

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA  
DE QUATRO PERFIS DE SOLOS  
DA REGIÃO DA TRANSAMAZÔNICA,  
TRECHO ALTAMIRA-ITAITUBA**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente  
Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO  
Ministro  
Francisco Sérgio Turra

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA  
Presidente  
Alberto Duque Portugal

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

CHEFIA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

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

ISSN 0100-8102

Boletim de Pesquisa Nº 206

Dezembro, 1998

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA  
DE QUATRO PERFIS DE SOLOS  
DA REGIÃO DA TRANSAMAZÔNICA,  
TRECHO ALTAMIRA-ITAITUBA**

Raimundo Cosme de Oliveira Junior  
Tarcísio Ewerton Rodrigues  
Moacir Azevedo Valente  
João Marcos Lima da Silva

**Embrapa**

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (091) 276-6653, 276-6333

Fax: (091) 276-9845

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Caixa Postal, 48

66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

#### **Comitê de Publicações**

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente

Antonio de Brito Silva

Exedito Ubirajara Peixoto Galvão

Joaquim Ivanir Gomes

Oriel Filgueira de Lemos

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Célia Maria Lopes Pereira

Maria de N. M. dos Santos – Secretária Executiva

#### **Revisores Técnicos**

Antonio Ronaldo Camacho Baena – Embrapa-CPATU

Paulo Martins – FCAP

Raimundo Silva Rêgo – Embrapa-CPATU

#### **Expediente**

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira

Normalização: Célia Maria Lopes Pereira

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Antonio Ronaldo Camacho Baena (texto em inglês)

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; RODRIGUES, T.E.; VALENTE, M.A.; SILVA, J.M.L. da. **Caracterização físico-hídrica de quatro perfis de solos da região Transamazônica, trecho Altamira-Itaituba.** Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 29p. (Embrapa-CPATU, Boletim de Pesquisa, 206).

1. Solo - Propriedade físico-hídrica - Brasil - Pará - Transamazônica.
2. Perfil do solo - Brasil - Pará - Transamazônica. I. Rodrigues, T.E., colab. II. Valente, M.A., colab. III. Silva, J.M.L. da, colab. IV. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). V. Título. VI. série.

CDD: 631.478115

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	9
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	10
INFILTRAÇÃO.....	10
ÁGUA DISPONÍVEL .....	16
RETENÇÃO DE UMIDADE .....	18
CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA .....	20
DENSIDADE GLOBAL.....	22
POROSIDADE TOTAL.....	22
GRANULOMETRIA.....	23
<b>CONCLUSÕES</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26

# **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE QUATRO PERFIS DE SOLOS DA REGIÃO DA TRANSAMAZÔNICA, TRECHO ALTAMIRA-ITAITUBA<sup>1</sup>**

Raimundo Cosme de Oliveira Junior<sup>2</sup>  
Tarcísio Ewerton Rodrigues<sup>3</sup>  
Moacir Azevedo Valente<sup>2</sup>  
João Marcos Lima da Silva<sup>2</sup>

**RESUMO:** Durante o processo de ocupação da Amazônia tem predominado as atividades agropastoris, onde a criação de gado de corte e o cultivo de culturas de subsistência ocupam lugar de destaque. O conhecimento das propriedades físicas do solo é de grande importância, uma vez que estas podem limitar a eficiência dos insumos, o que se reflete na diminuição da produtividade das culturas. Para determinação dos parâmetros físico-hídricos, foram coletados quatro perfis na região da Rodovia Transamazônica, trecho Altamira-Itaituba: Terra Roxa Estruturada (01), Latossolo Amarelo textura muito argilosa (02), Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa (03) e Podzólico Amarelo textura média/argilosa (04). Os solos foram classificados de acordo com as normas adotadas pela Embrapa Solos e as análises realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solos. Os resultados obtidos permitiram apresentar as seguintes conclusões: - as maiores taxas de infiltração foram encontradas nos perfis 01 (Terra Roxa Estruturada) e 02 (Latossolo Vermelho-Amarelo); - solos com maiores teores de matéria orgânica possuem taxa de infiltração mais elevadas; - todos os perfis estudados apresentaram capacidade de armazenamento de água superior a 55mm; - independente da tensão, todos os perfis apresentaram diminuição da retenção de água com o aumento da profundidade; - a partir da tensão de 5atm, os perfis 01, 02 e 04 apresentaram quantidade de água mínima disponível para os vegetais; - a condutividade hidráulica dos perfis analisados variou de moderadamente lenta (perfil 04) a muito rápida

---

<sup>1</sup>Trabalho realizado com recursos do Convênio Embrapa-FAO.

<sup>2</sup>Eng.- Agr., M.Sc., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, Pará.

<sup>3</sup>Eng.- Agr., Ph.D., Embrapa Amazônia Oriental

(perfis 01 e 03); - o perfil 04 apresentou-se mais adensado, mesmo sob vegetação natural, com valor da densidade global ao redor de  $1,40\text{g/cm}^3$ ; - os perfis 03, 01 e 02 apresentaram porosidade total classificada como alta, acima de 56%; - nos perfis 01, 02 e 03 houve um predomínio da fração argila, enquanto que no perfil 04 o teor de areia variou de 41% a 74%; - apesar da existência de rochas de diferentes unidades geológicas nas regiões escolhidas, os solos estudados mostraram-se altamente intemperizados, evidenciado pelas baixas relações silte/argila; - solos da mesma classe, sob vegetação natural, com textura, estrutura e porosidade total semelhantes, apresentaram taxa de infiltração diferentes, devido, principalmente, a diferença entre a macro e microporosidade e/ou a obstrução dos poros; - os solos apresentaram disponibilidade de água baixa, devido a retenção de umidade a 15atm ser bastante elevada.

Termos para indexação: solo, propriedades físicas, Transamazônica, Amazônia.

## **PHYSICAL-HIDRICAL PROPRIETIES OF FOUR SOIL PROFILES IN THE TRANSAMAZONIC REGION BETWEEN ALTAMIRA AND ITAITUBA**

**ABSTRACT:** During the process of Amazônia occupation agropastoral activities have prevailed, where cattle raising and subsistence crops are dominants. The knowledge of soil physical proprieties are of great importance, since it can limit inputs efficiency, reflecting on the decrease of the cultures productivity. To determine physical-hidrical parameters four soil profiles were collected on the area of the Transamazonic Highway, between Altamira and Itaituba; Reddish Brown lateritic (01); Yellow Latosol very loamy texture (02); Red Yellow Latosol loamy texture (03); and Yellow Podzolic medium/clayey texture (04). The soils were classified according to the Embrapa Soils procedures and analysed according to the Methods of Soil Analysis Manual. The results allow to present the following conclusions: – soils with higher organic matter level have higher infiltration rates; – all the profiles studied present water holding capacity superior than 55mm; – despite tension, all profiles present

water retention decrease as depth increases; – starting from 5 atm tension the profiles 01, 02 and 04 have minimum available water for plants; – the hydraulic conductivity of the analysed profiles varies from moderately slow (04) to very fast (01 and 03); – the profile 04 is the one more compact, even under natural vegetation, with global density about 1,40 g/cc; – the profiles 03, 01 and 02 presented total porosity classified as high, above 56% – in the profiles 01, 02 and 03 the clay fraction prevails, while in the profile 04 sand varies from 41 to 74%; – even though the existence of rocks of different geological units in the studies sites, the soils are highly weathered evidenced by the low silt/clay rate; – soils of the same class, under natural vegetation, having similar texture, structure and total porosity, show different infiltration rates, due mainly to the difference between macro and microporosity and/or pores obstruction; the soils have low available water, due to the high water holding at 15 atm.

