \theta}{\partial t} \cdot dz \approx \sum_{i=1}^n \frac{\partial \bar{\theta}_i}{\partial t} \cdot \Delta z \quad (3)$$

Nesta equação (3),  $\bar{\theta}_i$  ( $= \bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \bar{\theta}_3, \dots, \bar{\theta}_n$ ) são as unidades médias das camadas de solo  $\Delta z$ , o índice  $i$  ( $= 1, 2, 3, \dots, n$ ) representa as camadas a partir da superfície e  $L = n\Delta z$ . Assim, medindo-se  $\theta$  em função de  $z$  e  $t$ ,  $q_L$  é facilmente determinado, calculando-se  $\frac{\partial \theta}{\partial t}$  a partir de gráficos de  $\theta$  versus  $t$  para cada camada.

A modificação introduzida por Cho et al (1977?) consistiu apenas em verificar que

$$q_L = \sum_{i=1}^n \frac{\partial (\bar{\theta}_i \Delta z)}{\partial t} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial W_i}{\partial t} = \frac{\partial W_L}{\partial t} \quad (4)$$

sendo  $W_i$  ( $= W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ ) as quantidades de água armazenada pelas diversas camadas e  $W_L$  a quantidade de água armazenada pelo solo da superfície até a profundidade  $L$ . Nestas circunstâncias a equação (2) se torna:

$$[K(\theta)]_L = \frac{\frac{\partial W_L}{\partial t}}{\left(\frac{\partial \Psi}{\partial z}\right)_L} \quad (5)$$

Deste modo, ao invés de se calcular  $\partial\theta/\partial t$  para cada camada nos diversos tempos, calcula-se diretamente  $\partial W_L/\partial t$  a partir de  $W_L$  versus  $t$ .

No presente trabalho, os valores de  $\partial\Psi/\partial z$ , para as diversas profundidades foram obtidos a partir das leituras dos tensiômetros através do processo de diferenças finitas e utilizando-se a equação seguinte:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z}\right) &\simeq \left[\frac{\Delta \Psi}{\Delta z}\right]_L \\ &= \frac{\Psi_{L-15} - \Psi_{L+15}}{30} \end{aligned} \quad (6)$$

Para as profundidades extremas, utilizaram-se equações específicas. No caso de  $z = 15$  cm, usou-se a seguinte:

$$\left[\frac{\Delta \Psi}{\partial z}\right]_L = \frac{\Psi_L - \Psi_{L+15}}{15} \quad (6a)$$

enquanto que para  $z = 135$  cm, empregou-se:

$$\left[\frac{\Delta \Psi}{\partial z}\right]_L = \frac{\Psi_{L-15} - \Psi_L}{15} \quad (6b)$$

A variação do armazenamento com o tempo ( $\partial W/\partial t$ ) para tempos e profundidades diversas foi determinada traçando-se as tangentes às curvas de armazenamento versus tempo, que foram obtidas a partir dos perfis de umidade elaborados utilizando-se as leituras dos tensiômetros e as curvas de retenção para cada profundidade.

## Resultados e Discussão

As umidades volumétricas do solo  $\theta$  ( $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O}/\text{cm}^3$  solo) em função do potencial matricial para as nove profundidades estão apresentadas na Figura 1. Em média, a umidade de saturação dos perfis variou de 0,38 a  $0,43 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ . Os desvios padrões e o intervalo de confiança calculado para seis repetições evidenciaram pouca variabilidade dos dados experimentais (Quadro 1). As medidas de infiltração realizadas nas três parcelas experimentais evidenciaram uma condutividade hidráulica saturada média de  $6,57 \text{ cm.hora}^{-1}$ .

O processo de redistribuição da água no solo ensaiado é apresentado na Figura 2 e diz respeito aos valores do potencial total de água medidos numa das parcelas, considerando-se as variáveis tempo e profundidade. Observa-se que, na camada de 45 a 60 cm, os valores do potencial total ( $\Psi$ ) apresentam uma variação bastante pequena.

A condutividade hidráulica  $[K(\theta)]$  das três parcelas experimentais e para  $z = 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120$  e  $135$  cm, calculadas através da equação (5), estão representadas nas Figuras 3, 4 e 5. Utilizando-se equações de regressão traçadas nessas figuras juntamente com os valores de umidade volumétrica ( $\theta$ ) em função ao tempo, nota-se que, aos 15 minutos, as condutividades a 15 cm de profundidade correspondem a  $172,358 \text{ cm.dia}^{-1}$ ,  $90,503 \text{ cm.dia}^{-1}$  e  $33,100 \text{ cm.dia}^{-1}$  na primeira, segunda e terceira parcelas, respectivamente. Decorrido um dia, esses valores baixaram para  $0,824 \text{ cm.dia}^{-1}$ ,  $0,189 \text{ cm.dia}^{-1}$  e  $0,046 \text{ cm.dia}^{-1}$ ; reduzindo-se ainda mais

