

CARACTERÍSTICAS DE UMIDADE DOS PRINCIPAIS SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO¹

F. GROHMANN e H. PENNA MEDINA, *engenheiros-agrônomo*s, *Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico.*

RESUMO

Com o presente trabalho procurou-se estudar a relação entre a água do solo e a tensão com que ela é retida nos principais tipos de solos do Estado de São Paulo, tais como: terra-roxa-legítima (de mata e intensamente cultivada), massapê, arenito Bauru e arenito Botucatu, subdivididos em 5 camadas de 0-15, 15-30, 30-45, 45-70 e 70-100 centímetros de profundidade.

Amostras de solo foram saturadas e submetidas à seguinte série de tensões: 0,1, 1, 3, 8, 15 e 20 atmosferas, sendo apresentadas as curvas características de umidade dos solos estudados, para essas tensões de umidade que estão compreendidas entre o ponto próximo de saturação e o limite inferior da faixa de disponibilidade de água para as plantas.

Essas curvas mostram que, nos solos estudados, é mínima a quantidade de água disponível às plantas quando a tensão é superior a 8 atmosferas. Observou-se, também, grande influência do teor em argila e matéria orgânica no solo sobre a capacidade de retenção de água.

1 — INTRODUÇÃO

Considerável atenção tem sido dada ao fator água na investigação do sistema água-solo-planta, pois a umidade do solo é um dos fatores limitantes da produtividade.

Escolheram-se quatro tipos de solo representativos de cerca de 85% dos solos cultivados do Estado, e que apresentam uma variação de textura desde a arenosa à argilosa. Para estudar a influência da matéria orgânica foram observados dois solos terra-roxa-legítima, um de mata e outro intensamente cultivado.

¹ Trabalho apresentado no 8.º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo em Belém. Pará. Julho de 1961. Recebido para publicação em 12 de fevereiro de 1962.

Cada solo foi subdividido em cinco camadas, estudadas separadamente a fim de verificar a variação de retenção de água em todo o perfil do solo.

A quantidade de água retida pelo solo depende principalmente da quantidade e natureza da fração argila e do seu teor em matéria orgânica. À medida que o solo passa do estado úmido para o seco, maior quantidade de energia torna-se necessária para dêle se extrair água. A quantidade de água retida sob determinada tensão é variável de solo para solo e constitui uma característica específica de cada um.

Aplicando-se ao solo saturado suções sob uma série crescente de tensões, obtém-se curva típica pela combinação das duas variáveis dependentes (teor de umidade contra tensão aplicada). Childs (3) propôs para essa curva o nome de "curva característica da umidade do solo" ou simplesmente "característica de umidade".

Entre os dois primeiros pontos da curva acha-se o limite superior da faixa de disponibilidade de água para as plantas. Outro dado de grande importância agrônômica, é o limite inferior dessa faixa de disponibilidade de água. Este teor de umidade, que corresponde à umidade de murchamento, está situado entre os dois últimos pontos da curva, isto é, entre 15 e 20 atmosferas.

A medida do poder de retenção de água pelo solo, sob uma faixa de tensões, indica capacidade de armazenamento de água e outras propriedades físicas do solo.

2 — MATERIAL E MÉTODO

Foram estudados quatro solos: terra-roxa-legítima, sob condições de mata e intensamente cultivado, massapê, arenito Bauru e arenito Botucatu (6). Em todos os casos tomaram-se amostras de cinco camadas distintas quais sejam: 0-15, 15-30, 30-45, 45-70 e 70-100 centímetros de profundidade. Essas amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm de diâmetro. As características físicas encontradas acham-se no quadro 1.

Depois de saturadas as amostras, foram submetidas a extrações sob tensões de 0,1, 1, 3, 8, 15 e 20 atmosferas, empregando métodos propostos por Gardner (4), usando papel de filtro como meio absorvente da água do solo em aparelho com placa porosa, na faixa de tensão de 0 a 2 atmosferas. Richards & Fireman (8), emprega-

