

EFEITO RESIDUAL DA VERMICULITA NAS PROPRIEDADES HÍDRICAS DO SOLO

RAIMUNDO LEITE CRUZ

Orientador: Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho - 1985

À
minha avô *Sofia*
e à minha mãe *Teresinha*,

O F E R E Ç O

À minha esposa *Maria Aparecida*
e aos meus filhos
João Henrique e Carlos Eduardo,

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi, pela orientação e amizade durante o curso e na execução deste trabalho.
- Ao colega Sergio Oliveira Moraes, pelo incentivo, amizade e sugestões.
- À Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pela Bolsa de Estudos concedida.
- Ao acadêmico Paulo José Hamakawa, pela ajuda na instalação do experimento.
- Aos funcionários do CENA/USP, João Eduardo Pilotto, José Ademir Rodrigues e Rosangela A. de Gaspari Rocha, pela ajuda recebida.
- À minha esposa Maria Aparecida, pela ajuda e participação constante.
- Aos meus sogros João e Angelina Dorigatti, pelo incentivo.
- À EUCATEX S.A. IND. & COM., pelo fornecimento de vermiculita.
- A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A vermiculita	3
2.2. Usos da vermiculita na agricultura	5
2.3. Vermiculita como condicionador de solos	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Preparo das amostras	12
3.1.1. Equações utilizadas	12
3.1.2. Delineamento experimental	14
3.1.3. Cálculo das quantidades de amostra de solo a serem colocadas nos tubos e colunas	15
3.1.4. Umidade das amostras de solo e de vermi- culita	15
3.1.5. Cálculo das densidades das amostras de solo e de vermiculita	16
3.1.6. Cálculo da quantidade de vermiculita utilizada nos vários tratamentos	16
3.1.7. Acondicionamento das amostras	18
3.2. Instalação do experimento	20
3.3. Controle das plantas invasoras	21
3.4. Retirada das amostras do campo	21
3.5. Metodologia utilizada para as análises	22
3.5.1. Análises de retenção de água	22

3.5.2. Condutividade hidráulica em condição saturada (K_0)	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Condutividade hidráulica saturada (K_0)	27
4.1.1. Terra Roxa Estruturada	28
4.1.2. Latossol Vermelho-Amarelo	28
4.1.3. Areia Quartzosa	32
4.2. Densidade global (ρ_g)	32
4.3. Análises de retenção da água	37
4.3.1. Retenção da água na 1a. época	37
4.3.2. Retenção da água nos solos 18 meses a pós a incorporação das vermiculitas (4a. época)	37
4.3.3. Discussão dos resultados de retenção de água nos solos	62
5. CONCLUSÕES	64
6. LITERATURA CITADA	65
APÊNDICE	73

LISTA DAS TABELAS

<u>Tabela</u>		<u>Página</u>
1	- Símbolo para as diferentes granulometrias de vermiculita expandida	17
2	- Símbolo para os diferentes tipos de solo	17
3	- Massa de vermiculita adicionada aos vários tratamentos, tubos e colunas	19
4	- Condutividade hidráulica saturada - Terra Roxa Estruturada	29
5	- Condutividade hidráulica saturada - Latossol Vermelho-Amarelo	30
6	- Condutividade hidráulica saturada - Areia Quartzosa	31
7	- Densidade global para as colunas do solo Terra Roxa Estruturada	34
8	- Densidade global para as colunas do solo Latossol Vermelho-Amarelo	35
9	- Densidade global para as colunas do solo	

<u>Tabela</u>		<u>Página</u>
	Areia Quartzosa	36
10	- Umidades à base de massa correspondentes às diversas tensões - Terra Roxa Estruturada (1a. época)	38
11	- Umidades à base de massa correspondentes às diversas tensões - Latossolo Vermelho-Amarelo (1a. época)	39
12	- Umidades à base de massa correspondentes às diversas tensões - Areia Quartzosa (1a. época)	40
13	- Densidade global e umidades à base de volume, correspondentes às diversas tensões - Terra Roxa Estruturada (1a. época)	41
14	- Densidade global e umidades à base de volume, correspondentes às diversas tensões - Latossolo Vermelho Amarelo (1a. época)	42
15	- Densidade global e umidades à base de volume, correspondentes às diversas tensões - Areia Quartzosa (1a. época) ..	43

<u>Tabela</u>		<u>Página</u>
16	- Umidades à base de massa correspondentes às diversas tensões - Terra Roxa Estruturada (4a. época)	44
17	- Umidades à base de massa correspondentes às diversas tensões - Latossol Vermelho-Amarelo (4a. época)	45
18	- Umidades à base de massa correspondentes às diversas tensões - Areia Quartzosa (4a. época)	46
19	- Densidade global e umidades à base de volume, correspondentes às diversas tensões - Terra Roxa Estruturada (4a. época).	47
20	- Densidade global e umidades à base de volume, correspondentes às diversas tensões - Latossol Vermelho - Amarelo (4a. época)	48
21	- Densidade global e umidades à base de volume, correspondentes às diversas tensões - Areia Quartzosa (4a. época)	49

LISTA DAS FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	- Permeâmetro de carga constante	26
2	- Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (1a. época)	50
3	- Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho-Amarelo, incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias (1a. época)	51
4	- Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (1a. época)	52
5	- Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (1a. época)	53
6	- Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho-Amarelo, in-	

Figura

Página

	corporado com as vermiculitas de diferen	
	tes granulometrias (1a. época)	54
7	- Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (1a. época)	55
8	- Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época)	56
9	- Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho-Amarelo, incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época)	57
10	- Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época)	58
11	- Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada, incorporada com as vermiculitas de diferentes	

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
	granulometrias (4a. época)	59
12 -	Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho - Amarelo, incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época)	60
13 -	Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa, incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época)	61

EFEITO RESIDUAL DA VERMICULITA
NAS PROPRIEDADES HÍDRICAS DO SOLO

Raimundo Leite Cruz

Paulo Leonel Libardi
Orientador

RESUMO

A vermiculita é encontrada como mineral primário concentrada em grandes reservas ou minas. Quando submetida a temperaturas da ordem de 700 a 800°C, sofre expansão, aumentando seu volume de 20 a 30 vezes, daí a denominação de vermiculita expandida. Nesta forma, já vem sendo utilizada na agricultura há algum tempo, sendo que seu primeiro uso agrícola foi como meio de germinação de sementes. Com o objetivo de estudar o efeito residual da vermiculita expandida nas propriedades do solo, foi instalado, no campo, um experimento no qual este material, com cinco diferentes tipos de granulometria, foi incorporado a três tipos de solo, a uma concentração de 30% à base de volume. Estes diferentes tratamentos de solo + vermiculita

ta permaneceram no campo, sob ação das intempéries; a vegetação natural foi controlada com uso de herbicidas e capinas manuais. Análises de retenção de água, a tensões de 0 a 1,5 Mpa, e de condutividade hidráulica, em condição saturada, foram feitas em diferentes épocas: a condutividade hidráulica aos 0, 2, 6 e 18 meses após a incorporação da vermiculita, enquanto que as análises de retenção no início e no fim do experimento (0 e 18 meses após a incorporação de vermiculita, respectivamente). Com base nos resultados, pôde-se concluir que o efeito da vermiculita foi bastante reduzido no decorrer do experimento, isto é, a vermiculita perdeu seu efeito de reter água com o tempo. Além disso, a vermiculita teve pouco efeito na condutividade hidráulica saturada. Finalmente, as diferentes granulometrias de vermiculita tiveram pouco influência nos resultados, nas condições deste experimento.