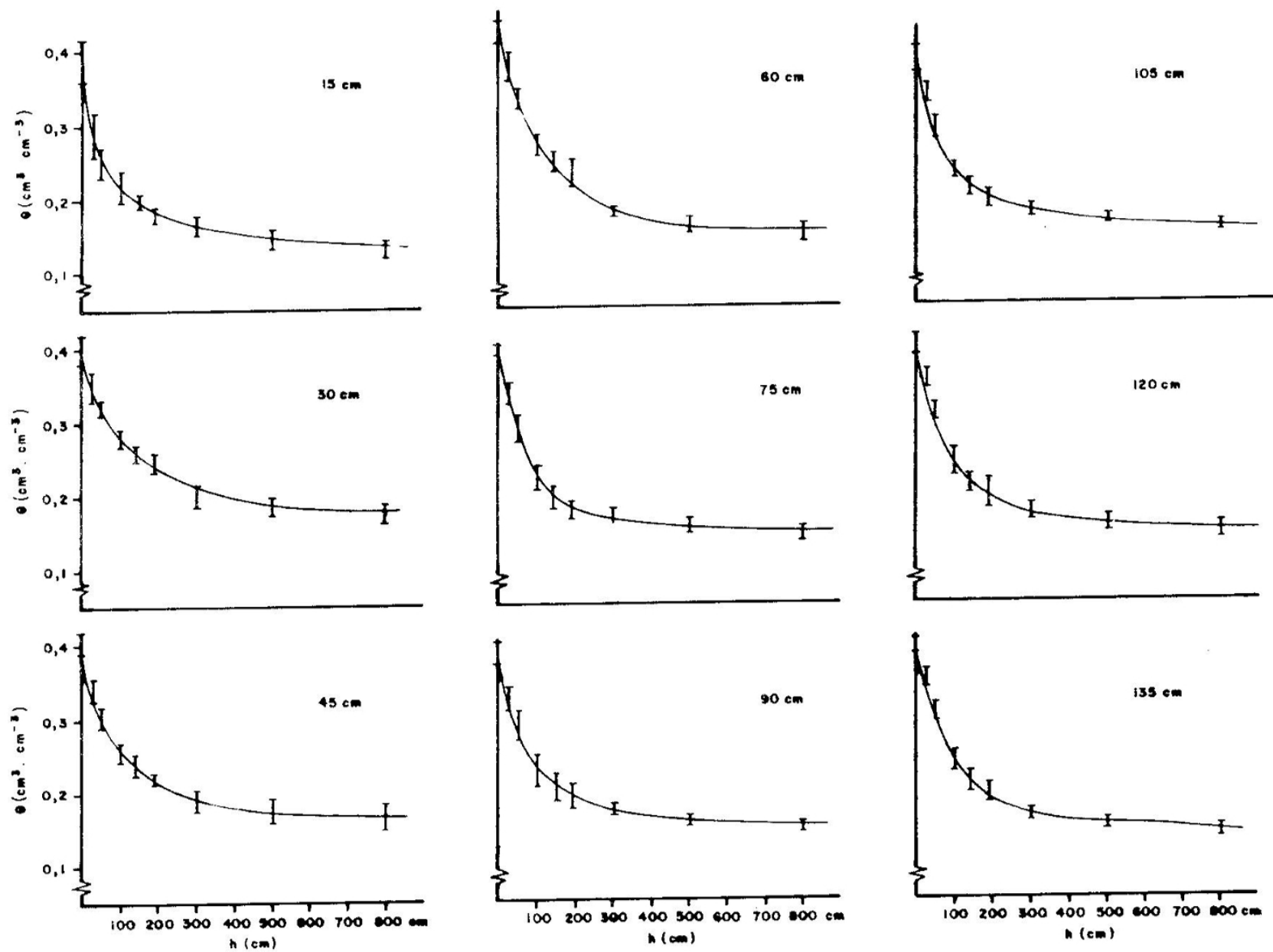


Figura 1 – Valores da umidade ( $\theta$ ) nas diferentes tensões  $h$  (cm) nas nove profundidades: média e intervalo de confiança da média ao nível de 95% de probabilidade (seis repetições).

Quadro 1 - Teores de umidade em diferentes tensões com a média ( $\bar{x}$ ), desvio padrão da média ( $S\bar{x}$ ) e intervalos de confiança da média (IC) ao nível de 95% de probabilidade (seis repetições), nas nove profundidades.