Index terms: soil, physical properties, Transamazônica, Amazônia.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a região amazônica abrange uma vasta área, em torno de 5 milhões de quilômetros quadrados e representa cerca de 60% do território nacional, com população estimada em 15 milhões de habitantes, desuniformemente distribuídos. Está situada entre as coordenadas geográficas de 5° de latitude Norte e 16° de latitude Sul e 44° a 74° de Longitude Oeste de Greenwich, englobando os Estados do Pará, Amazonas, Amapá, Rondônia, Acre, Roraima, Mato Grosso, Tocantins e a parte oeste do Estado do Maranhão, a partir do meridiano de 44° a Oeste de Greenwich.

Esta região caracteriza-se, por um lado, pela imensa gama de variações climáticas, geológicas, geomorfológicas e edáficas e, de outro, por uma exuberância diversificada de flora e de fauna. Ela está incluída na região úmida, onde a necessidade de expansão de áreas para reduzir a pressão populacional está em conflito direto com a necessidade de preservar o ecossistema.

Na Amazônia, a transformação da floresta em agroecossistema tem se limitado, na maioria das vezes, à derrubada da mata, queima e plantio, geralmente não levando em consideração encostas e cursos d'água. Esse padrão pioneiro, que se propagou rapidamente, trouxe consigo alguns problemas agronômicos e ambientais, tais como: desconsideração do ciclo de nutrientes, perdas das características físicas dos solos após o desmatamento, pela erosão desenfreada, devido a não-adoção de práticas conservacionistas (Schubart, 1977).

Em vista disso, o manejo das propriedades físicas do solo tem sido, no geral, considerado de menor importância do que as propriedades químicas nos sistemas agrícolas. Por outro lado, conforme os sistemas de manejo se tornam mais intensivos e mecanizados, os problemas de fertilidade são solucionados economicamente, por meio de aplicação de fertilizante e corretivos, enquanto que as propriedades físicas do solo, num manejo adequado, passam a ser mais importantes.

A caracterização física e hídrica associada a outras características químicas, seja do solo sob condições naturais, como também, após o seu manejo e uso com as culturas é, portanto, necessária e importante para a interpretação de resultados experimentais e indicação de culturas adaptadas e estas condições, como também, na classificação taxonômica e técnica dos solos.

A caracterização físico-hídrica do solo torna-se, portanto, essencial para nortear as práticas de manejo, destacando-se a irrigação, a drenagem, os cultivos e a subsolação. A textura e estrutura do solo, responsáveis pela porosidade, atuam de forma decisiva no manejo e economia da água no solo.

Dessa forma, visando à complementação dos dados existentes sobre os recursos naturais, é indispensável o conhecimento das propriedades físicas e hídricas das principais classes de solos dos ecossistemas amazônicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na área de influência da Transamazônica (Altamira/Itaituba), foram descritos e amostrados, sob vegetação de floresta, quatro perfis de solos desenvolvidos de materiais provenientes de alterações de rochas básicas (Terra Rocha Estruturada textura muito argilosa - Perfil 01), localizado no km 90 da rodovia Transamazônica, sentido Altamira/Itaituba, entrando para a esquerda no ramal da Usina, à 1,5 km do travessão do 90, lado esquerdo, município de Medicilândia; granitos e gnaisses (Latosolo Vermelho-Amarelo textura muito argilosa - Perfil 02), localizado a 12 km do município de Rurópolis, em direção a Itaituba, entrando a esquerda no Travessão do Tambor, a 6km da entrada, lado esquerdo, município de Rurópolis; siltitos e arenitos finos argilosos (Latosolo Amarelo textura muito argilosa - Perfil 03), localizado a 53 km do município de Presidente Médice, entrando a 2 km para a direita do ramal do Goiano, município de Presidente Médice; e riolitos, dácitos e riodácitos (Podzólico Vermelho-Amarelo textura argilosa/muito argilosa - Perfil 04), localizado a 3 km do cruzamento das Rodovias Cuiabá/Santarém com Transamazônica, no lado direito em direção a Cuiabá, a 30m do leito da estrada, município de Itaituba.

As análises das amostras deformadas e indeformadas de solos foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Solos, de acordo com a metodologia adotada por este órgão e contida no Manual de Métodos de Análise de Solos (Embrapa, 1979), determinando-se os seguintes parâmetros: densidade global, porosidade total (Donahue, 1952), microporosidade (Oliveira, 1968), macroporosidade (Oliveira, 1968), condutividade hidráulica; curvas características de retenção de água (com exceção da água retida a 15 atm) e água disponível (Richards, 1949); densidade de partículas (Donahue, 1952) e análise granulométrica (Embrapa, 1979).

Durante os trabalhos de campo, foram realizados testes de infiltração com cilindros infiltrômetros duplos, determinando-se a infiltração básica, segundo metodologia de Bertrand (1965). As amostras indeformadas foram coletadas em triplicata com cilindros de volume conhecido ( $100\text{cm}^3$ ). Nestas amostras, as análises, também, foram realizadas em triplicata.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **INFILTRAÇÃO**

As curvas de infiltração de água no solo, nas unidades pedogenéticas em estudo, conforme Figs. 1 a 4, mostram que as maiores taxas de infiltração inicial (interseção da reta com o eixo das ordenadas) foram observadas nos solos representados pelos perfis 01 e 02, com velocidade de infiltração instantânea de 126,0 e 102,0 cm/h, respectivamente, enquanto que as taxas mais baixas, em ordem decrescente, corresponderam aos perfis 04 e 03, com valores variando de 54,0 cm/h a 36,0 cm/h (Tabela 1).

Ainda analisando estas figuras, observa-se que a capacidade do solo em absorver água diminui com o tempo, o que é normal para solos com perfis uniformes ou quase uniformes, em decorrência de vários fatores, dentre os quais citam-se os seguintes (Collis-George & Lal, 1971): a) diminuição do gradiente do potencial hidráulico, à medida que a água penetra no solo; b) dispersão das partículas individuais e sua deposição nos poros do solo, obstruindo parcial ou totalmente a passagem da água; c) expansão diferencial dos colóides do solo e; d) efeito desintegrante do ar preso dentro dos torrões e agregados individuais, quando a água entra brusca-mente de todos os lados, sob um alto potencial hidráulico.

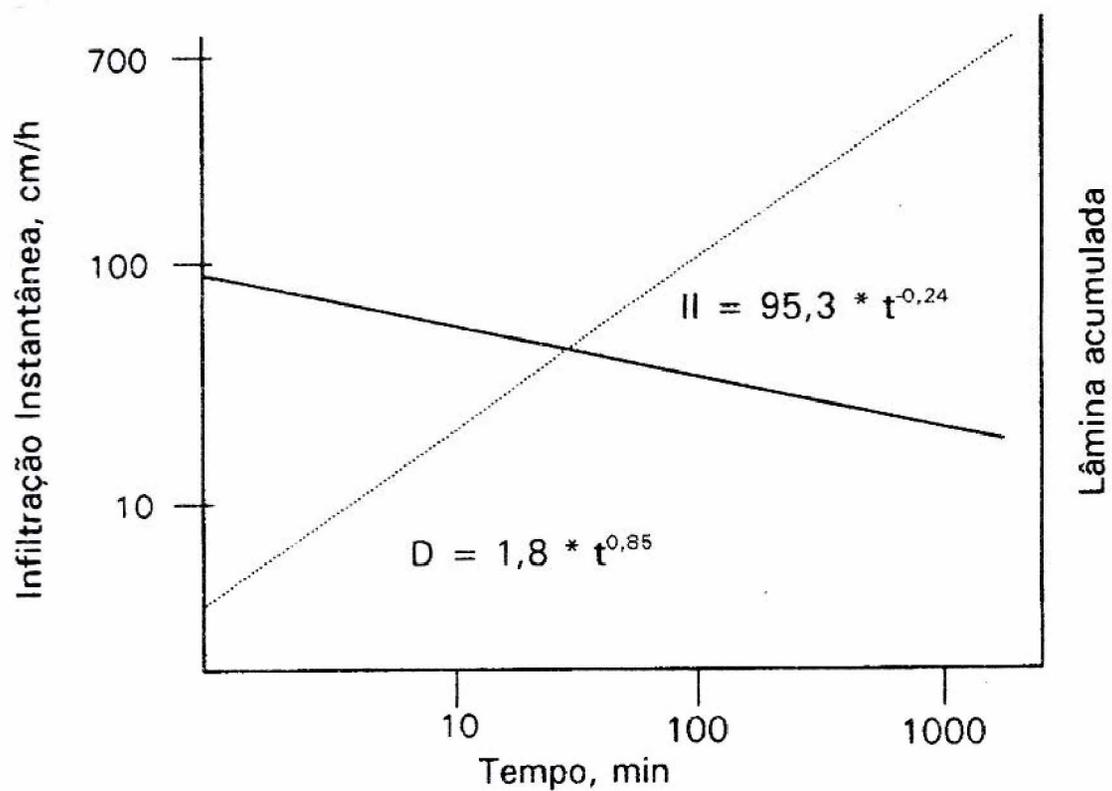


FIG. 1. Curva da velocidade de infiltração instantânea (II) e lâmina acumulada (D) do perfil 01 (Terra Roxa Estruturada argilosa/muito argilosa).

