

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE ALGUMAS UNIDADES DE SOLO DA QUADRÍCULA DE PIRACICABA

José Antonio Jorge¹

INTRODUÇÃO

A minuciosa caracterização física dos solos, em complemento ao levantamento pedológico semidetalhado tradicional, possibilita uma melhor interpretação do comportamento dos solos face às práticas de manejo. SANCHEZ (1976), estudando os Ultissolos e Alfissolos com capeamento parcial de sesquióxidos, encontrou melhores propriedades de retenção de água do que nos oxissolos. Este autor salienta que uma das melhores maneiras de avaliar a estrutura do solo é através da determinação da taxa de infiltração de água. Estes testes realizados no campo com várias repetições integram muitas variáveis físicas e como a área de solo explorada é relativamente grande, reduz-se a variabilidade causada pelos canais originados de raízes e animais. Um parâmetro polêmico em Física do Solo diz respeito a água retida em capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente. Assim, MacLEAN & YAGER (1972) estudando vários oxissolos, vertissolos, inceptissolos e entissolos de Zâmbia concluíram que o teor de água retida entre os potenciais mátricos 0,01 e 0,02 MPa se aproxima mais da capacidade de campo do que a 0,03 MPa, recomendada por VEIHMEYER & HENDRICKSON (1949). O autor do presente trabalho encontrou valores muito próximos de retenção de água a 0,02 MPa e capacidade de campo determinada *in situ*, em Podzólico Ver-

¹ Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP. Bolsista do CNPq.

melho-Amarelo respectivamente 9,1% e 10,3% sob eucalipto, 10,0% e 11,7% sob café, 11,5% e 12,6% sob mata. A caracterização física detalhada das unidades de solo, apresentada neste trabalho, traz elementos para orientar as práticas de manejo, principalmente as relacionadas com a economia da água e tratos culturais.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedeu-se ao estudo dos atributos físicos das unidades de solo mais expressivas do levantamento pedológico a saber: planossolo v \acute{e} rtico (PL), vertissolo, podz \acute{o} lico vermelho-escuro (PE) e podz \acute{o} lico vermelho-amarelo (PV). Procedeu-se a coleta de amostras indeformadas, com an \acute{e} is volum \acute{e} tricos de 36,7 cm³, em duas profundidades e com seis repeti \tilde{c} oes, as quais foram utilizadas nas determina \tilde{c} oes de curva caracter \acute{i} stica de reten \tilde{c} ao de umidade e de densidade global. Foram retiradas, ainda, amostras deformadas para as an \acute{a} lises qu \acute{i} micas, granulom \acute{e} trica, de densidade real, limite de liquidez e limite de plasticidade. As an \acute{a} lises f \acute{i} sicas foram efetuadas pelos seguintes m \acute{e} todos: an \acute{a} lise granulom \acute{e} trica, pelo m \acute{e} todo da pipe ta e dispers \tilde{a} o com hidr \acute{o} xido de s \acute{o} dio 0,1N mais hexame tafosfato de s \acute{o} dio, com agita \tilde{c} ao lenta (CAMARGO *et alii*, 1986) e escala textural americana. A densidade do solo e das part \acute{i} culas foi determinada, respectivamente, pelo anel volum \acute{e} trico e bal \tilde{a} o volum \acute{e} trico com \acute{a} lcool etilico.

Taxa de infiltra \tilde{c} ao de \acute{a} gua: com infiltr \acute{o} metro de carga hidr \acute{a} ulica constante, com dois an \acute{e} is conc \acute{e} ntricos, sendo que o anel interno por meio do qual se faz a medi \tilde{c} ao da infiltra \tilde{c} ao tem 24,5 cm de di \acute{a} metro, conforme modelo em uso na Se \tilde{c} ao de Pedologia do IAC (CAMARGO *et alii*, 1986). Em seguida, avaliou-se a frente de molhamento com um trado. Cobriu-se com pl \acute{a} stico uma parcela onde a frente de molhamento n \tilde{a} o foi determinada, n \tilde{a} o havendo pois perturba \tilde{c} ao com nenhum implemento, e 48 horas ap \acute{o} s determinou-se a capacidade de campo por gravi-

metria nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Determinou-se a retenção de umidade em amostras indeformadas, nos potenciais mátricos de 0,02, 0,1, 0,5 e 1,5 MPa em extractores de membrana e pratos de cerâmica pelo método de secamento. A água retirada a 0,006 MPa (Y) foi considerada no cálculo da microporosidade, segundo a equação:

$$\text{Microporos (\%)} = \frac{Y(\text{em gramas}) \times 100}{\text{volume do cilindro}}$$