VERMICULITE RESIDUAL EFFECTS
ON SOIL HYDRAULIC PROPERTIES

Raimundo Leite Cruz

Paulo Leonel Libardi
Adviser

SUMMARY

The vermiculite is found, as primary mineral, concentrated in great reserves and mines. When submitted at temperatures around 700 - 800°C, it is expanded and its volume increases from 20 to 30 times, hence the denomination expanded vermiculite. In this form, it has already been used in agriculture for some time, therefore its first agriculture use was for seeds germination. With the objective to study the residual effect of expanded vermiculite on soil hydraulic properties, an experiment was installed in the field, in which vermiculite with five different grain sizes was incorporated in three types of soil, in a concentration of 30% in volume. These

different soil and soil + vermiculite treatments stayed in the field under the prevailing conditions, the natural vegetation being controlled with herbicide. Soil water retention and saturated hydraulic conductivity analyses were made at 0, 2, 6 and 18 months after the vermiculite incorporation. According to the results, it could be concluded that, the vermiculite property in retaining water disappear 18 months after its incorporation in the soil. Besides, the vermiculite had little effect on the saturated hydraulic conductivity. Finally, the difference in grain size had little influence on results under the conditions of this experiment.

1. INTRODUÇÃO

É de grande importância o conhecimento das propriedades hídricas do solo, pois afetam grandemente o seu uso agrícola. Muitas substâncias são utilizadas como condicionadores de solo, na tentativa de melhorar suas condições físico-químicas, das quais também dependem as propriedades hídricas. A vermiculita expandida já vem sendo utilizada com esse objetivo há algum tempo, porém, ainda faltam informações importantes sobre esse mineral.

Alguns autores, trabalhando com vermiculita, observaram que ela tem influência na retenção e condução da água pelo solo, isto é, afeta a curva característica de retenção da água no solo e sua condutividade hidráulica. Esse efeito seria no sentido de aumentar a quantidade de água retida pelo solo, o que pode ter grande importância, se isto refletir numa maior quantidade de água disponível às plantas, quando submetidas a um déficit hídrico. Porém,

na maioria destes experimentos, o efeito da vermiculita foi avaliado logo após a sua incorporação ao solo e pouco se sabe sobre o seu efeito residual, ou seja, qual a duração destas alterações ocorridas devidas à adição de vermiculita.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual da vermiculita de diferentes granulometrias sobre as propriedades hídricas do solo.

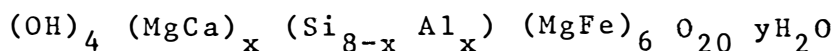
2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A vermiculita

A vermiculita é um mineral micáceo, resultante da alteração de biotita, flogopita ou clorita. É um filossilicato com grade mineralógica do tipo 2:1, ou seja, é formada pela combinação de duas folhas siloxana (tetraedros de SiO_4) com uma folha di ou trioctaédrica. As folhas dioctaédricas são formadas por octaedros de $\text{Al}_2(\text{OH})_6$; as folhas trioctaédricas são formadas por octaedros de $\text{Mg}(\text{OH})_6$ (ABRAHÃO et alii, 1976).

Devido às substituições isomorfas do Si^{4+} por Al^{3+} , a vermiculita possui uma alta densidade de cargas negativas, que é compensada pela entrada de cátions (MONIZ, 1975; BAVER et alii; 1972).

A fórmula geral da vermiculita natural é:



com x variando de 1 a 1,4, e y aproximadamente igual a 8 (GRIM, 1968).

A rocha original, de alta densidade, quando submetida a temperaturas elevadas, sofre expansão por esfoliação, tomando a aparência de um verme; daí o nome vermiculita. A vermiculita expandida apresenta uma densidade de 0,06 a 0,19 g/cm³, alta capacidade de troca catiônica (CTC), alta capacidade tampão, razoável teor de K e Mg e totalmente estéril. Devido a estas propriedades e também à grande capacidade de absorção de água, a vermiculita expandida vem sendo utilizada com várias finalidades na agricultura (MINAMI, 1982).

ROSENBERG (1979), trabalhando com 15 amostras de vermiculita nacional (sendo duas expandidas) e duas amostras estrangeiras, para comparação, estudou várias propriedades químicas e físicas da vermiculita, chegando a algumas conclusões importantes, entre elas: (a) as maiores expansões se verificaram a vermiculitas associadas à clorita; (b) o teor de água contido na vermiculita está relacionado com a capacidade de troca catiônica: amostras com teores de água superiores a 19%, apresentaram maiores CTC, da ordem de 100 meq NH₃/100 g. A CTC é bastante reduzida quando são menores os teores de água, caindo para valores de 3 a 25 meq/100 g para a vermiculita expandida, pois neste caso a perda

de água é quase total.

A vermiculita expandida possui uma superfície específica de 4 a 10 m²/g, com um volume de poros da ordem de 1,5 cm³/g, e tamanho de poros variando de 0,3 a 0,75 μm (CASTOLL, 1963).

A produção de vermiculita no Brasil vem sofrendo um sensível aumento nos últimos anos, sendo que em 1976 foi de 1000 toneladas, de acordo com R.I.S. Ltd.(1977), passando para aproximadamente 8500 toneladas em 1980, sendo neste ano o quarto produtor mundial, com 1,5% da produção, superado pelo Japão com 3,2%, África do Sul com 35,1% e Estados Unidos com 57,8% (MEISINGER, 1980a).

De acordo com MEISINGER (1980b), as reservas brasileiras deste mineral foram estimadas em 15 milhões de toneladas.

2.2. Usos da vermiculita na agricultura

(a) como meio de germinação de sementes

Este foi o primeiro uso da vermiculita na agricultura, segundo CASTOLL (1963), mas muitos outros autores a têm citado como um bom meio de germinação de sementes

(BREWER, 1961; KRAMER, 1980; FREY, 1981; ROCHELLE e VELLO, 1982).

(b) como substrato para enraizamento de estacas (LAI CHE Jr., 1973; LEWIS e SIZEMORE, 1978; HIGA, 1982).

(c) uso em floricultura, olericultura e produção de mudas

Tem sido utilizada como substrato para propagação e desenvolvimento de plantas, assim como produção de essências florestais, pura ou em misturas com areia, solo, esterco, turfa, esfagno, etc. (FIALHO, 1966; DUNHAM, 1967; DIAS, 1973; KOSTEWICZ e LOCASCIO, 1976; GULL et alii, 1977; HODGSON, 1981; CAMPINHOS Jr. e IKEMORI, 1982; FERNANDES et alii, 1982; CRUZ, 1985).

(d) para sementeira de precisão

É utilizada para confecção de tabletes, contendo uma semente no seu interior, obtendo-se as vantagens de espaçamento e profundidade de sementeira precisos, meio de germinação uniforme e uma superfície não constante para emergência de "seedlings". Além disso, os tabletes permitem a incorporação de nutrientes e defensivos (PAULI e HARRIOTT, 1968; McCOY et alii, 1969; HARRIOTT, 1970).

(e) como meio de crescimento de microorganismos (MEY RATH, 1965).

(f) A vermiculita pode ainda ser utilizada na agricultura na formulação de inseticidas e fertilizantes e outros fins (CRUZ, 1985).

2.3. Vermiculita como condicionador de solos

A utilização da vermiculita expandida como condicionador de solo tem por objetivo a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, em especial a CTC e a capacidade de retenção da água (STONE, 1982; DUNHAM, 1967), melhor aeração e como eventual fornecedor de Mg (MINAMI, s. d.). A adição de vermiculita tem aumentado ainda a quantidade de potássio no solo e na planta (DUNHAM, 1967; BOODLEY e SHELDRAKE Jr., 1967; GULL et alii, 1977).

ANÔNIMO (1957) relatou que, após nove anos de testes, a vermiculita foi aprovada como um bom condicionador de solo para manutenção de gramados em campos de golfe, principalmente por melhorar a penetração de água e aeração.