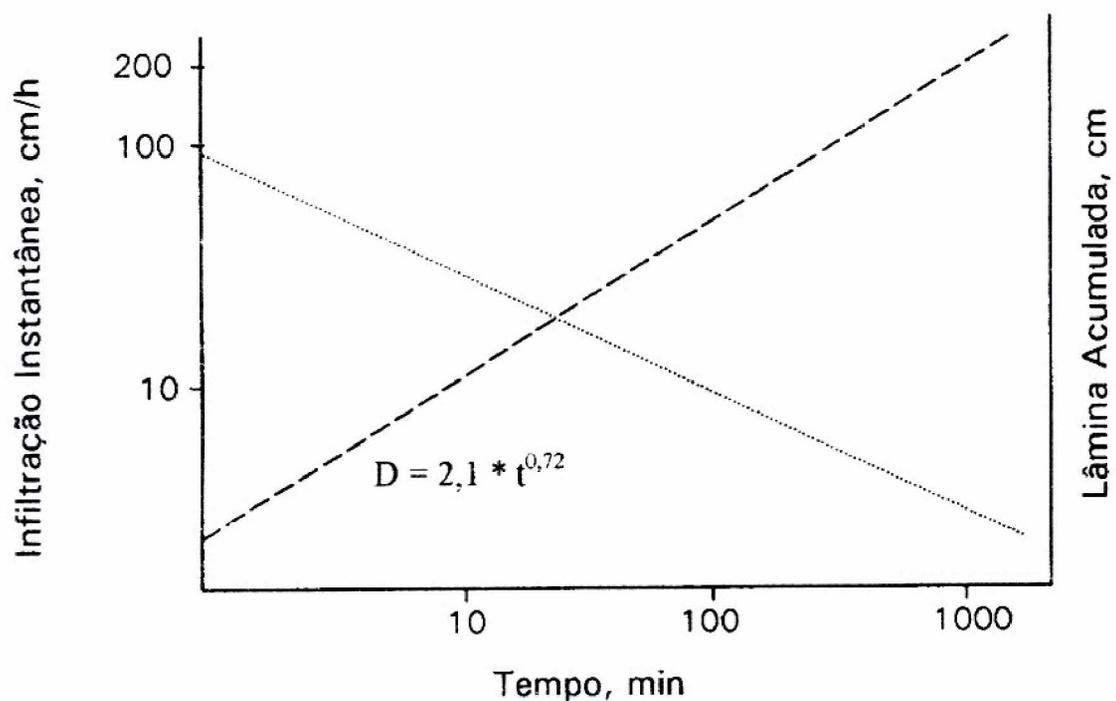


FIG. 2. Curva da velocidade de infiltração instantânea (II) e lâmina acumulada (D) do perfil 02 (Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso).

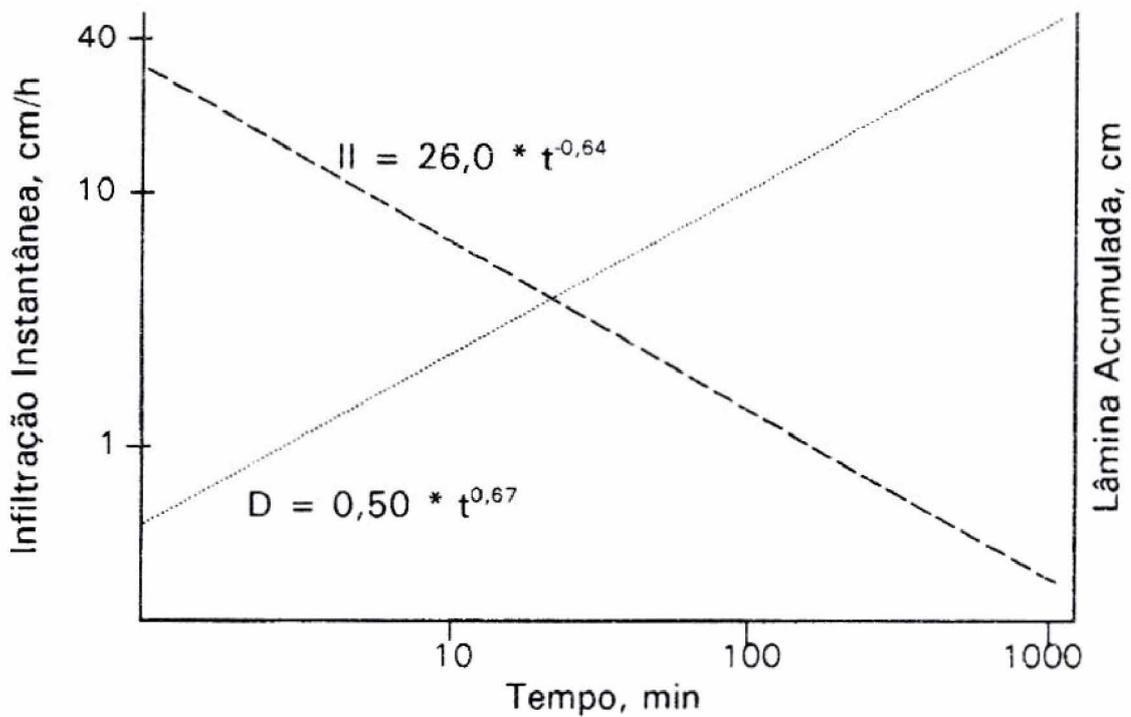


FIG. 3. Curva da velocidade de infiltração instantânea (II) e lâmina acumulada (D) do perfil 03 (Latossolo Amarelo muito argiloso).