Os poros bloqueados referem-se à diferenças entre a porosidade total calculada e a porosidade total determinada.

Resistência à penetração: com penetrômetro de impacto, com as dimensões do cone padronizadas pela ASAE Recommendation (1958), sendo a leitura de penetração, feita na própria haste que é graduada em centímetros. Determinou-se a resistência à penetração ao penetrômetro de impacto, com seis repetições, em umidade atual do solo e em capacidade de campo, aproveitando-se a parcela saturada durante a infiltração básica e coberta com plástico durante 48 horas. Entende-se por umidade atual do solo, neste trabalho, o teor de água equivalente a cerca de 50% da capacidade de campo. A água disponível (AD) em volume foi calculada pela equação:

$$\text{AD\%} = (\text{CC\%} - \text{PMP\%}) \cdot \text{pg}, \text{ sendo}$$

CC = capacidade de campo (% peso), -0,02 MPa

PMP = ponto de murcha permanente (% peso), -1,5 MPa

pg = densidade global do solo (g/cm³).

As análises químicas foram efetuadas pelos métodos usuais da Seção de Pedologia do Instituto Agronômico - Campinas, SP (CAMARGO et alii, 1986) a saber, pH em relação solo-líquido 1:2,5; C orgânico com bicromato de potássio; bases trocáveis com HNO₃ 0,05N, acidez titulável com acetato de cálcio 1N, pH 7; alumínio trocável com

KCl e Fe_2O_3 com H_2SO_4 (1+1). Utilizou-se modelo de blocos ao acaso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sob o ponto de vista de análise granulométrica, todos os solos estudados, com exceção do horizonte A do podzólico vermelho-amarelo, apresentaram teores muito elevados de argila dispersa em água, o que demonstra serem altamente sujeitos à erosão hídrica (Tabela I). Todos os solos, com exceção do PEel, apresentaram elevada acidez, expressa pelos baixos índices de pH e pelos altos teores de alumínio trocável; no vertissolo o Al^{3+} é baixo e o V% é muito alto. O PEel apresentou maior porosidade total e macroporosidade (Tabela II) e, consequentemente, maior taxa de infiltração (Tabela III); por outro lado, o PVD apresentou a menor porosidade total, taxa de infiltração moderada a rápida e menor retenção de água em vários potenciais matriciais estudados, a despeito de apresentar a maior quantidade de água disponível no horizonte A21, que embora arenoso é constituído de 82% de areia fina. A taxa de infiltração básica (Figura 4), média de seis repetições, foi de 3,2, 2,5, 1,7 e 0,7 milímetros por minuto, respectivamente no PEel (rápida), vertissolo (rápida), PEe2 (rápida), PVD (moderadamente rápida) e planossolo vértico (moderada). Observa-se (Figuras 1 e 2) um comportamento hídrico semelhante nos horizontes Ap e B21, para os solos estudados. Quanto à retenção de água, considerando-se o intervalo de confiança ao nível de 95%, observou-se no horizonte A2, nos potenciais matriciais de 0,006, 0,02 e 1,5 MPa, uma retenção decrescente no vertissolo, PEel-planossolo, PEe2 e por último o PVD. As unidades separadas por hífen, não apresentaram diferenças significativas. O coeficiente de variação foi baixo, oscilando de 1,97 a 11,5%. A água disponível, em % de volume, para os horizontes Ap e B21, respectivamente, foi de 1,4 e 0,6 para o PVD; 1,6 e 2,0% para o PEe2; 2,5 a 2,3% para o vertissolo; 2,7 e 2,7% para

TABELA I. Caracterização física e química das unidades de solo estudados.