QUADRO 1. — Características físicas de diversas camadas dos solos: terra-roxa-legítima, massapê, arenito Bauru e arenito Botucatu

| Tipo de solo | Camada em cm | Argila | Limo | Areia fina | Areia grossa | Massa esp. aparente |
|-------------------------------------|--------------|--------|------|------------|--------------|---------------------|
| Terra-roxa-legítima, de mata | 0-15 | 40,6 | 42,6 | 14,9 | 1,9 | 0,96 |
| | 15-30 | 42,4 | 40,4 | 15,4 | 1,8 | 1,02 |
| | 30-45 | 54,6 | 27,4 | 16,0 | 2,0 | 1,02 |
| | 45-70 | 52,2 | 30,6 | 15,2 | 2,0 | 1,01 |
| | 70-100 | 58,6 | 16,4 | 23,0 | 2,0 | 1,03 |
| Terra-roxa-legítima cultivada | 0-15 | 45,0 | 20,2 | 33,8 | 1,0 | 1,14 |
| | 15-30 | 52,6 | 14,8 | 31,6 | 1,0 | 1,23 |
| | 30-45 | 55,1 | 12,9 | 31,1 | 0,9 | 1,11 |
| | 45-70 | 52,3 | 16,1 | 30,6 | 1,0 | 1,05 |
| | 70-100 | 47,5 | 21,0 | 30,6 | 0,9 | 1,03 |
| Massapê | 0-15 | 28,5 | 23,5 | 39,0 | 9,0 | 1,42 |
| | 15-30 | 30,0 | 21,0 | 40,0 | 9,0 | 1,38 |
| | 30-45 | 37,0 | 19,1 | 34,4 | 9,5 | 1,33 |
| | 45-70 | 49,5 | 18,5 | 26,9 | 5,1 | 1,30 |
| | 70-100 | 47,0 | 21,0 | 27,2 | 4,8 | 1,26 |
| Arenito Bauru | 0,15 | 5,5 | 3,5 | 59,5 | 31,5 | 1,44 |
| | 15-30 | 8,0 | 2,0 | 59,0 | 31,0 | 1,38 |
| | 30-45 | 7,5 | 3,0 | 56,5 | 33,0 | 1,33 |
| | 45-70 | 15,5 | 4,5 | 54,0 | 26,0 | 1,42 |
| | 70-100 | 31,0 | 4,5 | 42,0 | 22,5 | 1,37 |
| Arenito Botucatu | 0-15 | 7,0 | 1,0 | 61,5 | 30,5 | 1,33 |
| | 15-30 | 7,0 | 1,0 | 62,0 | 30,0 | 1,53 |
| | 30-45 | 11,0 | — | 60,0 | 29,0 | 1,53 |
| | 45-70 | 13,5 | 1,5 | 52,5 | 32,5 | 1,43 |
| | 70-100 | 13,0 | 2,6 | 53,4 | 31,0 | 1,54 |

ram o método da placa porosa sob pressão, para a determinação do teor de umidade entre as tensões de 0 a 1 atm. Ayres e Campbell (1), utilizaram-se do ponto de congelamento para o estudo da retenção da água, sob tensões de 5, 10, 15 e 20 atmosferas. Richards (7), empregou o extrator de membrana com o qual se podem determinar teores de umidade entre tensões que variam de 3 a 20 atmosferas.

Para a determinação da água retida no solo sob tensão de 0,1 atmosfera, foi utilizado o aparelho de sucção com uma coluna de água

de 1 metro de altura (5). O teor de água sob tensão de 1 atmosfera, que corresponde à umidade equivalente, foi determinado pelo método da centrífuga com 2.440 rpm (2).

Os teores de água sob tensões superiores a 1 atmosfera foram determinados pelo método do extrator de membrana de Richards (7), cujo esquema é apresentado na figura 1. O gás utilizado como fonte de pressão foi o nitrogênio.

A determinação é feita do seguinte modo: pesam-se 20 gramas de solo, transferem-se para um vidro de relógio e deixa-se durante 24 horas em saturação. Em seguida, coloca-se a amostra nos anéis de borracha, que servem como porta amostra, na membrana de pressão. Depois de herméticamente fechado o aparelho, aplica-se a tensão desejada.

A amostra permanece no extrator até que se estabeleça o equilíbrio entre a retenção da água pelo solo, e a tensão aplicada. Isto se verifica quando termina a saída de água pelo dreno inferior da membrana. Para maior exatidão na obtenção do ponto de equilíbrio, as amostras permanecem no extrator durante 24 horas. Aberto o extrator transferem-se as amostras para cápsulas taradas, pesando-as imediatamente. Em seguida secam-se as amostras em estufa, a 105-110°C, para a determinação do teor de água retido a cada tensão aplicada.