$\psi_m$ (cm)	15			30			45		
	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC
Saturado	0,39	0,012	0,029	0,40	0,010	0,024	0,41	0,006	0,014
27	0,29	0,012	0,029	0,35	0,008	0,020	0,34	0,006	0,014
50	0,25	0,008	0,020	0,32	0,004	0,010	0,31	0,006	0,014
99	0,22	0,008	0,020	0,28	0,006	0,014	0,26	0,006	0,014
143	0,20	0,004	0,010	0,26	0,004	0,010	0,24	0,006	0,015
189	0,18	0,004	0,010	0,25	0,004	0,010	0,23	0,005	0,012
300	0,17	0,005	0,012	0,20	0,006	0,014	0,19	0,006	0,014
500	0,15	0,005	0,012	0,19	0,005	0,013	0,18	0,007	0,018
800	0,13	0,005	0,012	0,18	0,005	0,013	0,17	0,007	0,018

$\psi_m$ (cm)	60			75			90		
	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC
Saturado	0,43	0,006	0,014	0,40	0,002	0,005	0,38	0,006	0,016
27	0,38	0,004	0,010	0,34	0,006	0,014	0,33	0,007	0,017
50	0,33	0,005	0,012	0,29	0,007	0,017	0,29	0,008	0,020
99	0,27	0,006	0,014	0,22	0,006	0,016	0,23	0,009	0,021
143	0,25	0,006	0,014	0,19	0,006	0,014	0,21	0,008	0,020
189	0,24	0,006	0,014	0,18	0,006	0,014	0,19	0,008	0,019
300	0,17	0,003	0,008	0,17	0,003	0,007	0,17	0,002	0,005
500	0,16	0,004	0,010	0,16	0,003	0,007	0,16	0,002	0,004
800	0,15	0,005	0,012	0,15	0,002	0,006	0,15	0,002	0,004

$\psi_m$ (cm)	105			120			135		
	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	IC
Saturado	0,38	0,007	0,018	0,40	0,004	0,011	0,39	0,004	0,010
27	0,33	0,008	0,019	0,35	0,004	0,010	0,35	0,004	0,009
50	0,29	0,005	0,013	0,31	0,006	0,015	0,31	0,004	0,010
99	0,23	0,004	0,011	0,24	0,007	0,018	0,24	0,005	0,013
143	0,21	0,005	0,012	0,21	0,006	0,016	0,21	0,006	0,014
189	0,19	0,005	0,012	0,20	0,008	0,020	0,19	0,006	0,015
300	0,18	0,002	0,006	0,17	0,004	0,010	0,16	0,003	0,007
500	0,16	0,002	0,006	0,16	0,004	0,011	0,15	0,003	0,007
800	0,15	0,002	0,005	0,15	0,004	0,011	0,14	0,002	0,006