Unidade de solo	Bori. fonte	Profun. la	argi. la	silte	argila fina	argila grossa	arg. H ₂ O	pH		C	Al ³⁺	H ⁺	S(2)	CTC(3)	V
								H ₂ O	KCl						
Planossolo Vértico	A1	0-20	24	37	31	08	18	4,6	3,7	2,0	2,1	5,2	4,60	11,90	38,5
	A2	20-30	38	33	25	04	28	5,2	3,4	0,6	5,8	2,5	4,03	12,33	32,7
	B21	30-48	57	25	04	23	43	5,3	3,1	0,4	10,3	1,7	5,18	18,18	34,0
	B22	48-73	54	19	23	04	42	5,3	3,3	0,3	9,2	1,4	7,27	11,87	40,7
	B3	73-90	30	14	46	10	27	5,3	3,3	0,3	3,9	0,0	4,22	8,02	51,4
	C1	90-110	24	11	53	12	21	5,4	3,5	0,2	2,1	0,8	3,86	6,76	57,1
	C2	110-130	36	06	46	10	31	5,3	3,5	0,2	2,1	2,1	6,13	10,43	58,6
Vertissolo	Ap	0-13	43	31	22	04	31	5,7	4,6	1,7	0,2	3,3	17,09	20,59	83,0
	B2	13-33	44	31	20	05	32	5,8	4,7	1,4	0,2	2,6	17,55	20,55	86,2
	B3	33-47	45	28	22	05	32	5,5	4,3	0,8	0,5	2,8	14,10	17,40	81,0
	C/R	47-60	45	42	11	02	43	5,6	4,1	0,3	0,8	1,9	23,51	24,51	96,7
PFe1	Ap1	0-21	28	14	52	06	22	5,6	4,8	1,3	0,0	4,2	6,5	10,70	60,7
	Ap2	21-38	29	13	52	06	24	5,7	4,9	0,9	0,0	3,1	6,17	9,27	66,5
	B1	38-67	35	13	46	06	28	5,9	5,2	1,0	0,0	1,0	6,87	9,87	69,6
	B21	67-110	55	08	33	04	48	6,3	5,3	0,7	0,1	1,9	7,09	9,09	78,0
	B22	110-152	57	10	30	03	46	6,2	5,3	0,5	0,0	2,2	7,48	8,98	78,6
	B3	152-190	49	19	30	02	39	6,1	5,3	0,4	0,0	2,2	7,18	8,38	76,5
	C1	190-230	33	32	33	02	23	5,8	5,1	0,2	0,1	2,5	8,33	10,33	76,2
C2	230-300	30	32	36	02	22	5,2	4,4	0,1	0,3	2,6	9,54	12,44	76,7	
PFe2	Ap	0-20	03	01	76	20	01	5,2	4,2	0,3	0,2	1,3	0,53	2,03	26,1
	A21	20-35	02	00	82	16	01	5,3	4,1	0,1	0,1	1,0	0,52	1,52	32,1
	A22	35-80	02	00	84	14	02	5,1	4,3	0,1	0,1	0,9	0,42	2,96	29,6
	B21	80-97	19	00	70	11	18	4,2	3,8	2,0	2,0	1,2	5,51	5,51	34,6
	B22	97-135	22	31	64	1,3	20	4,7	3,3	2,6	2,6	1,9	5,62	5,62	27,0
	B3	135-180	18	01	66	1,5	17	4,6	3,8	2,1	2,1	1,1	1,52	4,57	29,2
	C1	180-250	13	00	59	1,3	15	4,7	3,8	3,0	3,0	0,0	0,98	3,98	24,6
C2	250-300	16	01	75	08	11	4,4	3,3	3,4	3,4	0,0	0,0	4,21	19,2	
PFe3	Ap1	0-12	35	21	26	08	26	6,4	5,8	2,6	0,0	1,9	14,15	16,03	88,1
	Ap2	12-24	37	25	30	08	27	6,3	6,4	1,8	0,0	1,2	16,34	17,54	93,1
	B21	24-51	46	21	27	06	33	7,6	6,7	1,0	0,0	3,4	32,93	34,33	97,2
	B22	51-80	55	13	13	04	44	8,0	6,7	0,9	0,0	0,5	16,04	16,34	96,9
	B2	90-130	65	13	18	04	44	7,6	6,7	0,9	0,0	0,5	12,51	12,51	99,2
	B3	130-170	63	14	15	02	41	7,1	6,1	0,3	0,0	0,6	13,66	14,37	95,8
	B32	170-220	65	14	19	02	35	6,5	5,7	0,2	0,0	1,2	7,35	9,07	87,8