Foram feitas determinações de retenção de água às tensões de 3, 8, 15 e 20 atmosferas. Em cada determinação utilizaram-se 5 amostras com 3 repetições.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Examinando as figuras 2, 3, 4, 5, 6 e o quadro 2, verifica-se que, nos quatro tipos de solo estudados, a disponibilidade de água às plantas sob tensões superiores a 8 atmosferas é muito baixa, pois foi mínima a variação nos teores de umidade sob as tensões de 8 a 20 atmosferas.

No solo terra-roxa-legítima de mata (figura 1, quadro 2), verifica-se que as camadas superiores até 30 cm, retêm mais água que as camadas inferiores de 30 a 100 cm, principalmente nas tensões menores de 3 atmosferas.

No quadro 1, pode-se observar que a variação da porcentagem das partículas ativas (limo + argila), nas camadas estudadas é muito

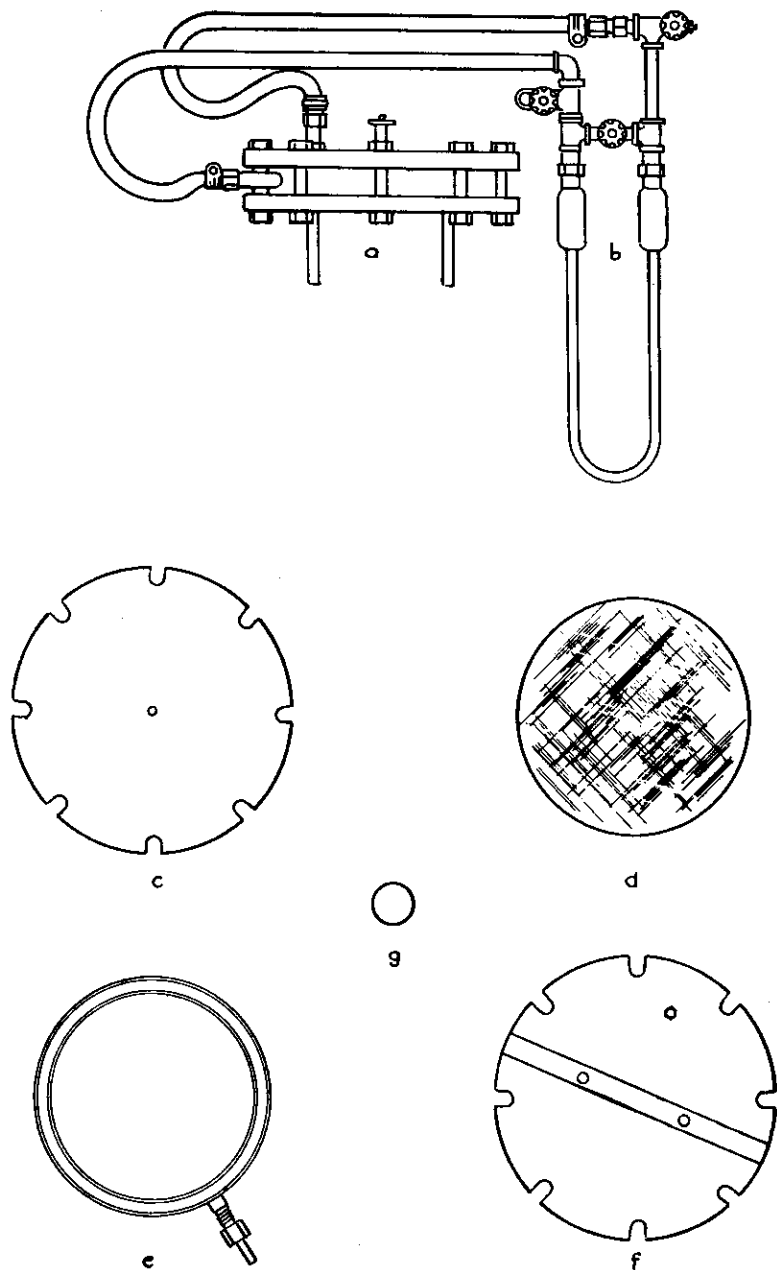


FIGURA 1. — Extrator de membrana Richard: *a* — aparelho montado; *b* — manômetro diferencial de mercúrio; *c* — parte inferior do extrator; *d* — malha de 0,15 mm de diâmetro; *e* — cilindro com entrada de ar; *f* — parte superior do extrator; *g* — porta-amostra de borracha.