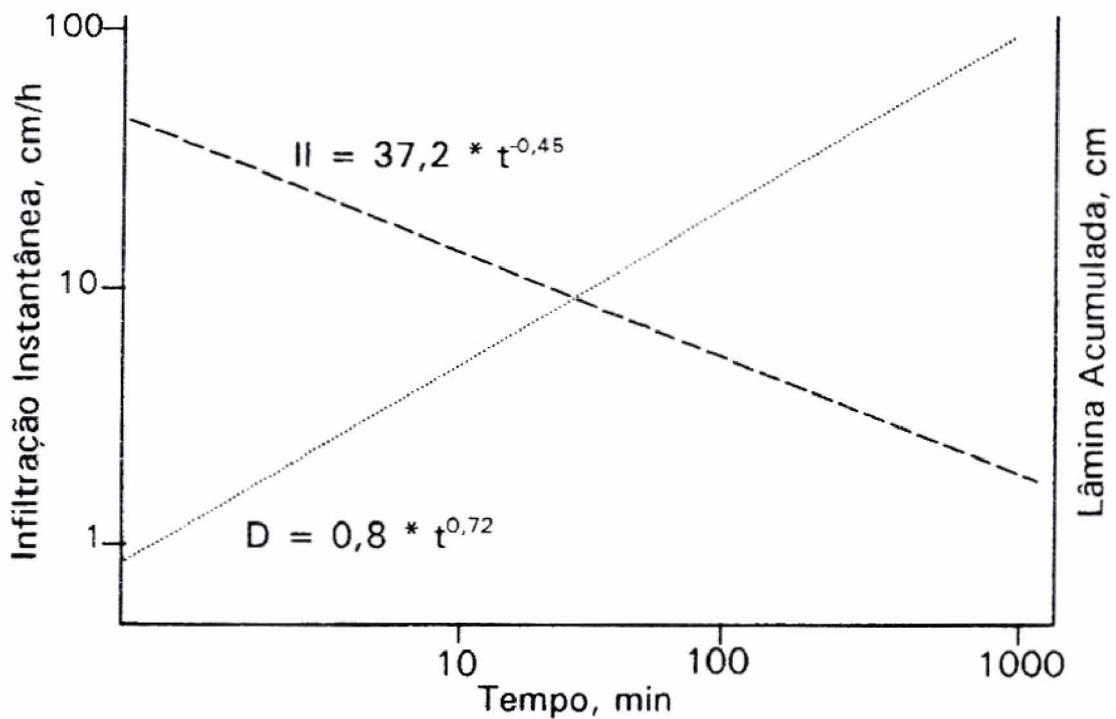


FIG. 4. Curva da velocidade de infiltração instantânea (II) e lâmina acumulada (D) do perfil 04 (Podzólico Vermelho-Amarelo média/argiloso).

TABELA 1. Valores da infiltração instantânea (Inf. inst.), infiltração básica (Inf. bás.) e umidade atual (Um. atual) dos perfis analisados.

Solo	Perfil	Localização	Inf. inst. (cm/h)	Inf. bás. (cm/h)	Um. atual (%)
TR	01	Medicilândia	126,0	28,9	43,7
LVma	02	Rurópolis	102,0	4,9	41,2
LAma	03	Rurópolis	36,0	0,6	41,4
PVm/a	04	Itaituba	54,0	3,0	37,1

Inúmeros pesquisadores, dentre os quais Hillel (1971), Forsythe (1975), Gavande (1973), Swartzendruber & Hillel (1973); Reichardt (1975), Souza & Cogo (1978); Hillel (1982), têm estudado o efeito do conteúdo inicial de água do solo na taxa de infiltração, concluindo que, quanto maior o teor de umidade inicial, menor o movimento da água para baixo. Neste aspecto, levando-se em consideração que os solos representados pelos perfis 01 e 02 apresentaram maiores taxas de infiltração inicial e encontravam-se com teores elevados de umidade atual (Tabela 1), espera-se que os valores da taxa de infiltração dos mesmos sejam bem mais altas em períodos mais secos. Contudo, do ponto de vista da conservação do solo, é muito mais importante conhecer suas propriedades transmissoras de água durante o período chuvoso, posto que, é nessa época que as relações precipitação/infiltração determinam a ocorrência do processo erosivo (Medina & Leite, 1984).

Alguns pesquisadores (Wischmeier & Mannering, 1965; Souza & Cogo, 1978; Jorge & Prado, 1988), observaram que a matéria orgânica possui influência decisiva na taxa de infiltração, principalmente devido a seus efeitos no au-

mento da estabilidade dos agregados e da porosidade total. Assim, os solos com infiltração instantânea acima de 100cm/h (perfis 01 e 02), apresentam teores de matéria orgânica variando de 10,7% a 11,3% (Tabela 2). Porém, Oliveira Junior & Medina (1985) não encontraram influência da matéria orgânica na taxa de infiltração, devido ao mascaramento da mesma pela compactação do solo superficial, o que praticamente dominou o processo de infiltração de água no mesmo.

A infiltração básica ou final é uma das formas mais utilizadas para expressar a infiltrabilidade do solo, isto é, a sua capacidade para absorver água em um determinado tempo, apresentou grandes variações (Tabela 1), indo de 0,6cm/h, no solo representado pelo perfil 03, até 28,9cm/h naquele representado pelo perfil 01. Estas variações são de particular interesse prático, haja vista seu impacto diferencial na erosão do solo e, indiretamente, no crescimento das plantas (Hillel, 1971). Por exemplo, a Terra Roxa Estruturada de Medicilândia, com 28,9cm/h de infiltração básica, terá menor índice de erosão do solo, devido ao menor escoamento superficial do que o Latossolo Amarelo muito argiloso de Rurópolis com 0.6cm/h. De acordo com O'Neal (1949), os solos são classificados com base na infiltração básica em: muito rápida (perfil 01), moderada (perfis 02 e 04) e moderadamente lenta (perfil 03).

As variações observadas na infiltração básica podem ter sido ocasionadas por vários fatores, dentre os quais se destacam os seguintes: canais abertos por minhocas e outros organismos não detectados em alguns dos locais onde se realizaram os testes e a compactação não uniforme das camadas superficiais do solo. Estes seriam, também, as causas da falta de coerência entre a taxa de infiltração e densidade global.

TABELA 2. Principais características físicas dos quatro perfis coletados.

Solo	Per.	Horiz.	Prof.	Granulom.%			Retenção de água V/V					A.D			Poros.%				Macrop.%							
				ARE	SIL	ARG	0,06	0,10	0,33	1,00	5,00	15,0	mm	mm/cm	M.O.	U.A.	C.H.	Dr	Da	DET	CAL	MIC	DET	CAL	PBI	I.A.
TRma	01	A1	0-13	25	25	50	45,1	43,1	40,6	38,0	34,2	33,2	7,4	9,6	4,9	43,7	>25	2,67	0,94	62	65	45	17	20	03	0,69
		AB	13-27	26	19	55	41,9	40,3	38,4	36,3	34,2	34,0	4,4	6,2	2,2	40,5	1,16	2,78	1,29	53	54	42	11	12	01	0,78
		BA	27-54	22	15	63	40,7	39,5	37,9	36,0	34,6	34,1	3,8	10,3	1,3	39,7	1,44	2,82	1,31	50	54	41	09	13	04	0,76
		Bt1	54-102	18	11	71	40,6	39,5	37,8	36,0	34,9	34,1	3,7	15,9	1,0	39,8	0,28	2,82	1,26	50	56	41	09	15	06	0,73
		Bt2	102-158	18	11	71	40,9	39,2	37,7	36,1	35,0	33,5	4,2	16,0	0,7	38,0	0,30	2,90	1,25	52	57	41	11	16	05	0,72
		Bt3	158-235	18	11	71	41,2	39,3	37,1	35,4	34,0	33,1	4,0	25,6	0,6	36,8	0,22	2,86	1,24	52	57	41	11	16	05	0,72
LVma	02	A1	0-9	28	12	60	44,0	42,5	40,7	38,7	35,6	35,0	5,7	7,4	5,1	41,2	18,3	2,49	1,01	57	60	44	13	16	03	0,73
		BA	9-19	23	12	65	41,4	39,9	38,3	36,4	33,9	32,5	5,8	11,0	2,3	39,9	4,1	2,56	1,23	52	52	41	11	11	00	0,79
		Bw1	19-33	19	11	70	37,5	35,8	34,9	33,7	32,5	31,4	3,5	9,5	1,5	35,2	4,1	2,56	1,21	51	53	38	13	15	02	0,72
		Bw2	33-61	19	10	71	36,1	34,7	32,7	31,1	29,4	29,1	3,6	13,0	1,0	34,2	2,2	2,60	1,13	52	57	36	16	21	05	0,63
		Bw3	61-113	20	09	71	38,2	34,7	32,0	30,1	28,2	28,2	3,8	19,0	0,8	34,3	2,3	2,60	1,15	51	56	38	13	18	05	0,68
		Bw4	113-167	18	10	72	41,9	38,6	35,0	33,0	30,6	30,5	4,5	24,8	0,6	37,2	0,9	2,64	1,19	50	55	42	08	13	05	0,76
LAma	03	A1	0-16	13	12	75	43,4	42,5	41,5	40,0	38,4	37,9	3,6	2,5	4,7	41,4	>25	2,47	0,99	58	60	43	15	17	02	0,72
		AB	16-35	08	11	81	41,9	41,0	40,5	39,2	37,2	37,0	3,5	3,9	2,6	41,3	>25	2,50	1,06	54	58	41	13	17	04	0,71
		BA	35-67	07	09	84	42,1	40,4	39,3	36,9	26,3	36,0	3,3	6,3	1,8	40,2	2,1	2,50	1,09	52	57	42	10	15	05	0,74
		Bw1	67-102	07	07	86	38,3	34,1	31,6	30,1	28,6	27,6	4,0	12,0	1,3	33,4	7,2	2,56	1,03	55	60	38	17	22	05	0,63
		Bw2	102-137	07	07	86	44,0	40,3	38,0	36,0	33,7	33,0	5,0	17,0	0,9	38,9	0,1	2,56	1,04	53	60	44	09	16	07	0,73
		Bw3	137-167	08	06	86	44,1	38,4	35,2	32,7	30,9	30,4	4,8	18,7	0,8	36,3	2,6	2,50	1,01	55	60	44	11	16	05	0,73
Bw4	167-240	08	06	86	43,4	39,3	36,3	34,0	32,0	31,8	4,5	27,0	0,7	38,4	0,5	2,56	1,06	54	59	43	11	16	05	0,73		
PV	04	A1	0-10	65	14	21	37,9	36,1	33,3	31,7	22,2	21,8	11,5	11,5	2,4	37,1	1,1	2,50	1,33	47	47	38	09	09	00	0,81
		AB	28-55	53	18	29	34,0	31,5	28,8	25,8	22,2	22,1	6,7	6,0	1,6	33,5	1,2	2,53	1,40	44	45	34	10	11	01	0,76
		BA	55-94	52	15	33	31,9	29,9	28,4	26,0	22,7	22,6	5,8	11,0	1,0	30,8	0,3	2,56	1,34	43	48	32	11	16	05	0,67
		Bt1	94-148	43	11	46	35,2	33,4	32,2	29,9	27,8	27,7	4,5	17,6	0,7	33,7	0,1	2,60	1,41	45	46	35	10	11	01	0,76
		Bt2	148-220	41	12	47	36,5	35,3	33,8	31,7	30,5	30,1	3,7	13,3	0,6	36,5	0,1	2,60	1,43	43	45	37	06	08	02	0,82
		Bt3	148-220	41	12	47	36,2	35,1	33,6	31,6	30,3	29,9	3,7	13,7	0,4	36,0	0,2	2,56	1,37	44	47	36	08	11	03	0,77