(1) Argila dispersa em água (Z); (2) S = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺; (3) CTC = S + Al³⁺ + H⁺

TABELA II. Propriedades físico-hídricas das quatro unidades de solo estudados (média de seis repetições).

Unidade de solo	Bri- zante	Densidade das partículas	Densidade de do solo	Porosidade				Potencial Matricial (MPa)			
				Microporos	Macroporos	Calcu- lada	Poros bloqueados	-0,006	-0,02	-1,5	
Planossolo vermelho	A2	2,41	1,41	37,07	10,02	47,09	41,09	5,60	37,05	35,47	34,40
	B2t	2,41	1,39	41,93	7,92	49,85	42,32	7,53	41,67	40,04	39,92
	Ap	2,25	1,35	41,56	11,98	53,54	40,00	13,54	41,60	40,10	39,19
Vertissolo	B2	2,38	1,45	43,12	9,32	52,44	39,07	13,37	43,03	41,84	40,61
	Ap2	2,52	1,20	33,20	26,03	59,23	52,36	6,85	33,24	30,96	29,16
Podzólico vermelho escuro eutrófico (PE e-1)	B2t	2,45	1,34	37,77	15,52	53,29	45,30	7,99	37,65	36,44	35,37
	Ap2	2,67	1,47	28,04	18,37	46,41	44,94	1,47	27,90	22,79	20,75
Podzólico vermelho- amarelo distrófico	B2t	2,55	1,61	26,86	17,89	44,75	36,86	7,89	26,85	23,95	23,03
	Ap2	2,74	1,65	34,33	13,91	48,24	39,78	8,46	34,32	32,22	31,03
Podzólico vermelho- escuro, eutrófico (PEe-2)	B2t	2,58	1,58	40,16	11,90	40,16	38,75	1,41	40,08	38,37	36,54
	Ap2	2,74	1,65	34,33	13,91	48,24	39,78	8,46	34,32	32,22	31,03

TABELA III. Propriedades hídricas.

Unidade de solo	Horizonte	Limite de plasticidade		Índice de plasticidade	Frente de movimento	Capacidade de campo		Infiltração básica	Classificação
		plasticidade	liquidez			campo	laboratório		
Planossolo vertic. A2		28,2	31,1	3,1	1,2	21,0	24,5	42	moderada
	B22	34,1	48,9	14,8	...	...	...	...	...
PVc	A21	...	...	...	60	11,6	14,1	102	moderada/rápida
PFA2	B21	41,2	52,8	11,6	40	19,5	18,8	132	rápida
	Ap	32,6	46,5	13,9	35	30,7	29,1	150	rápida
PFAc1	B22	35,8	44,1	8,8	100	25,5	24,3	192	rápida
	Ap2	30,0	34,6	4,6	...	...	...	...	...
	B22	35,0	41,1	6,1	...	...	...	...	...