SMALLEY et alii (1962) incorporaram vermiculita em um solo arenoso nas concentrações de 10 e 20% à base de volume, sobre o qual foi cultivado grama "Tif-green". Observaram pouca vantagem no uso de vermiculita em concentrações superiores a 10% à base de volume. Verificaram que a vermiculita aumentou o espaço poroso total, porém dimi-

nuiu a porcentagem de macroporos, causando também uma considerável redução na permeabilidade.

SALATI et alii (1980) e REICHARDT (1980) estudaram o efeito da vermiculita de diferentes granulometrias e provenientes de duas fontes, na retenção da água em dois latossolos cultivados com milho. A vermiculita foi incorporada aos solos nas concentrações de 0; 0,5; 1; 2; 5 e 10% à base de massa. Observaram que a vermiculita afetou de maneira significativa as curvas de retenção da água nos solos, sendo que este efeito foi linear em relação à concentração e também variou com a granulometria e origem da vermiculita. O maior efeito foi observado para altos potenciais, ou seja, mais próximos à saturação. Como a evapotranspiração do milho não foi alterada, mas a retenção da água foi ampliada, concluíram que os intervalos de irrigação podiam ser aumentados. Posteriormente, FREITAS Jr. (1982), estudando os efeitos da vermiculita na disponibilidade de água e nutrientes em feijoeiro, chegou à mesma conclusão. REICHARDT (1981) cita que várias aplicações de vermiculita por 3 a 5 anos pode melhorar significativamente as condições físicas de solos pobres.

AQUINO et alii (1981) utilizaram vermiculita em solos sob cerrado com o objetivo de melhorar as propriedades físico-químicas destes solos, destacando a condição da vermiculita não ser atacada por microorganismos e, uma vez

incorporada ao solo, nele permanece quase que indefinidamente. Os estudos foram feitos em condições de campo, para as culturas de arroz, feijão e consórcio milho x feijão. Destacaram as seguintes conclusões: a) a vermiculita aumentou o teor de nutrientes no solo, devido a um aumento na retenção destes elementos ou devido ao fornecimento destes nutrientes pela vermiculita; b) os aumentos de produção conseguidos pela adição de vermiculita, provavelmente, foram devidos a melhorias nas propriedades químicas dos solos; c) foi observada uma influência positiva da vermiculita na retenção da água nos solos, para períodos curtos de deficiência hídrica (até três dias), porém, SANTOS et alii (1982), trabalhando em condições semelhantes, com as culturas de cenoura e alface, verificaram efeitos favoráveis da vermiculita somente em condições ótimas de umidade do solo e com aplicação de elevadas dosagens de vermiculita.

LIBARDI et alii (1983), numa revisão feita sobre o uso de vermiculita como condicionador de solo, concluíram, com as informações disponíveis, que o uso da vermiculita na agricultura extensiva não apresentava um quadro claro até aquela data.

GALBIATTI (1983) trabalhou em laboratório com o objetivo de estudar a influência da vermiculita expandida de diversas granulometrias sobre: a retenção da água, a condutividade hidráulica saturada, a umidade de saturação

e a redistribuição da água em três tipos de solo: Terra Roxa Estruturada, Latossol Vermelho-Amarelo e Areia Quartzosa. Incorporou vermiculita expandida de cinco diferentes granulometrias à base de 10% em volume. O autor observou que a vermiculita expandida modificou as curvas de retenção da água nos solos, sendo que este efeito foi maior com a incorporação de vermiculita expandida de granulometria mais fina. A vermiculita reduziu a condutividade hidráulica saturada dos solos (K_0) e aqui também as maiores reduções foram causadas pelas vermiculitas de granulometrias mais finas e mais acentuada no solo Areia Quartzosa.

MORAES (1984) estudou o efeito da vermiculita expandida superfina da EUCATEX, em cinco níveis (0, 5, 10, 15 e 20% em volume), sobre os parâmetros do balanço hídrico, particularmente sobre a armazenagem da água após estresse hídrico e seus efeitos na produção de arroz. O solo utilizado foi um Latossolo Roxo. Concluiu que a vermiculita expandida diminuiu as perdas de água por drenagem, sem entretanto afetar a evapotranspiração. Doses crescentes de vermiculita aumentaram a disponibilidade de água para as plantas, porém, em condições de estresse hídrico, estas não foram beneficiadas.

Mais recentemente, POLI e IDE (1984) realizaram um experimento em laboratório e observaram um aumento na quantidade de água disponível em solos de textura areno-

sa pela aplicação de vermiculita expandida. O aumento na retenção da água foi diretamente proporcional às dosagens e inversamente proporcional às granulometrias das vermiculitas, confirmando os resultados obtidos por SALATI et alii (1980) e GALBIATTI (1983).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Preparo das amostras

3.1.1. Equações utilizadas

Para incorporação da vermiculita expandida aos três tipos de solo, a uma concentração de 30% à base de volume, foi utilizada a equação (10), deduzida abaixo.

Da definição de umidade à base de massa de uma amostra de solo (U), ou de vermiculita (U_v), tem-se:

$$U = \frac{m - m_s}{m_s} \dots\dots\dots (1)$$

e

$$U_v = \frac{m_v - m_{sv}}{m_{sv}} \dots\dots\dots (2)$$

ou

$$m_s = \frac{m}{U + 1} \dots\dots\dots (3)$$

e

$$m_{sv} = \frac{m_v}{U_v + 1} \dots\dots\dots (4)$$

respectivamente, onde m = massa de solo úmido, m_s = massa de solo seco em estufa a 105°C , até peso constante, m_v = massa de vermiculita úmida, m_{sv} = massa de vermiculita seca em estufa a 105°C até peso constante, U = umidade do solo à base de massa e U_v = umidade da vermiculita à base de massa.

A partir da definição da concentração de vermiculita à base de volume (C), isto é:

$$C = \frac{V_v}{V_v + V} \dots\dots\dots (5)$$

onde V_v = volume de vermiculita e V = volume de solo, da definição de sua densidade (ρ_v):

$$\rho_v = \frac{m_{sv}}{V_v} \dots\dots\dots (6)$$

e da definição da densidade global do solo (ρ):

$$\rho = \frac{m_s}{V} \dots\dots\dots (7)$$

obtêm-se facilmente

$$C = \frac{m_{sv} \cdot \rho}{m_s \rho_v + m_{sv} \cdot \rho} \dots\dots\dots (8)$$

Substituindo (3) e (4) em (8):

$$C = \frac{\left(\frac{m_v}{U_v + 1} \right) \rho}{\left(\frac{m}{U + 1} \right) \rho_v + \left(\frac{m_v}{U_v + 1} \right) \rho} \dots\dots (9)$$

Explicitando a massa de vermiculita m_v na equação (9):

$$m_v = \frac{C \cdot m \cdot \rho_v \cdot (U_v + 1)}{\rho (1 - C) (U + 1)} \dots\dots (10)$$

3.1.2. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente ao acaso. Os tratamentos, num total de 18, resultantes da combinação de três tipos de solo com cinco granulometrias de vermiculita mais a testemunha, com três repetições, foram simbolizados conforme as Tabelas 1 e 2.

As amostras de solo (testemunha) e das misturas de solo+vermiculita foram colocadas no campo em tubos de PVC com diâmetro interno de 5,2 cm e 15 cm de altura e em colunas de PVC com 10 cm de diâmetro interno e 20 cm de altura.

Os tubos de PVC foram reunidos em conjuntos de sete para a análise de retenção da água pelo solo em sete diferentes tensões (0,01; 0,05; 0,1; 0,3; 1,0; 5,0 e 15,0 atm), e as colunas utilizadas para as análises da condutividade de hidráulica em solo saturado (K_0). Tanto os tubos como as colunas tinham colado em seus fundos bidin OP-30. Em cada análise foi utilizado todo o material dos recipientes (tubos e colunas). Como foram testadas quatro épocas, resultou um total de 216 conjuntos de sete tubos e 216 colunas de PVC. Deste número (216), 36 constituem os tratamentos sô com solo, sem incorporação de vermiculita.