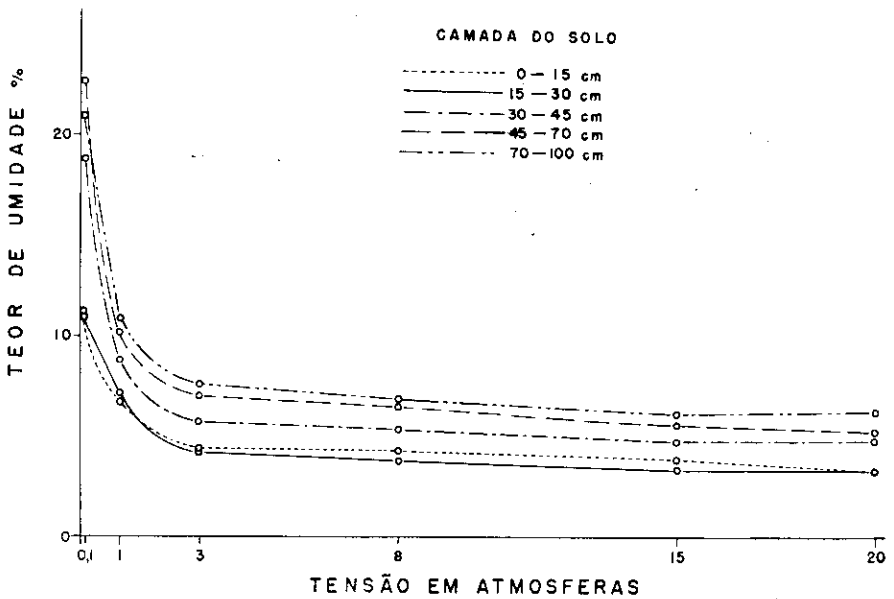


FIGURA 2. — Características de umidade da terra-roxa-legítima, de mata.

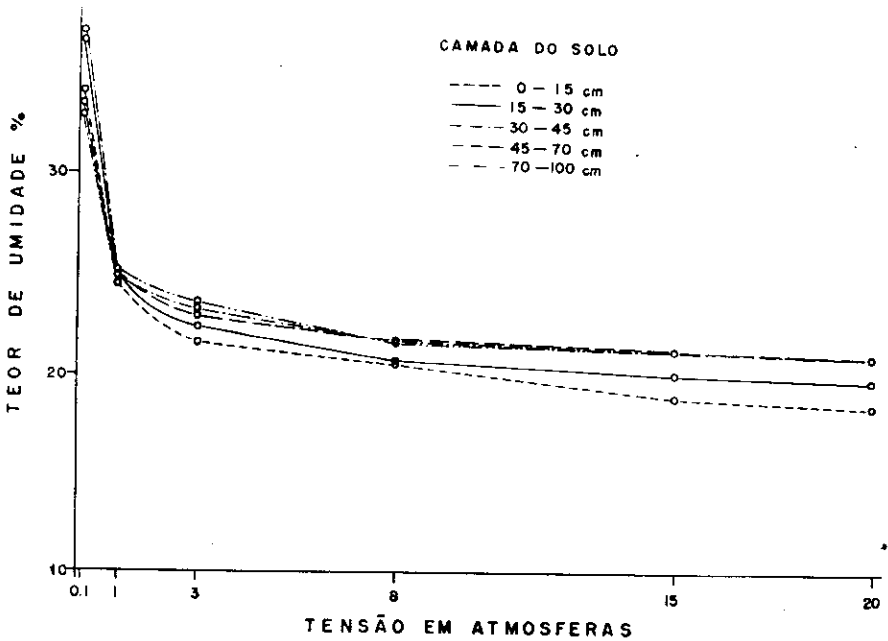


FIGURA 3. — Características de umidade da terra-roxa-legítima, cultivada.