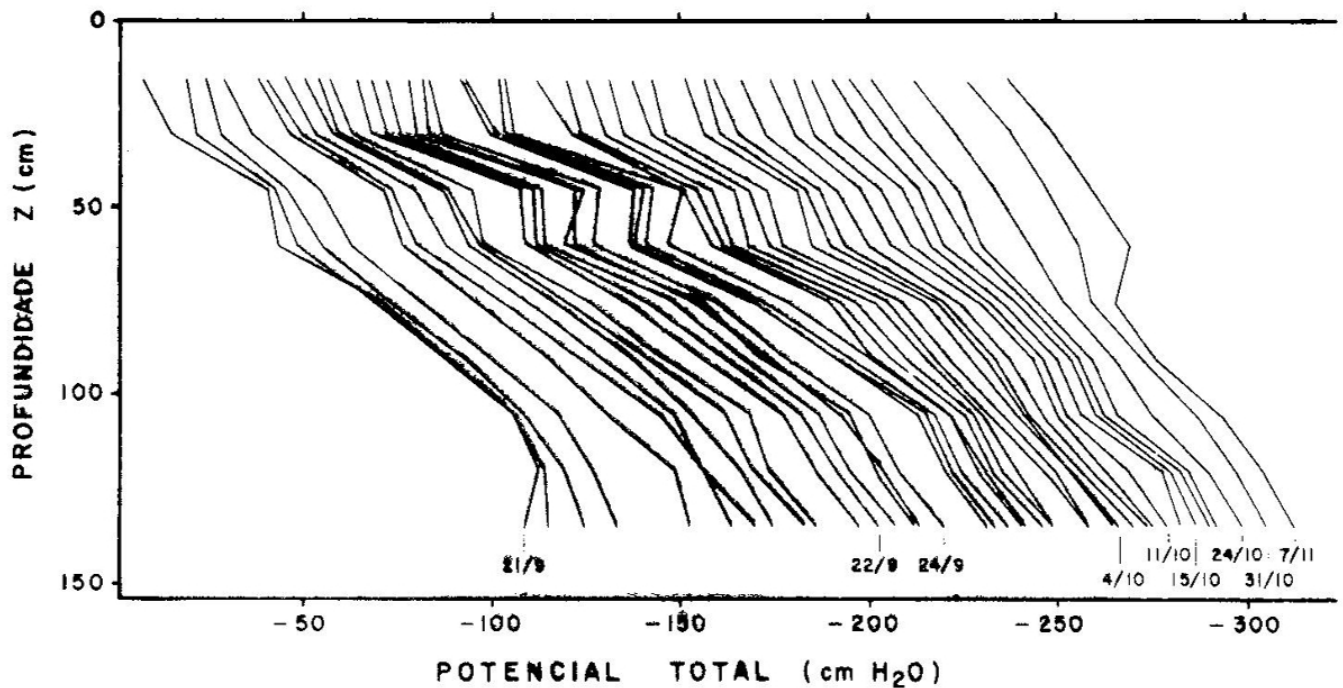


Figura 2 – Variação do potencial total da água com a profundidade durante a redistribuição da água na parcela 1.

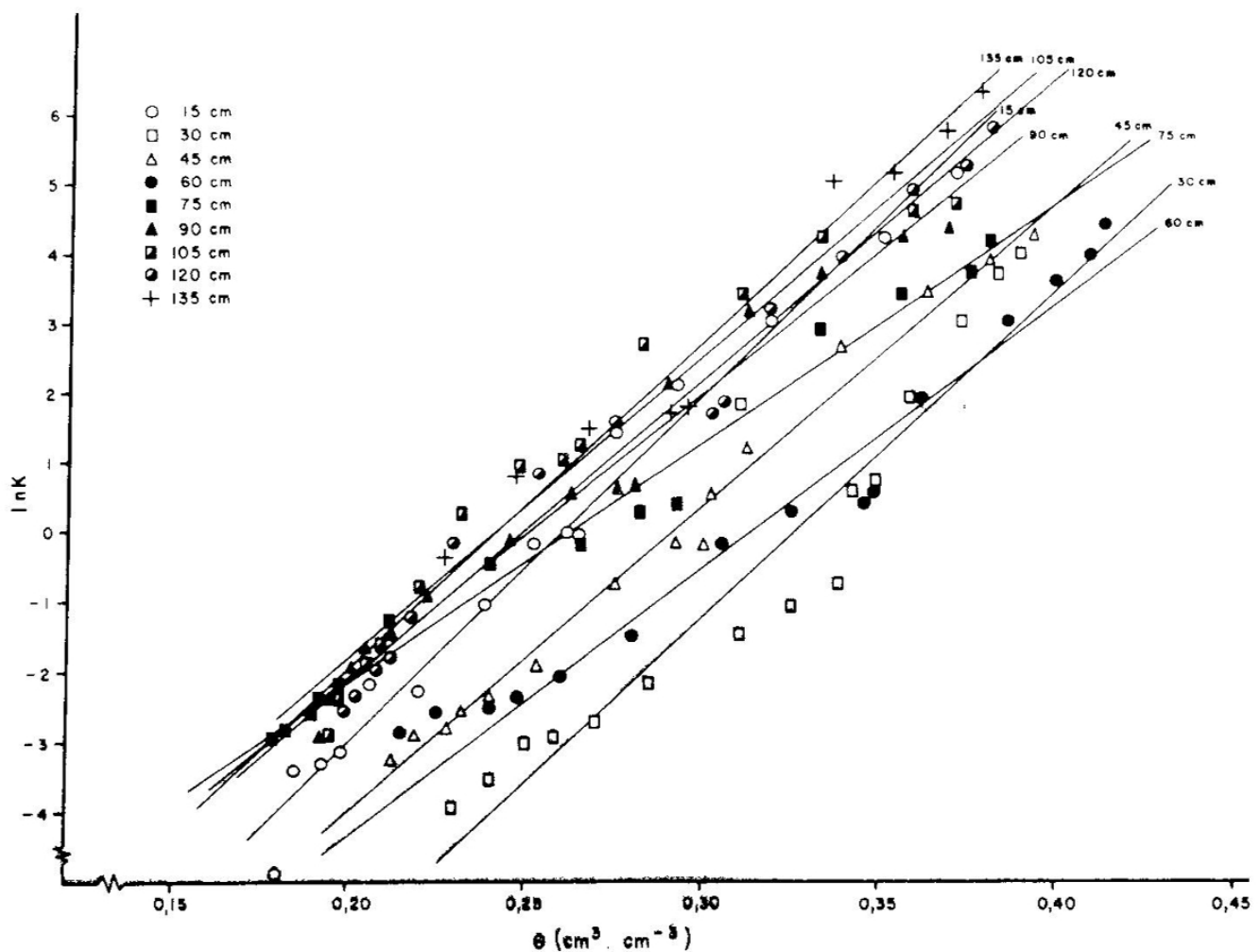


Figura 3 – Valores de  $\ln K(\theta)$  para  $z = 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120$  e  $135$  cm de profundidade correspondentes à parcela 1.