3.1.3. Cálculo das quantidades de amostra de solo a serem colocadas nos tubos e colunas

Para determinar as quantidades de solo a serem colocadas nos tubos e nas colunas de PVC, colocou-se cada um dos solos em um tubo e uma coluna até as alturas de 8 e 11 cm, respectivamente, efetuando-se duas leves pancadas para compactação. Feito isso, os solos foram retirados e pesados.

3.1.4. Umidade das amostras de solo e de vermiculita

A umidade das amostras de solo e de vermiculita foi calculada pelo método gravimétrico, através das fórmulas (1) e (2), respectivamente.

A umidade à base de massa utilizada nos cálculos foi resultante da média de três determinações, tanto para solo como para vermiculita.

3.1.5. Cálculo das densidades das amostras de solo e de vermiculita

A densidade das amostras de solo foi calculada pela aplicação direta da fórmula:

$$\rho = \frac{m}{(U + 1) V} ,$$

combinação das equações (3) e (7), e a das amostras de vermiculita diretamente através da equação (6), somente que, neste caso, a massa de vermiculita (m_{sv}) foi tomada após mantê-la cerca de 36 horas em estufa a 105°C, evitando, desta maneira, a interferência da umidade. O volume de vermiculita V_v foi de 100 ml, previamente medido com uso de uma proveta.

3.1.6. Cálculo da quantidade de vermiculita utilizada nos vários tratamentos

Para uma maior facilidade de identificação das amostras, as cinco diferentes granulometrias de vermiculita expandida e os três tipos de solo foram simbolizados conforme as Tabelas 1 e 2, a seguir.

Com base nos símbolos utilizados para identificação do solo e da vermiculita expandida, simbolizaram-se

TABELA 1 - Símbolo para as diferentes granulometrias de vermiculita expandida.

G ₀	sem vermiculita
G ₁	vermiculita grande
G ₂	vermiculita média
G ₃	vermiculita fina
G ₄	vermiculita superfina
G ₅	vermiculita micron

TABELA 2 - Símbolo para os diferentes tipos de solo.

S ₁	Terra Roxa Estruturada
S ₂	Latossolo Vermelho-Amarelo
S ₃	Areia Quartzosa

os diferentes tratamentos como $S_x G_y$, x variando de 1 a 3, e y variando de 0 a 5; o índice 0 (zero) corresponde aos tratamentos sem vermiculita (testemunha).

Finalmente, com todos os dados necessários, calcularam-se as quantidades de vermiculita, com uso da equação (10). O resultado destes cálculos é apresentado na Tabela 3.

3.1.7. Acondicionamento das amostras

Uma vez calculadas as massas de solo (m) e de vermiculita (m_v), apresentadas na Tabela 3, deu-se início ao processo de acondicionamento das amostras. As amostras de solo de cada tratamento foram pesadas e colocadas em saquinhos plásticos, devidamente identificadas e guardadas até o momento da mistura com as amostras de vermiculita de cada tratamento, que também foram pesadas e guardadas em saquinhos de papel, identificadas.

Terminada a pesagem, procedeu-se à mistura do solo com a vermiculita, de acordo com os tratamentos. Os saquinhos de papel contendo vermiculita foram despejados nos sacos plásticos, contendo solo, onde foram homogeneizados e identificados. Estes sacos plásticos, agora contendo os vários tratamentos de solo com vermiculita, e também aqueles

TABELA 3 - Massa de vermiculita adicionada aos vários tratamentos, tubos e colunas.

Solo	ρ (g.cm ⁻³)	U (g.g ⁻¹)	m (g)		Vermic. (g.g ⁻¹)	$\frac{U}{V}$ (g.g ⁻¹)	ρ_v (g.cm ⁻³)	Trat.	m _v (g)	
			tubos	colunas					tubos	colunas
1	1,2	0,05	213,0	1120,0	G ₀	-	-	S ₁ G ₀	-	-
					G ₁	0,11	0,09	S ₁ G ₁	7,24	38,06
					G ₂	0,10	0,10	S ₁ G ₂	7,96	41,90
					G ₃	0,09	0,09	S ₁ G ₃	7,11	37,37
					G ₄	0,11	0,11	S ₁ G ₄	8,85	46,51
			G ₅	0,09	0,14		S ₁ G ₅	11,06	58,13	
2	1,2 (tubos)	0,04	218,1	1120,1	G ₀	-	-	S ₂ G ₀	-	-
					G ₁	0,11	0,09	S ₂ G ₁	7,48	38,32
					G ₂	0,10	0,10	S ₂ G ₂	8,24	42,19
					G ₃	0,09	0,09	S ₂ G ₃	7,35	37,63
					G ₄	0,11	0,11	S ₂ G ₄	9,14	46,84
			G ₅	0,09	0,14		S ₂ G ₅	11,43	58,54	
3	1,6 (colunas)	0,003	273,5	1426,0	G ₀	-	-	S ₃ G ₀	-	-
					G ₁	0,11	0,09	S ₃ G ₁	7,30	38,04
					G ₂	0,10	0,10	S ₃ G ₂	8,03	41,89
					G ₃	0,09	0,09	S ₃ G ₃	7,17	37,36
					G ₄	0,11	0,11	S ₃ G ₄	8,92	46,50
			G ₅	0,09	0,14		S ₃ G ₅	11,15	58,11	

contendo apenas solo (testemunhas), foram mantidos no laboratório até o momento de serem levados a campo, quando, então, eram esvaziados e o seu conteúdo acondicionado nos tubos e colunas de PVC.

3.2. Instalação do experimento

O experimento foi instalado em uma área pertencente ao Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, SP, próxima ao seu Posto Agrometeorológico. Foram construídos três canteiros de 1,5m x 28,0 m, espaçados de 1,0 m, de maneira a se ter dois carregadores centrais. Nestes canteiros foram fixados os tubos e as colunas, dividindo-se em 54 parcelas (18 tratamentos com 3 repetições).

Os sacos plásticos contendo as amostras foram levados ao campo e colocados nos tubos e colunas correspondentes, que também já tinham sido previamente preparados. Nesta operação, o conteúdo dos sacos plásticos foi despejado nos tubos e colunas, procurando-se fazer uma boa mistura do solo com a vermiculita e uma leve compactação. Após a montagem, os tubos (em conjuntos de sete) e colunas de cada tratamento foram distribuídos inteiramente ao acaso.

Em cada parcela foram colocados três conjuntos de sete tubos e três colunas de um mesmo tratamento.

3.3. Controle das plantas invasoras

Procurou-se manter a área experimental livre de vegetação, evitando, assim, o acúmulo de matéria orgânica sobre os tratamentos, que poderia interferir ou confundir o efeito da vermiculita. Inicialmente, procurou-se controlar as plantas invasoras com capinas manuais, porém, com a vinda das chuvas, este controle ficou difícil, e lançou-se mão de herbicidas, com uma aplicação de SNBAR, na dosagem de 1 Kg/ha e também várias aplicações de ROUNDUP, em dosagem de 3,0 litros/ha.

3.4. Retirada das amostras do campo

Para a primeira época de análises, as amostras não foram ao campo; passaram diretamente ao laboratório. A partir da segunda época, estas amostras foram retiradas do campo após terem sido submetidas às intempéries ocorridas no período em que ficaram expostas. Portanto, ao final de cada época, foi retirado de cada parcela um conjun

to de sete tubos e uma coluna, do mesmo tratamento, para as análises de retenção e de condução da água pelo solo.

Por dificuldades ocorridas no laboratório, as análises de retenção da água no solo foram feitas apenas para a 1a. época e a 4a. época (0 e 18 meses após a instalação do experimento).

A condutividade hidráulica em condição saturada foi determinada para as quatro épocas de análise programadas (0, 2, 6 e 18 meses).