ARE = areia %  
 SIL = silte %  
 ARG = argila %  
 A.D. = água disponível mm  
 M.O. = matéria orgânica %  
 U.A. = umidade atual v/v

C.H. = condutividade hidráulica cm/h  
 Dr = densidade de partículas g/cm<sup>3</sup>  
 Da = densidade global g/cm<sup>3</sup>  
 DET = determinada  
 CAL = calculada  
 MIC = microporosidade %

PBI = poros bloqueados %  
 I.A. = índice de aeração  
 POROS. = porosidade total %  
 MACROP. = macroporosidade %

De acordo com Embrapa (1978) e Gent Junior et al. (1984), há um decréscimo significativo no processo de transmissão de água no solo após o desmatamento da floresta natural, havendo no Estado do Amazonas uma diminuição na infiltração de 30cm/h antes da derrubada para 3-4cm/h depois dessa operação, não se verificando diferenças significativas entre a operação manual e a mecanizada. Lal (1976), trabalhando na Nigéria, também encontrou diminuição na taxa de infiltração, e explicou que a deterioração da estrutura e a formação de crostas na superfície do solo seriam as responsáveis pelo decréscimo da taxa de infiltração de água no solo. Por isso, deve-se esperar que os solos em questão sofram redução na taxa de infiltração, quando entrarem no processo produtivo.

## ÁGUA DISPONÍVEL

A quantidade de água disponível nos solos amostrados pode ser visualizada em diferentes profundidades na Tabela 2 e, considerando-se os percentuais retidos nas tensões de 0, 33 e 15atm, como o limite superior e inferior, respectivamente, as quais correspondem à faixa de água disponível. Observa-se na referida Tabela, que o aumento da densidade do solo proporcionou maior quantidade de água disponível nos perfis analisados, resultados estes que concordam com os de Hill & Summer (1967) e Petersen et al. (1968), onde estes autores consideraram que os efeitos da densidade sobre as características hídricas referem-se às diferenças na geometria e distribuição dos poros.

Ainda nesta Tabela, pode-se inferir que todos os perfis apresentam armazenamento (disponibilidade) superior a 55mm de água, considerando-se a profundidade de 120cm. Na prática, na ausência de chuvas, as culturas implantadas nesses solos poderão dispor de umidade suficiente por nove dias, se for considerada a evapotranspiração ao redor de 6mm/dia (Wolf & Soares, 1976).

Considerando-se os teores de argila dos perfis analisados, especialmente do horizonte B, esperava-se que os teores de água disponível fossem bem maiores do que os obtidos, onde os valores alcançados, expressos em milímetros de chuva, nas profundidades consideradas (ao longo do perfil), variaram de 73,1mm a 87,4mm, resultados estes que concordam com os obtidos por Oliveira & Melo (1978).

A Tabela 3 dá uma idéia das tensões entre os quais se encontram os primeiros 50% da água disponível. Verifica-se que, com exceção do horizonte A1 do perfil 04 (Pvm/a), todos os demais apresentaram-se com tensões aproximadas acima de 3,1atm. Isto, segundo Daker (1970), restringe o desenvolvimento e a produção das principais culturas.

TABELA 3. Tensões a que estão submetidos 50% da água disponível em quatro perfis de solos da Rodovia Transamazônica, Estado do Pará.

Solo	Perfil	Horizonte	Água disponível %	Tensão aprox. atm
TREa/ma	01	A1	36.9	3.2
		Bt <sub>1</sub>	36.0	3.3
LVma	02	A1	37.8	3.2
		Bw1	33.2	3.1
LAma	03	A1	39.7	4.0
		Bw1	29.6	3.4
Pvm/a	04	A1	27.6	2.8
		Bt1	30.0	3.2

## RETENÇÃO DE UMIDADE

Os teores de umidade mostram que, independente da tensão, ocorre uma diminuição da retenção de água com a profundidade (Tabela 2), concordando com os resultados obtidos por Stone & Silveira (1978), e, os maiores valores da umidade na superfície, devem-se, provavelmente, aos teores mais elevados de matéria orgânica, resultados estes que concordam com os de Grohmann & Medina (1962), Maclean & Yager (1972), Winkler & Goedert (1972) e Freire & Scardua (1978). As variações nos horizontes subsuperficiais, devem-se aos teores de argila mais elevados (perfis 01 e 03), resultados que se assemelham aos obtidos por Gavande (1968), e à maior quantidade de microporos (perfil 03), concordando com os resultados de Hill & Summer (1967), Hillel (1971) e Baver et al. (1972).

As Figs. 5 e 6 mostram as curvas características de umidade (porcentagem de água, em volume, versus a tensão na qual a água é retida no solo). Os resultados indicaram tendência à horizontalidade a partir da tensão de 5atm para os perfis 01, 02 e 04. A partir da tensão de 1atm, a tendência é observada no perfil 03 (horizonte A1). Esta interpretação da curva indica que é mínima a quantidade de água para os vegetais, nestes perfis, sob tensões superiores àquela considerada (Fontes & Oliveira, 1982).

Considerando-se a retenção de umidade entre as tensões de 0,1 e 5atm, a deflexão da curva entre estes dois pontos é mais acentuada, considerando-se o horizonte A1, nos perfis 04, 01, 02 e 03, indicando maior retenção de umidade (Fontes & Oliveira, 1982).