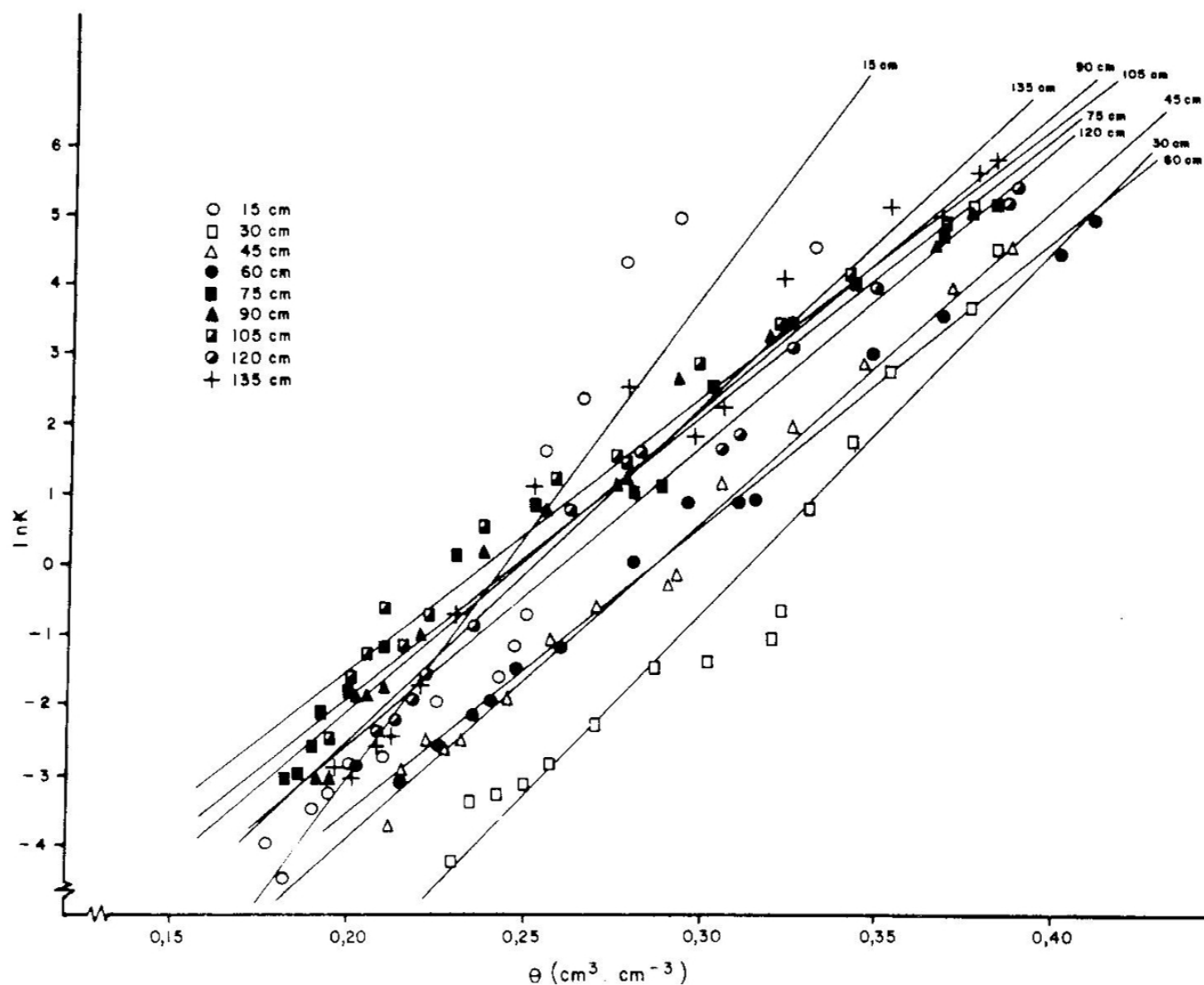


Figura 4 — Valores de  $\ln K(\theta)$  para  $z = 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120$  e  $135$  cm de profundidade correspondentes à parcela 2.

aos 40 dias, quando atingiram os valores de  $0,007 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ,  $0,018 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$  e  $0,006 \text{ cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ , respectivamente. Nota-se que, além da grande variabilidade entre parcelas, ocorre uma variabilidade acentuada nas camadas superficiais, a qual diminui sensivelmente nas camadas mais profundas. Considerando-se em separado a parcela 1, verifica-se que os coeficientes angulares das regressões  $\ln K$  versus  $\theta$  não apresentam diferenças, não acontecendo o mesmo, todavia, com os coeficientes lineares. Este aspecto evidencia diferenças acentuadas entre os valores de  $K$  e para as diferentes profundidades. Por exemplo, para  $\theta$