0,02 MPa

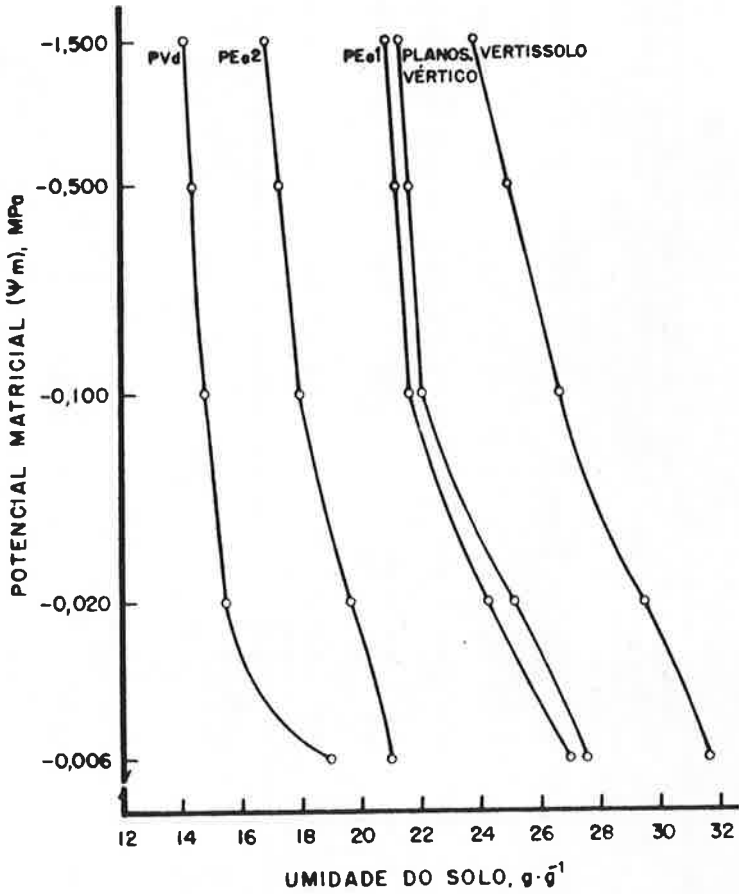


FIGURA 1. Curva característica de retenção de água: horizonte Ap (média de seis repetições).

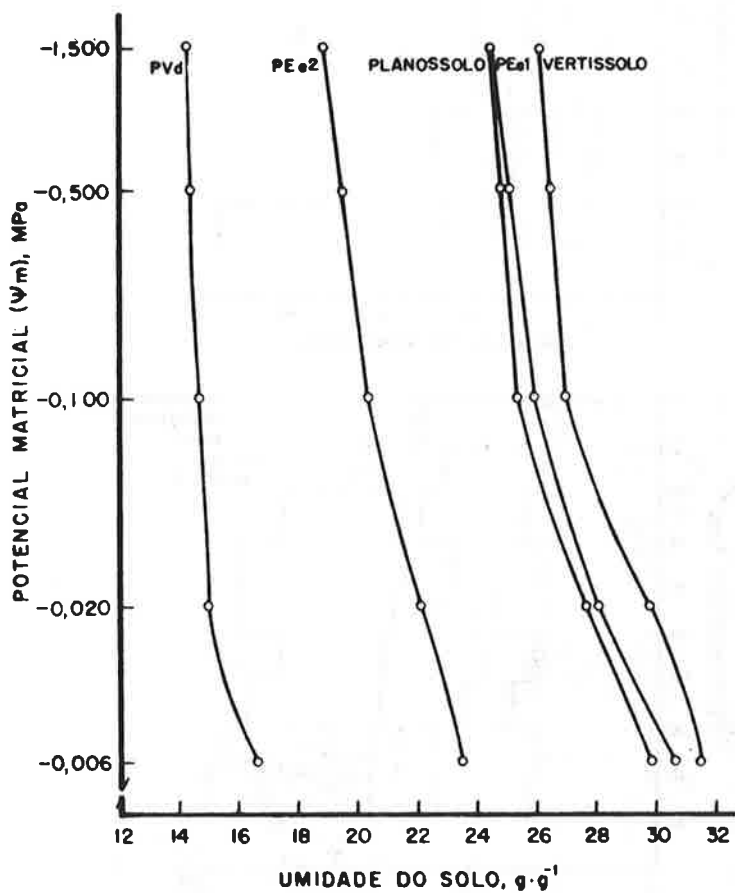


FIGURA 2. Curva característica de retenção de água: horizonte B21 (média de seis repetições).