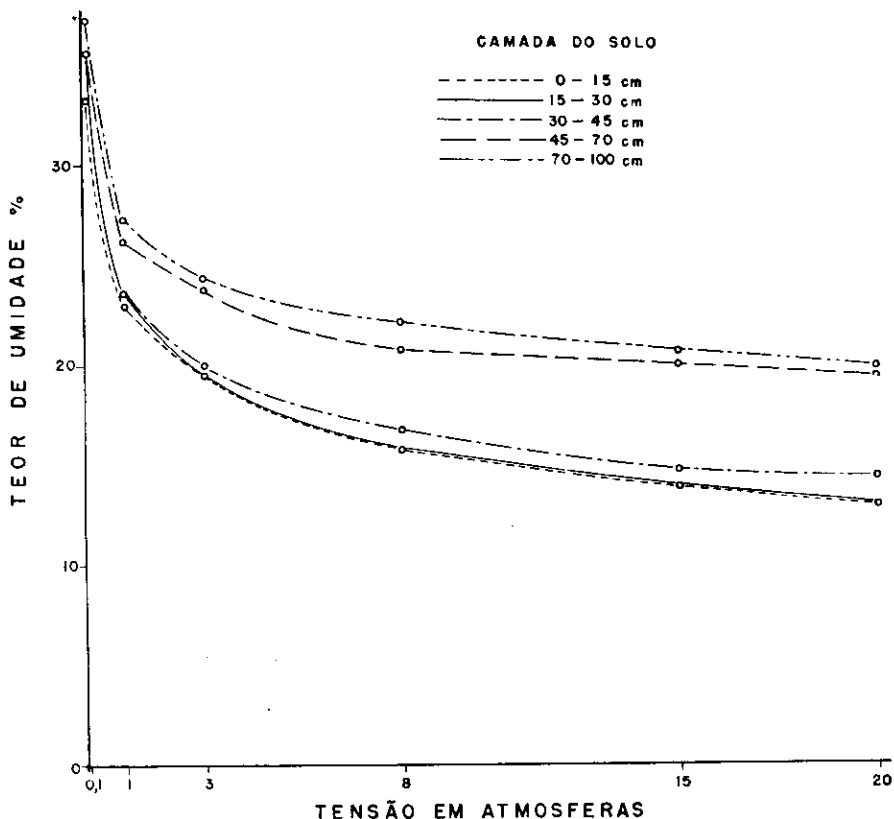


FIGURA 4. — Características de umidade do solo massapé.

pequena. Essa diferença de retenção de água deve estar, pois, relacionada com os teores, variando de 6,8 e 0,8%, de matéria orgânica encontrados nas camadas superiores, respectivamente.

Observando-se a figura 3 e o quadro 2, correspondentes à terra-roxa intensamente cultivada, verifica-se que a retenção de água é menor nas camadas superiores. Essa menor retenção de água nas camadas superiores foi mais influenciada pela variação de textura do que pelos teores de matéria orgânica, que são sempre baixos e pouco variáveis (2,40% nas camadas superiores e 1,02% nas camadas profundas).

No solo massapé (figura 4 e quadro 2), observa-se que a retenção de água sob as diferentes tensões está correlacionada com a textura das camadas estudadas. É pequena a diferença de retenção de

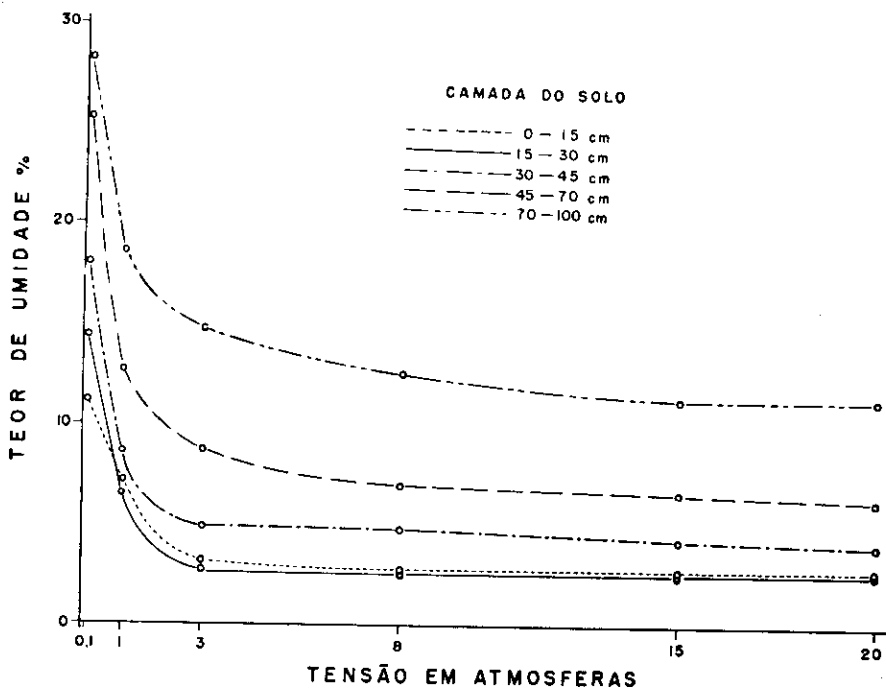


FIGURA 5. — Características de umidade do solo arenito Bauru.