$= 0,30 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ , os valores de  $K$  para as profundidades de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 e 135 cm correspondem, respectivamente, a 7,38; 0,29; 1,46; 0,69; 3,63; 7,57; 12,72; 9,07 e 15,31  $\text{cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ , existindo uma relação de 52 entre o maior e o menor valor de  $K$  para a mesma umidade volumétrica  $\theta = 0,30 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ . Não foi realizada uma análise estatística dos dados de condutividade hidráulica, porque eles não obedeciam a uma distribuição normal, corroborando resultados assinalados por Nielsen, Biggar e Erh, 1973; e Warrick, Mullen e Nielsen, 1977.

Observa-se que, de modo geral, há

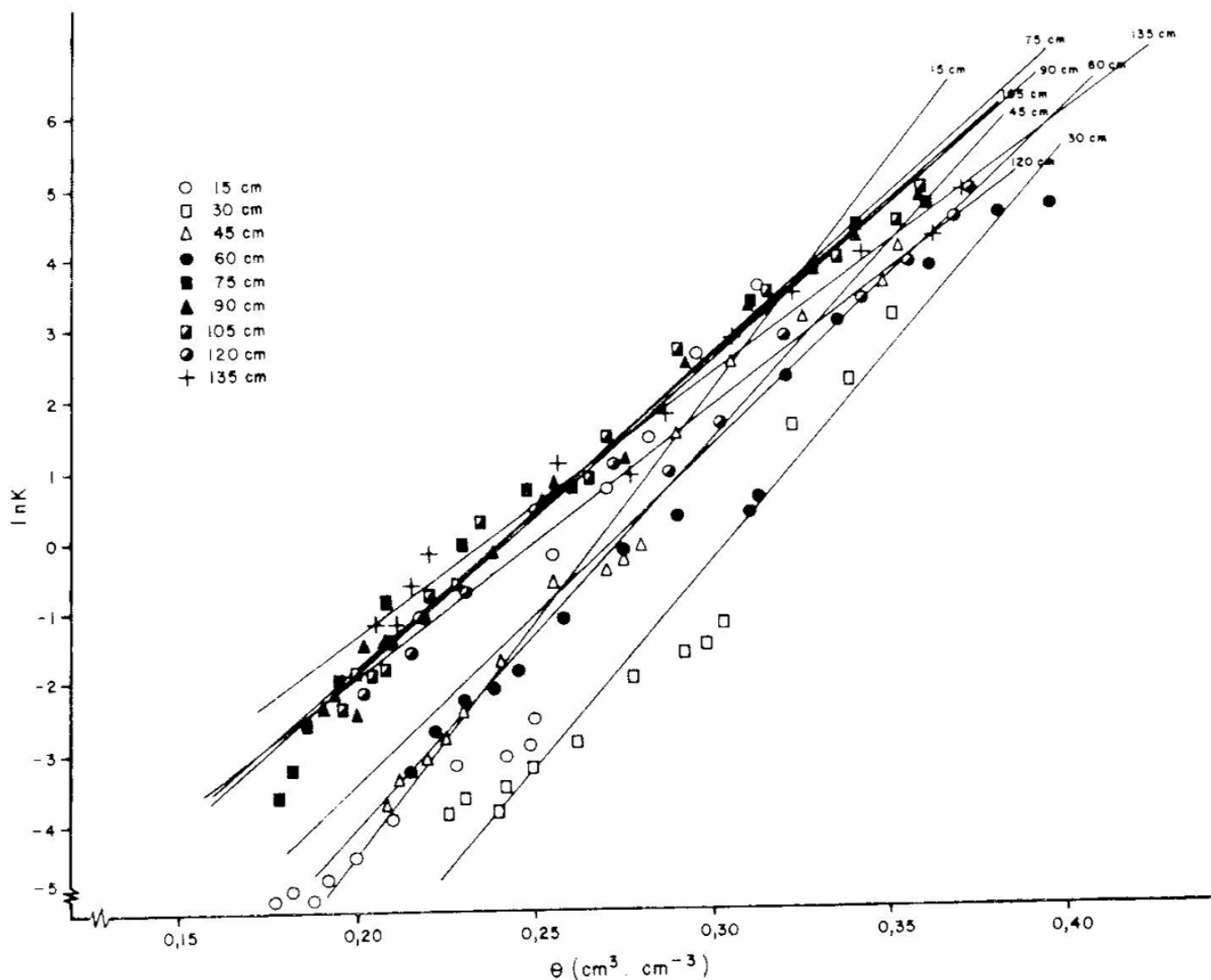


Figura 5 – Valores de  $\ln K(\theta)$  para  $z = 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120$  e  $135$  cm de profundidade correspondentes à parcela 3.

uma estreita associação entre o logaritmo neperiano da condutividade hidráulica e a umidade volumétrica em todas as parcelas experimentais (Quadro 2).