Os dados de precipitação no período abrangido pelo experimento são apresentados na Tabela 22, no Apêndice.

3.5. Metodologia utilizada para as análises

3.5.1. Análises de retenção de água

Para as análises de retenção da água pelo solo, trabalhou-se com Câmaras de Pressão de Richards. As amostras eram retiradas dos vasos e transferidas para anéis de PVC com 7,0 cm de altura e 7,0 cm de diâmetro interno. Para uma melhor representatividade, todo o conteúdo do tubo era transferido para o anel e compactado até se ter a mesma

densidade, isto é, até que a altura do material do anel (H_A) se tornasse igual a 0,55 vezes a altura que o material apresentava no tubo. Isto porque

$$H_A = \frac{A_t}{A_A} \cdot H_t$$

e sendo A_t = a área do tubo, igual a $21,24 \text{ cm}^2$ e A_A = área do anel, igual a $38,48 \text{ cm}^2$, é claro que

$$H_A = 0,55 \cdot H_t$$

Após este acondicionamento das amostras nos anéis de PVC, eram transferidas para uma bandeja de PVC, onde era adicionado água lentamente, até se obter um nível próximo à altura das amostras. Nestas condições, eram mantidas por um período superior a 72 horas, para completa saturação do solo + vermiculita. As curvas de umedecimento das vermiculitas encontram-se na Figura 1, no Apêndice.

As amostras saturadas eram transferidas cuidadosamente para as placas porosas, que também tinham sido previamente saturadas e, então, para as Câmaras de Richards. Ajustava-se a tensão desejada e aguardava-se o equilíbrio, que era atingido, aproximadamente, em uma semana.

Atingido o equilíbrio, a câmara era aberta e

as amostras pesadas. A seguir, as amostras eram colocadas em estufa a 105°C , por um período mínimo de 48 horas, até peso constante, quando, então, eram novamente pesadas. As curvas de secamento das vermiculitas encontram-se na Figura 2, no Apêndice.

A partir destes dados, calculava-se facilmente a umidade \tilde{u} base de massa do material, de acordo com a definição desta umidade (ver equações 1 e 2).

O cálculo da densidade global (ρ_g) nos tubos, foi feito dividindo-se a massa seca média obtida nas amostras pelo volume calculado, multiplicando-se a média das alturas pela área do tubo.

Nas colunas, para o cálculo de ρ_g , foi considerada a massa seca de solo ou da mistura solo + vermiculita colocada nos vários tratamentos, dividida pelo volume ocupado.

A umidade volumétrica (θ) foi obtida pelo produto da umidade \tilde{u} base de massa (U) pela densidade relativa ($\rho_r = \rho_g / \rho_{ag}$), onde ρ_{ag} = densidade da água. Os desvios padrões obtidos foram calculados de acordo com a teoria de propagação de erros.

Os dados de umidade \tilde{u} base de massa (U) e u midade \tilde{u} base de volume (θ) foram plotados em papel semi-

log, para a elaboração das curvas de retenção da água no solo. O potencial matricial foi expresso em Mpa.

3.5.2. Condutividade hidráulica em condição saturada (K_0)

Para as análises de condutividade hidráulica, construiu-se no laboratório de Física de Solos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, um equipamento que possibilita trabalhar com 13 colunas de material ao mesmo tempo. Este sistema mantém a lâmina de água na coluna constante, condição necessária para o permeâmetro de carga constante (Figura 1).

A condutividade hidráulica em material saturado (K_0) é calculada a partir da equação de Darcy, pela expressão:

$$K_0 = \frac{V \cdot L}{A \cdot t \cdot (L + h)}$$

onde:

V = volume coletado (cm^3);

t = tempo de coleta (horas);

A = área da coluna (cm^2);

L = comprimento de material (cm);

h = carga hidráulica (cm);

K_0 = condutividade hidráulica ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$).

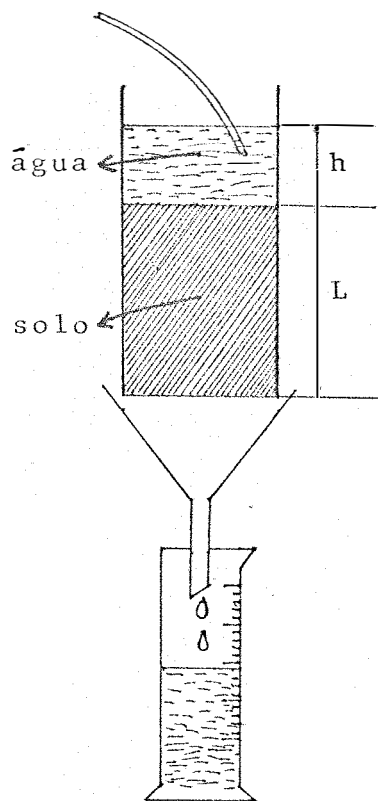


FIGURA 1 - Permeômetro de Carga Constante

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condutividade hidráulica saturada (K_0)

As Tabelas 4,5 e 6 mostram os resultados obtidos de K_0 , para as diferentes épocas de amostragem. Nota-se, por essas tabelas, uma grande variabilidade nos resultados que tornou difícil a avaliação do efeito da vermiculita expandida na condutividade hidráulica saturada. Contrariamente ao trabalho de GALBIATTI (1983), percebe-se uma tendência de aumento de K_0 no início do experimento, com incorporação da vermiculita de granulometria mais fina, nos solos Terra Roxa Estruturada e Latossol Vermelho - Amarelo, porém, este efeito não foi confirmado após o 6º e o 18º mês de incorporação da vermiculita aos solos.

Um problema com a metodologia adotada surgiu no decorrer do experimento. Provavelmente devido às expansões e contrações sofridas pelos solos no campo, em função

do umedecimento e secamento a que estavam sujeitos, houve descolamento dos solos da parede das colunas de PVC. Este problema foi mais evidente nos solos com maior teor de argila: Terra Roxa Estruturada e Latossol Vermelho-Amarelo.

4.1.1. Terra Roxa Estruturada

Neste solo não foi observada nenhuma variação de K_0 em função da vermiculita, na época de sua incorporação, sendo porém notada uma tendência de aumento de K_0 pela adição de vermiculita, dois meses após a incorporação. Este efeito foi maior nas vermiculitas de menor granulometria. No entanto, a variabilidade dos resultados apresentados nas épocas posteriores não permitiu a avaliação do efeito da vermiculita na condutividade hidráulica deste solo.

4.1.2. Latossol Vermelho-Amarelo

Para este solo, foram obtidos os maiores valores de K_0 . Aqui também houve influência da variabilidade dificultando a comparação entre os vários tratamentos. A tendência de aumento dos valores de K_0 , pela adição de vermiculita de menor granulometria, também foi observada neste

TABELA 4 - Condutividade hidráulica saturada (K_0) em cm.h^{-1} - Terra Roxa Estruturada.

Trat.	1a. época	2a. época	3a. época	4a. época
S ₁ G ₀	35,03(11,82)*	25,10(8,21)	32,87(5,75)	33,81(24,21)
S ₁ G ₁	22,18(8,50)	39,02(7,05)	34,48(13,77)	18,55(10,89)
S ₁ G ₂	37,48(10,77)	45,71(17,17)	29,65(10,48)	30,22(10,30)
S ₁ G ₃	37,23(21,63)	53,27(28,91)	33,48(17,72)	22,08(2,05)
S ₁ G ₄	36,84(19,37)	51,37(13,37)	37,04(24,96)	37,54(15,93)
S ₁ G ₅	45,88(9,95)	57,24(16,04)	55,43(19,92)	66,18(13,51)

* Valores entre parênteses representam o desvio padrão de três repetições.

TABELA 5 - Condutividade hidráulica saturada (K_0) em cm.h^{-1} - Latossol Vermelho-Amarelo.