Entre as tensões de 5 a 15atm, considerando-se o horizonte B2 de cada perfil, não houve diferenças significativas nos valores de umidade, onde a uniformidade nos teores de argila deve ser a explicação, pois, conforme Hillel (1971), a retenção nessas tensões depende da textura e da superfície específica.

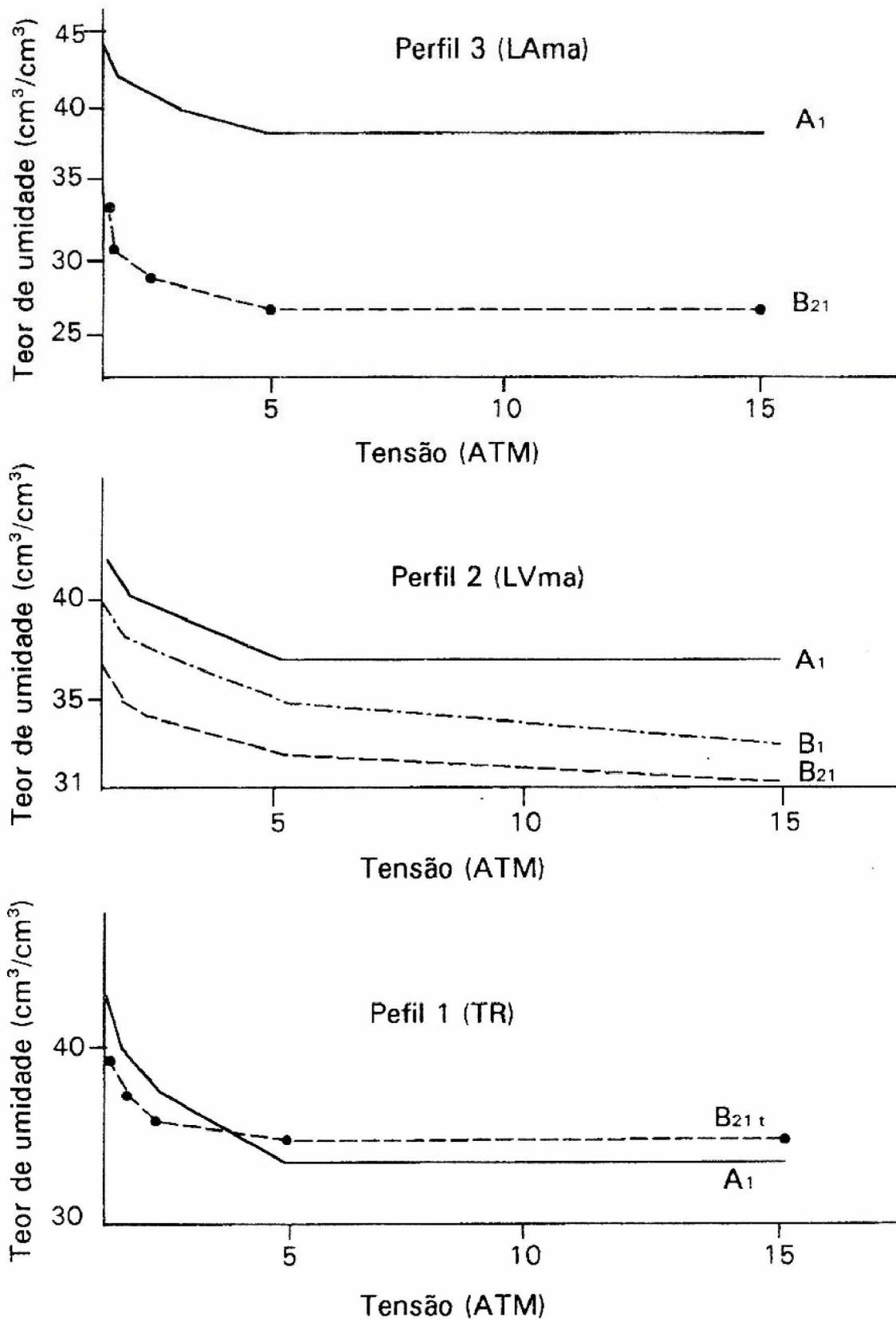


FIG. 5. Curvas características de umidade dos perfis 01 (Terra Roxa Estruturada argilosa/muito argilosa), 02 (Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso) e 03 (Latossolo Amarelo muito argiloso).

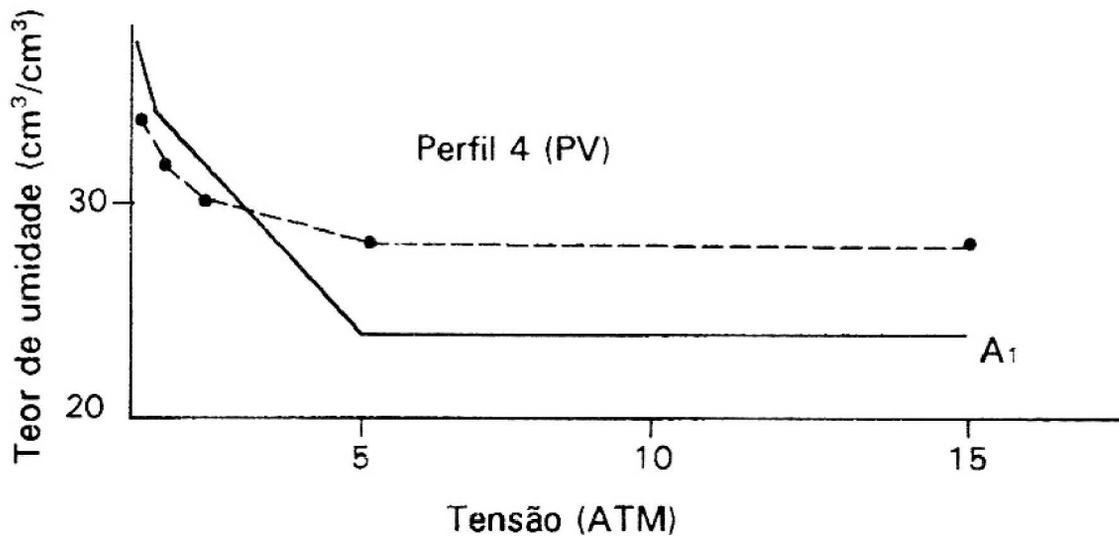


FIG. 6. Curvas características de umidade do perfil 04 (Podzólico Vermelho-Amarelo médio/argilosa).

## CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

A análise de resultados da condutividade hidráulica (Tabela 2) nos horizontes superficiais, mostra uma variação de rápida a muito rápida (18,3 a >25.0cm/h), com exceção à do perfil 04, classificado como moderadamente lenta. Isto se deve à pequena porcentagem de macroporos (9%), o que, segundo Correa (1986), está intimamente associado à condutividade hidráulica. De acordo com Hillel (1971), a maior compactação do perfil 04 em relação aos demais, demonstradas pelos altos valores de densidade global (Tabela 2), com a conseqüente diminuição da porosidade, seria a causa da menor condutividade hidráulica nesse solo. Na prática, isto pode se traduzir num incremento da erosão, visto que, quando a intensidade da precipitação for superior a 11mm/h, intensificará o escoamento superficial, o que, para o solo em questão, situado em relevo ondulado com aproximadamente 18% de declividade, ocasionará sérias conseqüências.

Com os valores da densidade global do solo e da condutividade hidráulica (Tabela 2), foi possível estabelecer que uma função de potência ( $Y = ax^b$ ) é a que melhor descreve a relação entre essas variáveis. Na Fig. 7, estão representadas as curvas dessa relação para os perfis 01 e 04, onde se observa a ocorrência de uma redução na condutividade hidráulica à medida que aumenta a densidade global. Quando se compara o coeficiente de correlação ( $r$ ) obtido neste trabalho ( $r=0,81$  e  $r=0,54$ , respectivamente, para o perfil 01 e para o perfil 04), com os apresentados por Beltrame et al. (1981), verifica-se que aqueles são menores do que estes, porém, significativos.