Os resultados ora relatados evidenciam que o uso de valores médios pode levar a distorções consideráveis na caracterização do fluxo de água no solo ensaiado, corroborando os resultados obtidos por Reichardt et al (1977) na Terra Roxa Estruturada, na qual as distorções foram bem mais acentuadas. Por outro lado, a obtenção de valores médios representativos é aspecto enfati-

Quadro 2 – Equações de regressão para as variáveis condutividade hidráulica  $K$  ( $\text{cm} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) e a umidade volumétrica do solo  $\theta$  ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) e coeficientes de determinação para as diferentes profundidades.

$z(\text{cm})$	Equação ( $\ln K$ )	$r^2$
Parcela 1		
15	$= -12,9926 + 49,9720 \theta$	0,9903
30	$= -15,4892 + 47,5287 \theta$	0,9523
45	$= -12,8836 + 44,1970 \theta$	0,9939
60	$= -11,4685 + 37,0014 \theta$	0,9824
75	$= -9,1116 + 34,6668 \theta$	0,9927
90	$= -10,3566 + 41,2695 \theta$	0,9884
105	$= -10,5681 + 43,7050 \theta$	0,9789
120	$= -10,8503 + 43,5194 \theta$	0,9906
135	$= -11,5395 + 47,5594 \theta$	0,9913

Quadro 2 - Continuação

Z(cm)	Equação (ln K)					r <sup>2</sup>
Parcela 2						
15	=	-	17,0020	+	69,5710	0,9419
30	=	-	16,4352	+	52,4588	0,9699
45	=	-	13,0036	+	45,4044	0,9942
60	=	-	11,8039	+	41,2615	0,9942
75	=	-	9,9842	+	40,3631	0,9895
90	=	-	10,8042	+	43,3785	0,9879
105	=	-	9,3411	+	39,1699	0,9886
120	=	-	11,2453	+	43,1948	0,9938
135	=	-	12,1452	+	48,0266	0,9822
Parcela 3						
15	=	-	17,6663	+	65,8513	0,9586
30	=	-	17,9317	+	58,6971	0,9707
45	=	-	15,0860	+	54,9172	0,9902
60	=	-	13,0099	+	47,7307	0,9882
75	=	-	10,9458	+	45,1179	0,9895
90	=	-	10,7104	+	44,0704	0,9949
105	=	-	10,5947	+	43,7278	0,9915
120	=	-	9,7027	+	38,4635	0,9941
135	=	-	8,8035	+	36,9606	0,9885

zado por diversos autores (Biggar e Nielsen, 1976; Simmons, Nielsen e Biggar, 1979; Warrick, Mullen e Nielsen, 1977) e indica a necessidade de se contar com grande número de dados ou, conseqüentemente, um número maior de pontos, de modo a possibilitar interpretações estatísticas mais seguras. Acredita-se, entretanto, que, para con-

tornar a grande variabilidade nas camadas superficiais, poder-se-ia tentar utilizar os dados de profundidade maiores ( $z > 75$  cm), para estimar os fluxos de água no solo com relativa segurança e para efeito do estabelecimento de balanço hídrico no solo. Nessas camadas, o solo é mais homogêneo, a variabilidade espacial é menos pronunciada e, possivelmente, a população de dados segue uma distribuição normal.

Os resultados ora discutidos, embora relativos a apenas um tipo de solo, permitem que se estabeleçam as seguintes conclusões:

1. A condutividade hidráulica medida no campo apresenta grande variabilidade entre pontos, notadamente nas camadas superficiais do solo;

2. Para um mesmo ponto, o método empregado é bastante consistente mesmo considerando-se a utilização de amostras não alteradas na determinação das curvas de retenção de umidade; e

3. Valores médios da condutividade hidráulica medida no campo quando relativos a profundidades superiores a 75 cm poderão ser utilizados com relativa segurança na determinação do balanço hídrico.

### Literatura Citada

- BIGGAR, J.W. and NIELSEN, D.R. 1976. Spatial variability of leaching characteristics of a field soils. *Water Resources Research* 12:78 - 84.
- CHO, T. et al. 1976? The use of neutron moisture meter in studies of soil water regimes; water management in a sand dune area. *In* Research Coordination Meeting of the Programme on the Use of Radiation and Isotope Techniques in Studies of Soil Water Regimes, 3rd, Ghent, Belgium, 1976. Report. s.l., s.e. 48 p.