Trat.	1a. época	2a. época	3a. época	4a. época
S ₂ G ₀	55,62(18,84)*	29,40(6,21)	70,00(49,18)	27,86(17,92)
S ₂ G ₁	25,24(4,40)	34,06(12,64)	47,62(3,28)	45,35(4,06)
S ₂ G ₂	90,42(26,00)	52,97(10,36)	91,73(3,57)	45,58(15,99)
S ₂ G ₃	117,54(35,78)	58,22(6,27)	64,26(8,11)	35,20(8,96)
S ₂ G ₄	63,25(9,85)	64,13(20,20)	82,10(3,69)	23,22(1,64)
S ₂ G ₅	44,23(4,95)	65,16(3,44)	71,27(25,53)	67,99(42,01)

* ver Tabela 4.

TABELA 6 - Condutividade hidráulica saturada (K_0) em cm.h^{-1} - Areia Quartzosa.

Trat.	1a. época	2a. época	3a. época	4a. época
S ₃ G ₀	41,92(3,60)*	45,06(13,65)	22,50(6,64)	25,75(3,13)
S ₃ G ₁	40,35(1,68)	29,18(1,79)	24,48(5,55)	23,71(4,19)
S ₃ G ₂	57,54(12,35)	38,41(1,92)	22,44(2,73)	24,86(2,14)
S ₃ G ₃	60,28(5,41)	38,51(3,44)	28,27(3,79)	36,35(10,55)
S ₃ G ₄	34,09(3,12)	48,95(6,03)	29,89(6,11)	44,91(16,07)
S ₃ G ₅	49,65(4,20)	45,05(5,86)	32,42(7,81)	30,82(6,32)

* ver Tabela 4.

solo, para as duas primeiras épocas de análises.

4.1.3. Areia Quartzosa

Neste solo observou-se maior uniformidade nos resultados obtidos para condutividade hidráulica saturada, podendo-se dizer que, para todas as granulometrias houve uma tendência de diminuição de K_0 com o tempo.

4.2. Densidade global (ρ_g)

Como a densidade global é um fator que influencia grandemente nas propriedades hídricas do solo, também foi avaliada no decorrer do experimento, para os vários tratamentos. Os resultados são apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9 para as colunas de solo. Os valores de densidade calculados nas amostras destinadas à análise de retenção da água no solo são mostrados nas Tabelas 13, 14, 15, 19, 20 e 21.

Analisando-se os resultados, observa-se que a aplicação de vermiculita expandida reduziu a densidade dos solos. Isto pode ser explicado por uma maior dificuldade no arranjo das partículas de vermiculita no solo, deixando um maior espaço vazio entre elas, e também dentro das pró

prias partículas de vermiculita. Com o decorrer do tempo, o acomodamento das partículas vai ocorrendo e uma tendência de aumento da densidade global é observada, reduzindo a diferença entre os tratamentos contendo vermiculita e os tratamentos sem vermiculita (testemunhas). Também pode ocorrer um colapso das partículas de vermiculita.

Na avaliação das densidades globais também o correram alguns problemas na metodologia adotada, que podem ter tido alguma influência nos cálculos.

Observou-se que, durante o tempo abrangido pe lo experimento, houve deposição de solo da área experimental sobre os solos contidos nas colunas, havendo, portanto, um pequeno acréscimo nas alturas e conseqüente aumento do volume ocupado pelos solos nas colunas, alterando o cálculo das densidades, que foram feitos com base nas massas secas de solo ou da mistura de solo + vermiculita colocadas no início do experimento. No entanto, este problema provavelmente causou pequeno efeito no cálculo das densidades médias, não dificultando a interpretação dos resultados. Isto foi confirmado pelos resultados semelhantes obtidos para os valores das amostras utilizadas nas análises de retenção da água no início do experimento (1a. época) e no final do experimento (4a. época), apresentadas nas Tabelas 19, 20 e 21. Neste caso, as densidades foram calculadas com base nas massas secas obtidas no momento da análise, incluindo,

TABELA 7 - Densidade global (ρ_g), em $g \cdot cm^{-3}$, para as colunas do solo Terra Roxa Estruturada.

Trat.	1a. época	2a. época	3a. época	4a. época
S ₁ G ₀	1,20(0,04)*	1,21(0,03)	1,17(0,07)	1,10(0,07)
S ₁ G ₁	0,94(0,03)	1,03(0,03)	1,02(0,02)	1,06(0,11)
S ₁ G ₂	0,99(0,02)	0,98(0,01)	0,99(0,02)	0,95(0,05)
S ₁ G ₃	0,90(0,02)	1,03(0,01)	0,98(0,02)	0,98(0,05)
S ₁ G ₄	0,97(0,01)	1,03(0,02)	1,00(0,01)	1,01(0,01)
S ₁ G ₅	0,95(0,03)	1,02(0,02)	0,98(0,03)	1,08(0,15)

*ver Tabela 4.

TABELA 8 - Densidade global (ρ_g), em g.cm⁻³, para as colunas do solo Latossol Vermelho-Amarelo.

Trat.	1a. época	2a. época	3a. época	4a. época
S ₂ G ₀	1,21(0,01)*	1,31(0,05)	1,04(0,24)	1,19(0,17)
S ₂ G ₁	1,08(0,02)	1,13(0,03)	1,14(0,01)	1,07(0,04)
S ₂ G ₂	0,99(0,01)	1,03(0,02)	1,07(0,03)	1,15(0,08)
S ₂ G ₃	1,03(0,01)	1,09(0,03)	1,11(0,02)	1,15(0,10)
S ₂ G ₄	1,01(0,01)	1,08(0,02)	1,38(0,99)	1,13(0,03)
S ₂ G ₅	1,05(0,00)	1,09(0,01)	1,04(0,09)	1,08(0,04)

*ver Tabela 4.

TABELA 9 - Densidade global (ρ_g), em $g.cm^{-3}$, para as colunas do solo Areia Quartzosa.

Trat.	1a. época	2a. época	3a. época	4a. época
S ₃ G ₀	1,74(0,12)*	1,60(0,04)	1,62(0,05)	1,53(0,08)
S ₃ G ₁	1,38(0,03)	1,42(0,04)	1,39(0,04)	1,38(0,04)
S ₃ G ₂	1,28(0,03)	1,36(0,01)	1,31(0,04)	1,31(0,03)
S ₃ G ₃	1,31(0,02)	1,37(0,02)	1,35(0,01)	1,37(0,03)
S ₃ G ₄	1,39(0,01)	1,46(0,04)	1,23(0,16)	1,46(0,15)
S ₃ G ₅	1,35(0,01)	1,41(0,02)	1,37(0,03)	1,33(0,03)

*ver Tabela 4.

portanto, o solo depositado pelo vento.

4.3. Análises de retenção da água

4.3.1. Retenção da água na 1a. época

As Tabelas 10, 11 e 12 mostram os resultados para as sete tensões, em atmosferas, com a umidade expressa à base de massa (U). As Tabelas 13, 14 e 15 mostram os mesmos resultados em umidade à base de volume (θ). As curvas de retenção da água são apresentadas nas Figuras 2 a 7.

4.3.2. Retenção da água nos solos 18 meses após a incorporação das vermiculitas (4a. época)

As tabelas 16, 17 e 18 mostram os resultados obtidos para a umidade à base de massa (U) para cinco tensões. Estes mesmos resultados, expressos em umidade à base de volume, são apresentados nas Tabelas 19, 20 e 21. As curvas de retenção da água nos solos são apresentadas nas Figuras 8 a 13.

TABELA 10 - Umidades à base de massa (U), correspondentes às diversas tensões. Solo: Terra Roxa Estruturada - 1ª. época.