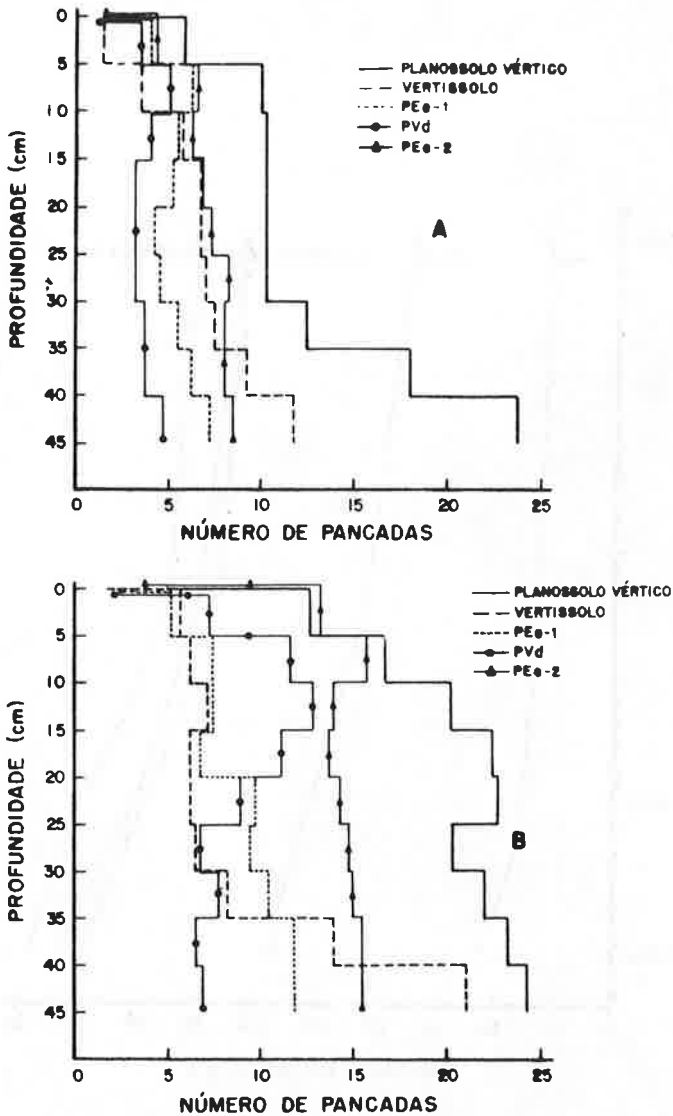


FIGURA 3. Resistência à penetração ao penetrômetro de impacto: a) em capacidade de campo; b) em umidade atual do solo.