- CHO, T. et al. 1977? The use surface-type and a depth-type neutron moisture meter in studies of soil water regimes; water management in a sand dune area. *In* Research Coordination Meeting Programme on the Use of Radiation and Isotope Techniques in Studies of Soil Water Regimes, 4th, Ghent, Belgium, 1977. Report. s.l., s.e. 85 p.
- GROHMANN, F., BRUNINI, O. e REICHARDT, K. 1976. Condutividade hidráulica do solo. Campinas, SP, Brasil. Instituto Agrônômico. Circular n.º 53. 28 p.
- HILLEL, D., KRENTOS, V.D. and STYLIANOU, Y. 1972. Procedure and test of an internal drainage method for measuring soil hydraulic characteristics in situ. *Soil Science* 114: 395 - 400.
- NIELSEN, D.R. et al. 1964. Water movement through, panoche clay loam soil. *Hilgardia* 35: 491 - 506.
- \_\_\_\_\_, BIGGAR, J.W. and ERH, K.T. 1973. Spatial variability of field-measured soil-water properties. *Hilgardia* 42: 215 - 259.
- OGATA, G. and RICHARDS, L.S. 1957. Water content changes following irrigation on bare-field soil that is protected from evaporation. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 21: 355 - 356.
- REICHARDT, K. and LIBARDI, P.L. 1974. An analysis of soil-water movement in the field: 1. Hidrological field site characterization. Piracicaba, SP, Brasil. CENA. Boletim Científico n.º 21. 21 p.
- \_\_\_\_\_, et al. 1977. Dificuldades do uso da equação de Darcy para descrever o movimento de água em solo não saturado no campo. *In* Encontro sobre Escoamento em Meios Porosos, 5.º, Rio de Janeiro, 1977. Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ. v. 2. 5 p.
- RICHARDS, L.A. et al. 1953. Capillary conductivity values from moisture yield and tension measurements of soil columns. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 17: 206 - 209.
- \_\_\_\_\_, GARDNER, W.R. and OGATA, G. 1965. Physical processes determining water loss from soil. *Proceedings of the Soil Science Society of America* 20: 310 - 314.
- ROSE, C.W., STERN, W.R. and DRUMOND, J.E. 1956. Determination of hydraulic conductivity as a function of depth and water content for soil in situ. *Australian Journal of Research* 3: 1 - 9.
- SAUNDERS, L.C.U., LIBARDI, P.L. e REICHARDT, K. 1978. Condutividade hidráulica de terra roxa estruturada em condições de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 2(3): 164 - 167.
- SIMMONS, C.S., NIELSEN, D.R. and BIGGAR, J.W. 1979. Scaling of field-measured soil water properties. *Hilgardia* 47: 77 - 173.
- VACHAUD, G. et al. 1977. Méthodes de caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol non saturé. Grenoble, France, CNRS/IMG. 28 p.
- WARRICK, A.W., MULLEN, G.J. and NIELSEN, D.R. 1977. Scaling field-measured soil hydraulic properties using similar media concept. *Water Resources Research* 13: 355 - 362.

⊕ ⊕ ⊕

---

---

## POLÍTICA EDITORIAL DA REVISTA THEOBROMA

São aceitos para publicação trabalhos que se constituam em original e real contribuição para um melhor conhecimento dos temas relacionados com problemas agrônômicos e socio-econômicos de áreas cacaueiras. Os artigos devem ser redigidos em Português, Espanhol, Inglês ou Francês e podem ser preparados sob a forma de artigos científicos, revisões bibliográficas de natureza crítica, notas científicas, recomendações de congressos e cartas ao editor sobre trabalhos publicados na Revista Theobroma.

O autor é responsável exclusivo pelos conceitos e opiniões emitidos no trabalho, mas a Comissão de Editoração se reserva o direito de aceitar ou não o artigo recebido, bem como submetê-lo ao seu corpo de assessores científicos. A publicação dos trabalhos será mais rápida se obedecidas as normas adotadas pela revista, definidas anualmente e publicadas no primeiro número do volume.

Os artigos devem ser submetidos ao Editor, Revista Theobroma, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

## EDITORIAL POLICY OF REVISTA THEOBROMA

Only papers concerned with subjects related to agronomic and socio-economic problems of cacao growing areas, and which represent an original and significant contribution to the advancement of knowledge in the subject, will be accepted for publication in Revista Theobroma. Material intended for publication should be written in Portuguese, Spanish, English or French and may be accepted as scientific articles, critical reviews, scientific notes, congress recommendations or critical comments on papers published in Revista Theobroma.

Authors are exclusively responsible for concepts and opinions given in the articles. The Editorial Committee, however, reserves the right to accept or refuse papers received for publication following submission to qualified reviewers. Papers will be published sooner if prepared according to the format adopted by Revista Theobroma, guidelines to which are published annually in the first number of each volume.

Manuscripts submitted for publication should be delivered to the Editor, Revista Theobroma, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brazil.

---

---