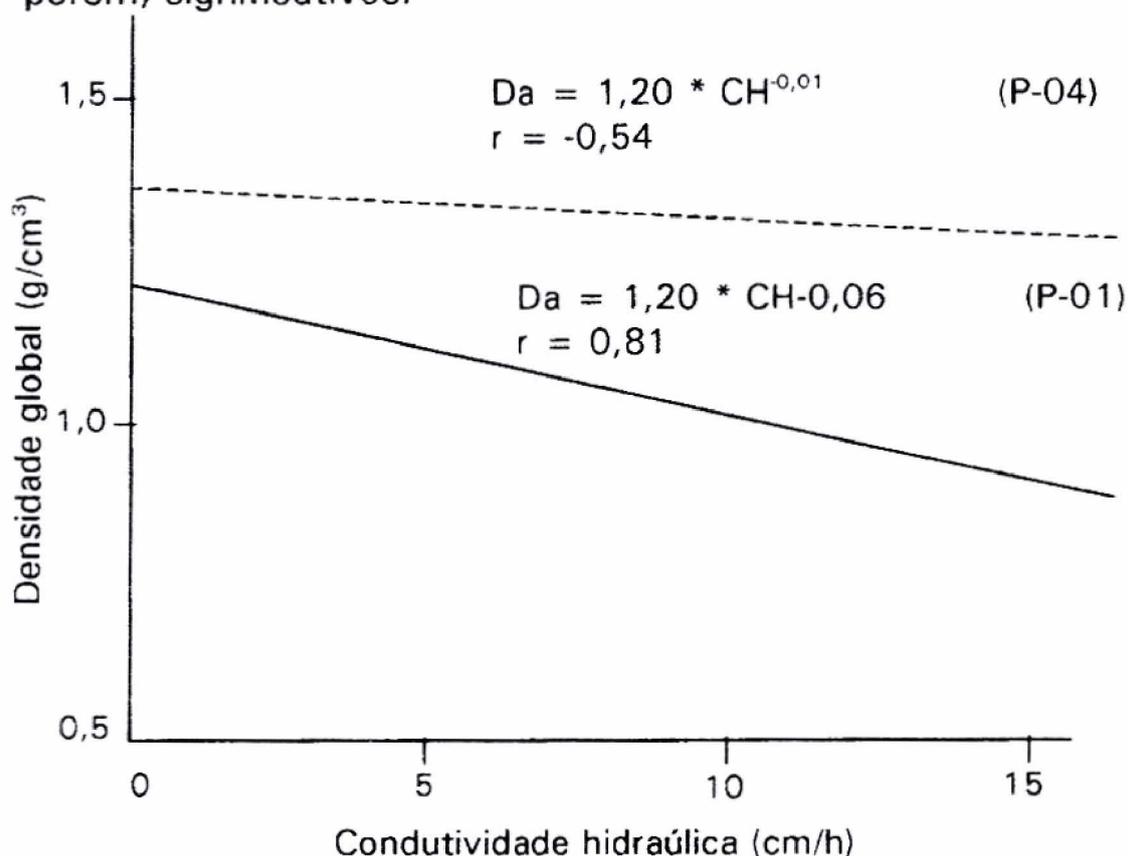


FIG. 7. Curvas de regressão geométrica entre a condutividade hidráulica (CH) e a densidade aparente (DA) nos perfis 01 (Terra Roxa Estruturada argilosa/muito argilosa) e 04 (Podzólico Vermelho-Amarelo média/argilosa).

## DENSIDADE GLOBAL

Conforme mostrado na Tabela 2, verifica-se que o solo representado pelo perfil 04 apresentou maior valor para a variável densidade global, situando-se ao redor de  $1,40\text{g/cm}^3$ , o que, segundo Donahue et al. (1983), prejudicaria o bom desenvolvimento das culturas. A provável causa desse adensamento foi o baixo teor de matéria orgânica encontrado nesse solo (Tabela 2), o que concorda com a afirmação de vários pesquisadores (Hillel, 1971; Baver et al., 1972; Gavande, 1973; Kiehl, 1979 e Donahue et al., 1983). Além disso, segundo Sanches (1981), este maior adensamento pode estar relacionado ao seu maior conteúdo de areia (Tabela 2), impedindo, assim, a formação de grânulos estáveis, tornando-os mais susceptíveis à compactação.

## POROSIDADE TOTAL

Na Tabela 2 são apresentados os valores da porosidade total, macro e microporosidade, poros bloqueados e índice de aeração. Verifica-se que os solos representados pelos perfis 03, 01 e 02 apresentaram maiores valores da porosidade total, classificando-se, segundo Fontes & Oliveira (1982), como de alta porosidade total, enquanto o solo do perfil 04, classifica-se como de média porosidade.

Quanto à quantidade de poros bloqueados nos perfis analisados, observou-se uma seqüência crescente na seguinte ordem: perfis 04, 02, 01 e 03. Vale ressaltar que os poros bloqueados são aqueles que impedem o trajeto da água, prejudicando, assim, a capacidade de retenção e infiltração de água no solo.

As condições de aeração do solo, para a totalidade dos perfis estudados, de acordo com o critério empregado por Oliveira & Melo (1978), o perfil 01, horizonte A1 apresenta-se com índice de aeração médio, enquanto os demais

perfis classificam-se como baixo, sendo esta classificação comum a todos os perfis em toda a sua profundidade. O índice de aeração dá idéia da relação entre a microporosidade e a porosidade total; assim, quanto menor o seu valor absoluto, melhores condições de aeração terá o solo.

Observando-se ainda na Tabela 2, que mostra os valores da porosidade, verifica-se que os perfis 03, 01 e 02 apresentam maiores valores para a macroporosidade, e os dois primeiros apresentam praticamente a metade do percentual de microporos, sendo este bastante uniforme ao longo de todo o perfil. Vale ressaltar que no perfil 01 ocorre uma brusca queda na macroporosidade, com conseqüente aumento de microporos, formando uma camada adensada, o que é confirmado pelos valores da densidade global, concordando com os resultados relatados por Kiehl (1979).

## GRANULOMETRIA

Na granulometria dos perfis de Latossolos estudados ocorre um predomínio absoluto da fração terra fina. Quanto aos Podzólicos e Terra Roxa Estruturada, a granulometria mostrou também que a fração terra fina é dominante.

Nos perfis 02, 03 e 01, de textura argilosa a muito argilosa, a fração argila é o componente dominante com teores máximos em torno de 93%.

O solo Podzólico (perfil 04), de textura média/argilosa, apresenta valores altos para a fração areia, em torno de 41% a 74%, com valores mais altos observados nos horizontes superficiais.

As curvas de distribuição de argila com a profundidade dos solos apresentados na Fig. 8 evidenciam um incremento gradativo nos valores da fração argila dos horizontes superficiais para os subsuperficiais, caracterizando a presença de horizonte B latossólico nos perfis 02 e 03, enquanto que, as curvas de distribuição de argila dos perfis 01 e 04,

mostram um incremento acentuado da fração argila dos horizontes superficiais para os subsuperficiais, demonstrado também pela relação textural B/A relativamente alta, evidenciando, portanto, a ocorrência do processo de iluviação e presença de horizonte B textural nesses solos.

A relação silte/argila, observada na maior parte dos solos estudados, é muito baixa nos Latossolos (perfis 02 e 03), com valores variando de 0,07 a 0,21, demonstrando um elevado estágio de intemperismo, enquanto que, o solo Podzólico (perfil 04) e a Terra Roxa Estruturada (perfil 01) apresentam valores mais elevados, principalmente, nos horizontes subsuperficiais.

O grande percentual da fração silte encontrado nos horizontes superficiais de alguns solos, aliados ao relevo com declividades acentuadas, induzem a uma aceleração do processo erosivo quando submetidos a uso intensivo, enquanto que os solos com baixos teores de silte e relevo plano a suave ondulado apresentam susceptibilidade à erosão com menor intensidade.