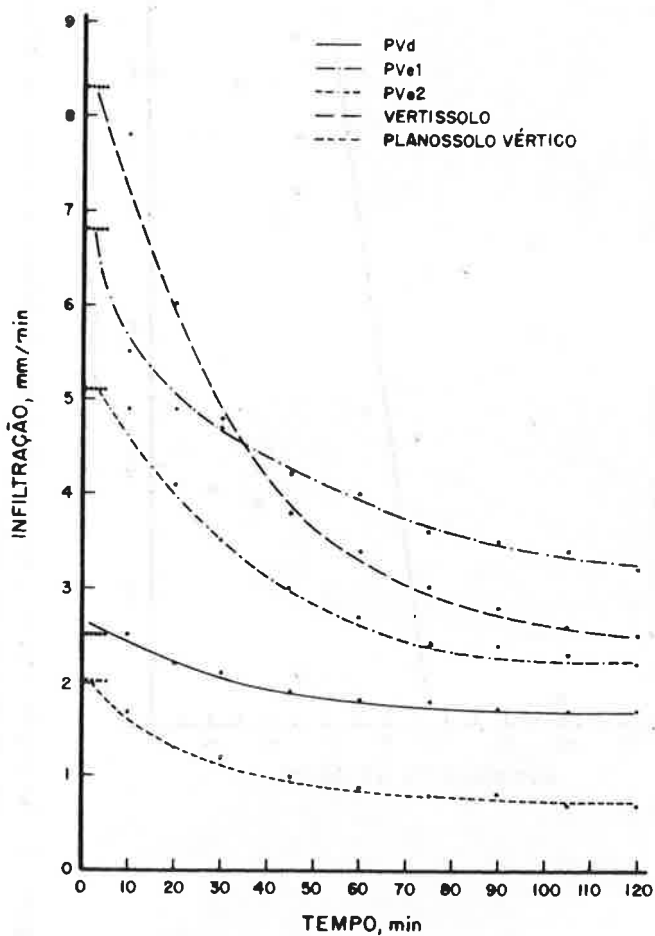


FIGURA 4. Taxa de infiltração para os solos estudados.

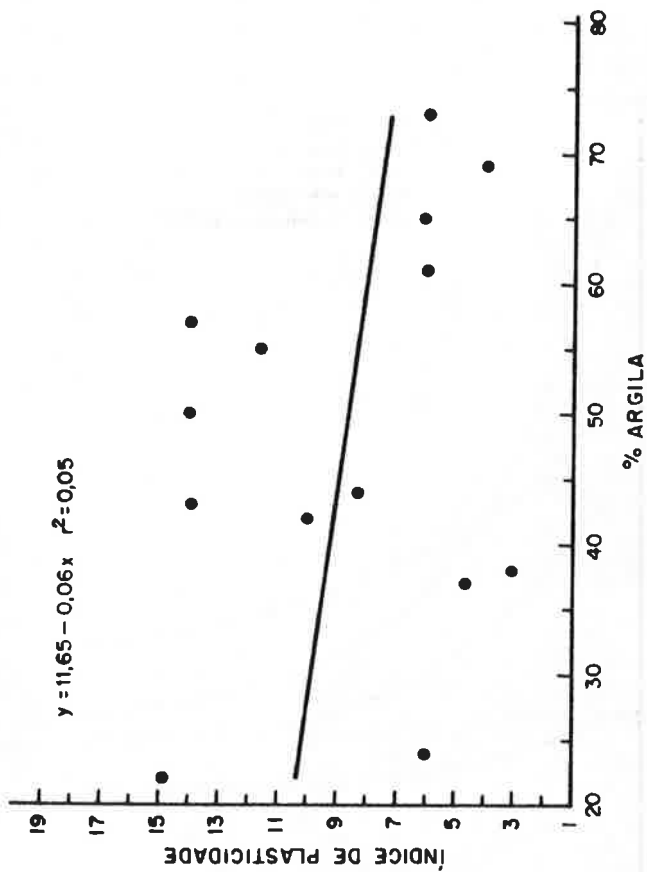


Figura 5. Relação entre índice de plasticidade e teor de argila de quatorze amostras de solo.

o PEel; e 4,4 e 2,7% para o planossolo v \acute{e} rtico. A determina \tilde{c} o da resist \tilde{e} ncia \tilde{a} penetra \tilde{c} o ao penetr \tilde{o} metro de impacto nos dois teores de umidade comprovam grande resist \tilde{e} ncia no planossolo v \acute{e} rtico, a partir dos 5 cm abaixo da superf \tilde{i} cie e aumentando em profundidade (Figura 3). O segundo solo a oferecer maior resist \tilde{e} ncia foi o PEe2, tendo os demais se comportado de forma muito semelhante. Tomando-se as cinco unidades de solos estudadas neste trabalho, em duas profundidades, acrescidas das unidades da Quadr \tilde{i} cula de Piracicaba, mais uma terra roxa estruturada (JORGE & PRADO, 1988), com o total de 14 amostras de solo, n \tilde{a} o se encontrou uma rela \tilde{c} o entre o \tilde{i} ndice de plasticidade e o teor de argila. Conforme p \tilde{o} de ser observado na figura 5, o coeficiente de correla \tilde{c} o foi muito baixo. A frente de molhamento foi extremamente vari \tilde{a} vel atingindo apenas 12 cm no planossolo v \acute{e} rtico e at \tilde{e} 100 cm no PEel (Tabela III). A \tilde{a} gua retida em capacidade de campo pela determina \tilde{c} o *in situ* e em laborat \tilde{o} rio (0,02 MPa) apresentou valores muito pr \tilde{o} ximos, confirmando os trabalhos de MacLEAN & YAGER (1972). Quanto \tilde{a} consist \tilde{e} ncia medida pelo \tilde{i} ndice de plasticidade, apresentaram-se medianamente pl \tilde{a} sticos o planossolo v \acute{e} rtico (B22), PEe2 (B21) e o vertissolo (Ap) e pouco pl \tilde{a} sticas as demais unidades e horizontes estudados.