Trat.	Tensão (Mpa)						
	0,001	0,005	0,01	0,03	0,1	0,5	1,5
S ₁ G ₀	0,48(0,04)*	0,28(0,00)	0,24(0,01)	0,21(0,01)	0,18(0,00)	0,15(0,01)	0,14(0,00)
S ₁ G ₁	0,54(0,02)	0,35(0,01)	0,32(0,01)	0,31(0,01)	0,24(0,01)	0,19(0,01)	0,15(0,01)
S ₁ G ₂	0,61(0,01)	0,40(0,02)	0,36(0,01)	0,32(0,01)	0,25(0,02)	0,22(0,04)	0,15(0,00)
S ₁ G ₃	0,60(0,01)	0,41(0,01)	0,37(0,02)	0,27(0,03)	0,23(0,01)	0,24(0,01)	0,19(0,01)
S ₁ G ₄	0,60(0,03)	0,38(0,01)	0,33(0,01)	0,31(0,01)	0,26(0,01)	0,17(0,02)	0,16(0,00)
S ₁ G ₅	0,63(0,03)	0,36(0,02)	0,32(0,01)	0,25(0,02)	0,23(0,01)	0,20(0,01)	0,17(0,02)

*ver Tabela 4.

TABELA 11 - Unidades ã base de massa (U), correspondentes ãs diversas tensões. Solo: Latossol Verme-
lho-Amarelo - 1a. época.

Trat.	Tensãõ (Mpa)						
	0,001	0,005	0,01	0,03	0,1	0,5	1,5
S ₂ G ₀	0,41(0,02)*	0,19(0,03)	0,12(0,00)	0,09(0,01)	0,09(0,01)	0,07(0,00)	0,06(0,00)
S ₂ G ₁	0,46(0,01)	0,29(0,01)	0,23(0,00)	0,18(0,01)	0,13(0,01)	0,15(0,00)	0,08(0,01)
S ₂ G ₂	0,54(0,02)	0,32(0,03)	0,25(0,01)	0,22(0,01)	0,17(0,00)	0,17(0,02)	0,14(0,01)
S ₂ G ₃	0,49(0,00)	0,27(0,01)	0,22(0,01)	0,20(0,01)	0,17(0,01)	0,13(0,01)	0,12(0,02)
S ₂ G ₄	0,50(0,01)	0,28(0,01)	0,21(0,00)	0,19(0,00)	0,15(0,01)	0,13(0,00)	0,12(0,02)
S ₂ G ₅	0,53(0,04)	0,25(0,01)	0,20(0,01)	0,18(0,01)	0,16(0,02)	0,14(0,01)	0,13(0,01)

*ver Tabela 4.

TABELA 12 -- Unidades ã base de massa (U), correspondentes às diversas tensões. Solo: Areia Quartzosa - 1a. época.

Trat.	Tensão (Mpa)						
	0,001	0,005	0,01	0,03	0,1	0,5	1,5
S ₃ G ₀	0,24(0,03)*	0,07(0,02)	0,03(0,01)	0,02(0,00)	0,01(0,01)	0,01(0,01)	0,02(0,00)
S ₃ G ₁	0,34(0,01)	0,13(0,02)	0,11(0,02)	0,11(0,01)	0,10(0,02)	0,09(0,01)	0,06(0,00)
S ₃ G ₂	0,33(0,01)	0,15(0,01)	0,13(0,01)	0,12(0,00)	0,11(0,01)	0,10(0,01)	0,11(0,01)
S ₃ G ₃	0,31(0,04)	0,14(0,01)	0,12(0,01)	0,11(0,01)	0,09(0,01)	0,09(0,00)	0,10(0,00)
S ₃ G ₄	0,30(0,03)	0,12(0,01)	0,11(0,03)	0,08(0,01)	0,09(0,01)	0,08(0,01)	0,07(0,01)
S ₃ G ₅	0,36(0,01)	0,13(0,02)	0,11(0,01)	0,08(0,01)	0,09(0,01)	0,07(0,01)	0,11(0,03)

*ver Tabela 4.

TABELA 13 - Densidade global (ρ_g) e umidades à base de volume (Θ), correspondentes às diversas tensões. Solo: Terra Roxa Estruturada - 1a. época.

Tratamento	ρ_g		Tensão (Mpa)	
	$g \cdot cm^{-3}$		0,001	0,005
S ₁ G ₀	1,199(0,045)*	0,576(0,053)	0,336(0,013)	0,288(0,016)
S ₁ G ₁	0,989(0,030)	0,534(0,025)	0,346(0,014)	0,316(0,014)
S ₁ G ₂	0,936(0,035)	0,571(0,023)	0,374(0,023)	0,337(0,016)
S ₁ G ₃	0,899(0,049)	0,539(0,031)	0,369(0,022)	0,333(0,026)
S ₁ G ₄	0,930(0,043)	0,558(0,038)	0,353(0,019)	0,307(0,017)
S ₁ G ₅	0,940(0,053)	0,592(0,044)	0,338(0,027)	0,301(0,019)

Tratamento	Tensão (Mpa)		
	0,03	0,1	0,5
S ₁ G ₀	0,252(0,015)	0,216(0,008)	0,180(0,013)
S ₁ G ₁	0,306(0,013)	0,237(0,012)	0,188(0,011)
S ₁ G ₂	0,300(0,015)	0,234(0,021)	0,206(0,038)
S ₁ G ₃	0,243(0,030)	0,207(0,014)	0,216(0,015)
S ₁ G ₄	0,288(0,016)	0,242(0,015)	0,158(0,020)
S ₁ G ₅	0,235(0,023)	0,216(0,015)	0,188(0,014)

*ver Tabela 4.

TABELA 14 - Densidade global (ρ_g) e umidades à base de volume (Θ), correspondentes às diversas tensões. Solo: Latossol Vermelho-Amarelo - 1a. época.

Tratamento	ρ_g		Tensão (Mpa)	
	$g \cdot cm^{-3}$		0,001	0,005
S ₂ G ₀	1,285(0,005)*		0,527(0,033)	0,244(0,040)
S ₂ G ₁	1,108(0,048)		0,509(0,025)	0,321(0,018)
S ₂ G ₂	0,965(0,046)		0,521(0,031)	0,309(0,032)
S ₂ G ₃	0,980(0,047)		0,480(0,023)	0,265(0,016)
S ₂ G ₄	1,026(0,021)		0,513(0,015)	0,287(0,012)
S ₂ G ₅	0,987(0,038)		0,523(0,044)	0,247(0,014)

Tratamento	Tensão (Mpa)		
	0,03	0,1	0,5
S ₂ G ₀	0,116(0,014)	0,116(0,014)	0,090(0,004)
S ₂ G ₁	0,199(0,014)	0,144(0,013)	0,166(0,007)
S ₂ G ₂	0,212(0,014)	0,164(0,007)	0,164(0,021)
S ₂ G ₃	0,196(0,014)	0,167(0,013)	0,127(0,012)
S ₂ G ₄	0,195(0,004)	0,154(0,011)	0,133(0,003)
S ₂ G ₅	0,178(0,012)	0,158(0,021)	0,138(0,011)

*ver Tabela 4.

TABELA 15 - Densidade global (ρ_g) e umidades à base de volume (Θ), correspondentes às diversas tensões. Solo: Areia Quartzosa - 1a. época.

Tratamento	ρ_g		Tensão (Mpa)	
	$g \cdot cm^{-3}$		0,001	0,005
S ₃ G ₀	1,605(0,060)*		0,385(0,050)	0,112(0,032)
S ₃ G ₁	1,352(0,042)		0,460(0,020)	0,176(0,028)
S ₃ G ₂	1,315(0,066)		0,434(0,025)	0,197(0,016)
S ₃ G ₃	1,325(0,067)		0,411(0,057)	0,186(0,016)
S ₃ G ₄	1,328(0,067)		0,398(0,045)	0,159(0,016)
S ₃ G ₅	1,315(0,052)		0,473(0,023)	0,171(0,027)

Tratamento	Tensão (Mpa)		
	0,03	0,1	0,5
S ₃ G ₀	0,032(0,001)	0,016(0,016)	0,016(0,016)
S ₃ G ₁	0,149(0,014)	0,135(0,014)	0,135(0,014)
S ₃ G ₂	0,158(0,008)	0,145(0,015)	0,131(0,015)
S ₃ G ₃	0,146(0,015)	0,119(0,015)	0,119(0,006)
S ₃ G ₄	0,106(0,014)	0,120(0,015)	0,106(0,014)
S ₃ G ₅	0,105(0,014)	0,118(0,014)	0,092(0,014)

*ver Tabela 4.