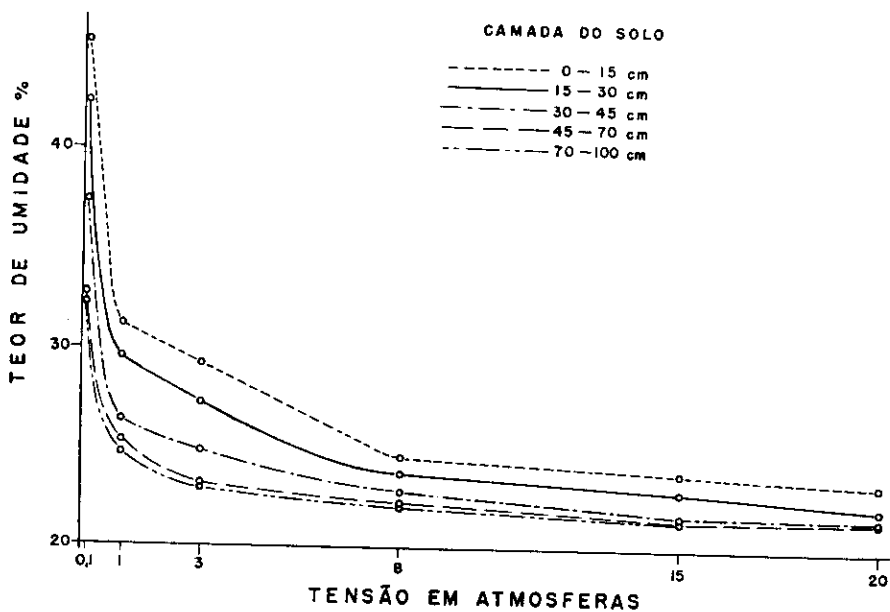


FIGURA 6. — Características de umidade do solo arenito Botucatu.

QUADRO 2. — Teor de umidade em diferentes tensões da umidade do solo nos principais tipos de solo do Estado de São Paulo

| Tipo de solo | Profundidade em cm | Tensão em atmosferas | | | | | |
|--|--------------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 1 | 3 | 8 | 15 | 20 |
| Terra-roxa-legítima, de mata | 0-15 | 45,4 | 31,2 | 29,2 | 24,6 | 23,9 | 23,4 |
| | 15-30 | 42,3 | 29,6 | 27,3 | 23,8 | 23,0 | 22,0 |
| | 30-45 | 37,4 | 26,4 | 24,8 | 22,8 | 21,7 | 21,7 |
| | 45-70 | 32,8 | 25,3 | 23,1 | 22,3 | 21,6 | 21,6 |
| | 70-100 | 33,3 | 24,7 | 23,0 | 22,1 | 21,6 | 21,6 |
| Terra-roxa-legítima cultivada | 0-15 | 34,0 | 24,4 | 21,6 | 20,5 | 18,9 | 18,6 |
| | 15-30 | 36,5 | 25,0 | 22,3 | 20,7 | 20,1 | 19,8 |
| | 30-45 | 37,0 | 24,6 | 23,2 | 21,8 | 21,3 | 21,0 |
| | 45-70 | 33,4 | 25,2 | 22,9 | 21,8 | 21,4 | 21,0 |
| | 70-100 | 32,8 | 25,2 | 23,4 | 21,7 | 21,3 | 21,0 |
| Massapê | 0-15 | 33,2 | 23,0 | 19,6 | 15,8 | 13,9 | 13,1 |
| | 15-30 | 35,6 | 23,7 | 19,5 | 15,9 | 13,9 | 12,9 |
| | 30-45 | 35,6 | 23,5 | 20,0 | 16,8 | 14,8 | 14,5 |
| | 45-70 | 35,5 | 26,2 | 23,8 | 20,8 | 20,1 | 19,6 |
| | 70-100 | 37,2 | 27,2 | 24,3 | 22,1 | 20,7 | 20,0 |
| Arenito Bauru | 0-15 | 11,2 | 7,2 | 3,2 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| | 15-30 | 14,4 | 6,5 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| | 30-45 | 18,0 | 8,6 | 4,9 | 4,9 | 4,3 | 4,1 |
| | 45-70 | 25,2 | 12,7 | 8,7 | 7,0 | 6,7 | 6,3 |
| | 70-100 | 34,2 | 18,6 | 14,7 | 12,6 | 11,4 | 11,4 |
| Arenito Botucatu | 0-15 | 11,2 | 6,7 | 4,4 | 4,3 | 3,9 | 3,3 |
| | 15-30 | 11,0 | 7,1 | 4,2 | 3,8 | 3,3 | 3,3 |
| | 30-45 | 18,8 | 8,8 | 5,7 | 5,4 | 4,8 | 4,8 |
| | 45-70 | 22,7 | 10,2 | 7,0 | 6,5 | 5,6 | 5,2 |
| | 70-100 | 20,9 | 10,9 | 7,6 | 6,8 | 6,2 | 6,2 |