RESUMO

Dos solos da Quadr \tilde{i} cula de Piracicaba foram destacadas, para caracteriza \tilde{c} o f \tilde{i} sica, cinco unidades com maior express \tilde{a} o geogr \tilde{a} fica e interesse econ \tilde{o} mico, a saber: o planossolov \acute{e} rtico (PL), o vertissolo (V), o podz \tilde{o} lico vermelho-amarelo distr \tilde{o} fico (PVd) e dois podz \tilde{o} licos vermelho-escuros eutr \tilde{o} ficos (PEel e PEe2). A reten \tilde{c} o de \tilde{a} gua nos potenciais m \tilde{a} tricos 0,006, 0,02 e 1,5 MPa de cresceu na seguinte ordem V, PEel-PL, PEe2 e PVd. Todos os solos apresentaram baixa capacidade de \tilde{a} gua dispon \tilde{i} vel em porcentagem do volume, sendo para os horizontes Ap e B21, respectivamente, de 1,4 e 0,6% para o PVd, 1,6 e

2,0% para o PEe2, 2,5 e 2,3% para o V, 2,7 e 2,7% para o PEe1, 4,4% e 2,7% para o PL. A resistência à penetração ao penetrômetro de impacto foi muito elevada no PL a partir dos 5 cm abaixo da superfície e aumentou em profundidade. Não se detectou relação entre o índice de plasticidade e o teor de argila de quatorze amostras de solos estudados.

SUMMARY

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF SOILS

Five main soil classes, namely a Vertic Planosol (PL), a Vertisol (V), a Red-Yellow Distrophic Podzolic (Pvd) and two Dusk-Red Euthrophic Podzolic soils (PEe-1 and PEe-2) were studied. The water retention at -0,006, -0,02 and -1,5 MPa decreased as follows: V, PEe-1- PL, PEe-2 and PVD. All soils presented low available water capacity, volume % being for the Ap and B21 horizons, respectively, 1.4 and 0.6% for the PVD, 1.6 and 2.0% for the PEe-2, 2.5 and 2.3% for the V, 2.7 and 2.7% for the PEe-1, 4.4 and 2.7 for the PL. The resistance to penetration to the impact penetrometer was very high in the PL, at 5 cm below the soil surface and increased at higher depth. No relation was found between the plasticity index and the clay contents in 14 soils samples studied.

LITERATURA CITADA

- ASAE, 1958. American Society of Agricultural Engineers. Soil Society of America. Concepts, terms, definitions, and methods of measurement of soil compaction. **Agricultural Engineering**, Madison, 39: 173-176.
- CAMARGO, O.A. de; A.C. MINIZ; J.A. JORGE & J.M.A. da S.VA LADARES, 1986. Método de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, *Boletim Técnico*, 106).

- JORGE, J.A. & H. do PRADO, 1988. Porosidade, consistência e propriedades hídricas de três podzólicos vermelho-amarelos e uma terra roxa estruturada. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **12**(1): 1-6.
- MacLEAN, A.H. & Y.V. YAGER, 1972. Available water capacities in zambian soils in relation to pressure plates measurements and particle size analysis. **Soil Sci.**, Baltimore, **133**: 23-29.
- SANCHEZ, P.A., 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. New York, Wiley 619p.
- VEIHMEYER, F.J. & A.H. HENDRICKSON, 1949. Methods of measuring field capacity and wilting percentages of soils. **Soil Sci.**, Baltimore, **68**: 75-94.