## CONCLUSÕES

Considerando-se os resultados obtidos sobre as características físico-hídricas e morfológicas, conjuntamente com as informações obtidas no campo, é possível estabelecer as seguintes conclusões:

- as maiores taxas de infiltração foram encontradas nos perfis 01 (Terra Roxa Estruturada) e 02 (Latossolo Vermelho-Amarelo);

- solos com maiores teores de matéria orgânica possuem taxa de infiltração mais elevadas;

- todos os perfis estudados apresentam capacidade de armazenamento de água superior a 55mm;

- independente da tensão, todos os perfis apresentaram diminuição da retenção de água com o aumento da profundidade;

- a partir da tensão de 5atm, os perfis 01, 02 e 04 apresentam quantidade de água mínima disponível para os vegetais;

- a condutividade hidráulica dos perfis analisados varia de moderadamente lenta (perfil 04) a muito rápida (perfis 01 e 03);

- o perfil 04 apresentou-se mais adensado, mesmo sob vegetação natural, com valor da densidade global ao redor de  $1,40\text{g/cm}^3$ ;

- os perfis 03, 01 e 02 apresentaram porosidade total classificada como alta, acima de 56%;

- nos perfis 01, 02 e 03 há um predomínio da fração argila, enquanto que no perfil 04 o teor de areia varia de 41% a 74%;

- apesar da existência de rochas de diferentes unidades geológicas nas regiões escolhidas, os solos estudados mostram-se altamente intemperizados, evidenciado pelas baixas relações silte/argila;

- solos da mesma classe, sob vegetação natural, com textura, estrutura e porosidade total semelhantes, apresentam taxa de infiltração diferentes, devido, principalmente, à diferença entre a macro e microporosidade e/ou a obstrução dos poros;

- os solos apresentam disponibilidade de água baixa, devido apresentarem retenção de umidade a 15atm bastante elevada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. New York: J. Wiley & Sons, 1972. 530p.
- BERTRAND, A.R. Rate of water intake in the field. In: BLACK, C.A., ed. **Methods of soil analysis**. I. Physical and mineralogical properties including statistics of measurements and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. Part I. p.197-209. (Agronomy, 9).
- COLLIS-GEORGE, N.; LAL, R. Infiltration and structural changes as influenced by initial moisture content. *Australian Journal of Soil Research*, v.9, p.107-116, 1971.
- CORREA, J.C. Características físicas de um latossolo amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas sob diferentes métodos de preparo do solo. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais.**, Belém: Embrapa-CPATU, 1986. p.437-445. (Embrapa-CPATU. Documentos, 36).
- DAKER, A. **A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola**. Rio de Janeiro, Ed. Freitas Bastos, 1970. v.3. Irrigação e drenagem.
- DONAHUE, R.L. **Laboratory manual for introductory soils**. Illinois: Interstate Printers and Publ., 1952. 52p
- DONAHUE, R.R.; MILLER, R.W.; SHICKLUNA, R.C. **Soils: an introduction to soils and plant growth**. 5 ed. New York: Prentice Hall, 1983. 667p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- EMBRAPA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (Manaus-AM). **Sistemas de desmatamento. Relatório Técnico Anual da UEPAE de Manaus**, Manaus, 1978. p.267-281.

- FONTES, L.E.F.; OLIVEIRA, L.B. Curvas de retenção de umidade de solos do norte de Minas Gerais, área de atuação da SUDENE. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1982. 19p. (Embrapa-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 4).
- FORSYTHE, W.M. **Física de suelos**: manual de laboratório. San Jose: IICA, 1975. 212p.
- FREIRE, J.C.; SCARDUA, R. Curvas características de retenção de água de um latossolo roxo distrófico do Município de Lavras, Minas Gerais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.2, p.95-98, 1978.
- GAVANDE, S.A. Water retention characteristics of some Costa Rican soils. **Turrialba**, v.18, n.1, p.34-38, 1968.
- GAVANDE, S.A. **Física de suelos**: principios e aplicaciones. México: J. Willey, 1973. 351p.
- GENT, JUNIOR, J.A.; BELLARD, R.; HASSAM, A.E.; CASSEL, D.K. Impact of harvesting and site preparation on physical properties of Piedmont forest soil. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.48, p.173-177, 1984.
- GROHMANN, F.; MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Piracicaba, v.21, n.18, p.285-295, 1962.
- HILL, J.N.S.; SUMMER, M.E. Effects of bulk density on moisture characteristics of soil. **Soil Science**, v.103, n.4, p.234-238, 1967.
- HILLEL, D. **Soil and water: physical principles and processes**. New York: Academic Press, 1971. 288p.
- HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. Orlando: Academic Press, 1982. 364p.
- JORGE, J.A.; PRADO, H. Porosidade, consistência e propriedades hídricas de três podzólicos vermelhos-amarelos e uma terra roxa estruturada. **Revista brasileira de Ciência do Solos**, Campinas, v.12, n.1, p.1-6, 1988.

- KIEHL, J.E. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.
- LAL, R. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria. V. The changes in physical properties and the response of crops. **Geoderma**, Amsterdam, v.16, p.419-431, 1976.
- MACLEAN, A.H.; YAGER, T.V. Available water of Zambian soils in relation to pressure plate measurements and particle size analysis. **Soil Science**, v.113, n.1, p.23-29, 1972.
- MEDINA, B.F.; LEITE, J.A. Influência de três sistemas de manejo e duas coberturas vegetais na infiltração de água em um latossolo amarelo de Manaus-AM. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.11, p.1323-1331, 1985.
- OLIVEIRA, L.B. de. Determinação de macro e microporosidade pela "mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.3, p.197-200, 1968(a).
- OLIVEIRA, L.B.; MELO, V. Caracterização físico-hídrica do solo. II. Unidade Utinga (Latosolo Vermelho-Escuro distrófico). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.3, p.67-81, 1978.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; MEDINA, B.F. Efeito de diferentes coberturas vegetais nas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento da seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., 1985, Belém, PA. **Resumos.**, Belém, 1985.
- O'NEAL, M.H. Soil characteristics significant in evaluating permeability. **Soil Science**, v.67, n.5, p.17-21, 1949.
- PETERSEN, G.W.; CUNNINGHAM, R.C.; MATELSKI, R.P. Moisture characteristics of Pennsylvania soils. I. Moisture retention as related to texture. **Soil Science Society of American Proceedings**, v.32, n.2, p.271-275, 1968.

- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. USPCNEN e Fundação Cargill, Piracicaba, 1975. 286p.
- RICHARDS, L.A Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science**, v.68, p.95-112, 1949.
- SANCHES, P.A. Suelos del tropicos: características y manejo. San Jose: IICA, 1981. 633p.
- SCHUBART, H.O.R. Critérios ecológicos para o desenvolvimento agrícola das terras firmes da Amazônia. INPA, Manaus, 1977. 112p
- SOUZA, L.S.; COGO, N.P. Caracterização física em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo-RS (Paleudult), em três sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, p.170-175, 1978.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Condutividade hidráulica de um Latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.13, n.4, p.63-71, 1978.
- SWARTZENDRUBER, D.; HILLEL, D. The physics of infiltration. In: Physical aspects os soil, water and salts in ecosystems. Ed. HADAS, A. et alii. Spring-Verlag, Berlin. Heidelberg-New York. p.3-15, 1973. (Ecological Studies, 4).
- WINKLER, E.I.G.; GOEDERT, W.J. Características hídricas dos solos de Pelotas, R. S. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.7, p.1-4, 1972.
- WISCHMEIER, W.H.E.; MANNERING, S.V. Effect of organic matter content of soil on infiltration. **Journal of Soil Water Conservation**, v.20, n.4, p.150-152, 1965.
- WOLF, J.M.; SOARES, W.V. Características de umidade de um Latossolo vermelho-escuro do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Sér. Agron., v.11, p.101-106, 1976.