água, sob baixas tensões, entre as camadas superiores (0-45 cm) e as inferiores (45-100 cm). No entanto, as diferenças de retenção de água sob altas tensões, entre aquelas camadas, são bem mais acentuadas.

No solo arenito Bauru (figura 5 e quadro 2), observa-se uma grande variação de retenção de água entre as camadas superiores e inferiores. Esta variação de umidade está correlacionada com o teor

de argila, que aumenta consideravelmente nas camadas inferiores (quadro 1).

No arenito Botucatu (figura 6 e quadro 2), verifica-se uma variação muito pequena de retenção de água entre as diferentes camadas. Esse fenômeno está associado à pequena variação do teor de argila em todo o perfil do solo (quadro 1).

4 — CONCLUSÕES

a) Nos solos estudados é mínima a quantidade de água disponível às plantas sob tensão superior a 8 atmosferas.

b) Não há, praticamente, variação entre os teores de umidade sob tensões de 15 a 20 atmosferas.

c) Nos solos com baixo teor em argila não há, praticamente, variação no teor de umidade sob tensões de 3, 8, 15 e 20 atmosferas.

d) As maiores variações nos teores de umidade são observadas entre as tensões de 0,1 a 1 atmosfera.

e) Quando o perfil de solo é homogêneo em relação à textura, observa-se a influência da matéria orgânica na retenção da água pelo solo.

SUMMARY

Experiments were conducted to determine the relationship between the soil moisture content and the soil moisture tension.

The work was done with four types of soil of the state of São Paulo: terra-roxa-legítima, massapê, arenito Bauru and arenito Botucatu. In each type of soil the 0-15; 15-30; 30-45; 45-70 and 70-100 layers were studied. The samples were wetted and were brought to the following tension range: 0,1, 3, 8, 15 and 20 atmospheres.

For each type of soil a characteristic moisture curve from the lower to the upper limit of moisture available to plants is presented. The curves show that the highest amount of the soil moisture available to plants is held under a tension below 8 atmospheres. It was observed that the moisture holding capacity of the soil depends largely upon its clay and organic matter content.

LITERATURA CITADA

1. AYRES, A. D. & CAMPBELL, R. B. Freezing point of water oin a soil as related to salt and moisture content of the soil. *Soil Sci.* 72:201-206. 1951.
2. BRIGGS, L. J. & MCLANE, J. W. The moisture equivalent of soils. U.S. Dept. Agr. Bur. Soils. Bul. 45:1-23. 1907.
3. CHILDS, E. C. The use of soil moisture characteristics in soil studies. *Soil Sci.* 50:239-252. 1940.
4. GARDNER, A. A method of measuring the capillary tension of soil moisture over a wide moisture range. *Soil Sci.* 43:277-283. 1937.
5. GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 19:[319]-328. 1960.
6. PAIVA, J. E. (neto), CATANI, R. A., KÜPPER, A. [e outros]. Observações gerais sôbre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:[227]-253. 1951.
7. RICHARDS, L. A. A pressure membrane extraction apparatus for soil solutions. *Soil Sci.* 51:377-386. 1951.
8. ———— Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Sci.* 68:95-112. 1949.
9. ———— & FIREMAN, M. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Sci.* 56:395-404. 1943.