TABELA 16 - Unidades à base de massa (U), correspondentes às diversas tensões. Solo: Terra Roxa Estruturada - 4a. época.

Trat.	Tensão (Mpa)				
	0,001	0,01	0,03	0,1	1,5
S ₁ G ₀	0,49(0,03)*	0,24(0,00)	0,19(0,00)	0,17(0,01)	0,15(0,00)
S ₁ G ₁	0,58(0,02)	0,25(0,02)	0,21(0,00)	0,19(0,01)	0,15(0,00)
S ₁ G ₂	0,60(0,01)	0,25(0,00)	0,22(0,02)	0,20(0,01)	0,15(0,01)
S ₁ G ₃	0,60(0,01)	0,24(0,01)	0,22(0,01)	0,20(0,01)	0,16(0,00)
S ₁ G ₄	0,61(0,02)	0,27(0,00)	0,22(0,01)	0,20(0,01)	0,16(0,01)
S ₁ G ₅	0,59(0,01)	0,26(0,01)	0,21(0,00)	0,19(0,01)	0,16(0,01)

*ver Tabela 4.

TABELA 17 - Unidades à base de massa (U), correspondentes às diversas tensões. Solo: Latossol Vermelho-Amarelo - 4a. época.

Trat.	Tensão (Mpa)				
	0,001	0,01	0,03	0,1	1,5
S ₂ G ₀	0,38(0,01)*	0,13(0,02)	0,10(0,00)	0,09(0,01)	0,07(0,00)
S ₂ G ₁	0,44(0,02)	0,17(0,01)	0,12(0,01)	0,10(0,01)	0,08(0,01)
S ₂ G ₂	0,44(0,02)	0,14(0,00)	0,12(0,01)	0,12(0,02)	0,09(0,00)
S ₂ G ₃	0,45(0,03)	0,14(0,01)	0,12(0,00)	0,11(0,01)	0,09(0,01)
S ₂ G ₄	0,46(0,01)	0,15(0,01)	0,12(0,00)	0,11(0,01)	0,09(0,01)
S ₂ G ₅	0,47(0,02)	0,15(0,01)	0,11(0,00)	0,10(0,00)	0,09(0,01)

*ver Tabela 4.

TABELA 18 - Unidades à base de massa (U), correspondentes às diversas tensões. Solo: Areia Quartzosa - 4a. época.

Trat.	Tensão (Mpa)			
	0,001	0,01	0,03	0,1
S ₃ G ₀	0,24(0,01)*	0,06(0,01)	0,04(0,00)	0,04(0,01)
S ₃ G ₁	0,29(0,01)	0,07(0,00)	0,06(0,01)	0,06(0,01)
S ₃ G ₂	0,31(0,01)	0,07(0,01)	0,07(0,01)	0,08(0,01)
S ₃ G ₃	0,29(0,01)	0,07(0,00)	0,07(0,01)	0,06(0,01)
S ₃ G ₄	0,28(0,01)	0,05(0,01)	0,05(0,00)	0,05(0,01)
S ₃ G ₅	0,30(0,01)	0,06(0,01)	0,07(0,01)	0,06(0,01)

*ver Tabela 4.

TABELA 19 - Densidade global (ρ_g) e unidades à base de volume (G), correspondentes às diversas tensões.
Solo: Terra Roxa Estruturada - 4a. época.

Trat.	ρ_g		Tensão (Mpa)				
	g.cm ⁻³		0,001	0,01	0,03	0,1	1,5
S ₁ G ₀	1,175(0,057)*	0,576(0,045)	0,282(0,014)	0,223(0,011)	0,200(0,015)	0,176(0,008)	
S ₁ G ₁	1,083(0,062)	0,628(0,042)	0,271(0,027)	0,227(0,013)	0,206(0,012)	0,162(0,009)	
S ₁ G ₂	0,988(0,062)	0,593(0,039)	0,247(0,016)	0,217(0,024)	0,196(0,016)	0,148(0,014)	
S ₁ G ₃	0,996(0,055)	0,598(0,034)	0,239(0,016)	0,219(0,016)	0,199(0,015)	0,159(0,009)	
S ₁ G ₄	0,999(0,058)	0,609(0,041)	0,270(0,016)	0,220(0,016)	0,200(0,015)	0,160(0,014)	
S ₁ G ₅	1,004(0,040)	0,593(0,026)	0,261(0,014)	0,211(0,008)	0,191(0,013)	0,161(0,012)	

*ver Tabela 4.

TABELA 20 - Densidade global (ρ_g) e umidades à base de volume (Θ), correspondentes às diversas tensões.
Solo: Latossolo Vermelho-Amarelo - 4a. época.

Trat.	ρ_g					Tensão (Mpa)					
	g. cm ⁻³										
		0,001	0,01	0,03	0,1	1,5					
S ₂ G ₀	1,343(0,091)*	0,510(0,037)	0,176(0,029)	0,134(0,009)	0,121(0,016)	0,094(0,006)					
S ₂ G ₁	1,152(0,080)	0,334(0,026)	0,081(0,006)	0,069(0,012)	0,069(0,012)	0,058(0,023)					
S ₂ G ₂	1,056(0,074)	0,327(0,025)	0,074(0,012)	0,074(0,012)	0,084(0,012)	0,063(0,011)					
S ₂ G ₃	1,124(0,069)	0,326(0,023)	0,079(0,005)	0,079(0,012)	0,067(0,012)	0,079(0,023)					
S ₂ G ₄	1,061(0,067)	0,297(0,021)	0,053(0,011)	0,053(0,003)	0,053(0,011)	0,053(0,011)					
S ₂ G ₅	1,055(0,057)	0,317(0,020)	0,063(0,011)	0,074(0,011)	0,063(0,011)	0,063(0,011)					

*ver Tabela 4.

TABELA 21 - Densidade global (ρ_g) e umidades à base de volume (θ), correspondentes às diversas tensões.
Solo: Areia Quartzosa - 4a. época.

Trat.	ρ_g		Tensão (Mpa)				
	$g \cdot cm^{-3}$		0,001	0,01	0,03	0,1	1,5
S ₃ G ₀	1,544(0,080)*	0,371(0,025)	0,093(0,016)	0,062(0,003)	0,062(0,016)	0,062(0,016)	0,062(0,003)
S ₃ G ₁	1,336(0,080)	0,387(0,027)	0,094(0,006)	0,080(0,014)	0,080(0,014)	0,080(0,014)	0,067(0,027)
S ₃ G ₂	1,313(0,068)	0,407(0,025)	0,092(0,014)	0,092(0,014)	0,092(0,014)	0,105(0,014)	0,079(0,014)
S ₃ G ₃	1,412(0,078)	0,409(0,027)	0,099(0,005)	0,099(0,015)	0,099(0,015)	0,085(0,015)	0,099(0,029)
S ₃ G ₄	1,412(0,068)	0,395(0,024)	0,071(0,015)	0,071(0,003)	0,071(0,015)	0,071(0,015)	0,071(0,015)
S ₃ G ₅	1,331(0,076)	0,399(0,026)	0,080(0,014)	0,093(0,014)	0,080(0,014)	0,080(0,014)	0,080(0,014)

*ver Tabela 4.

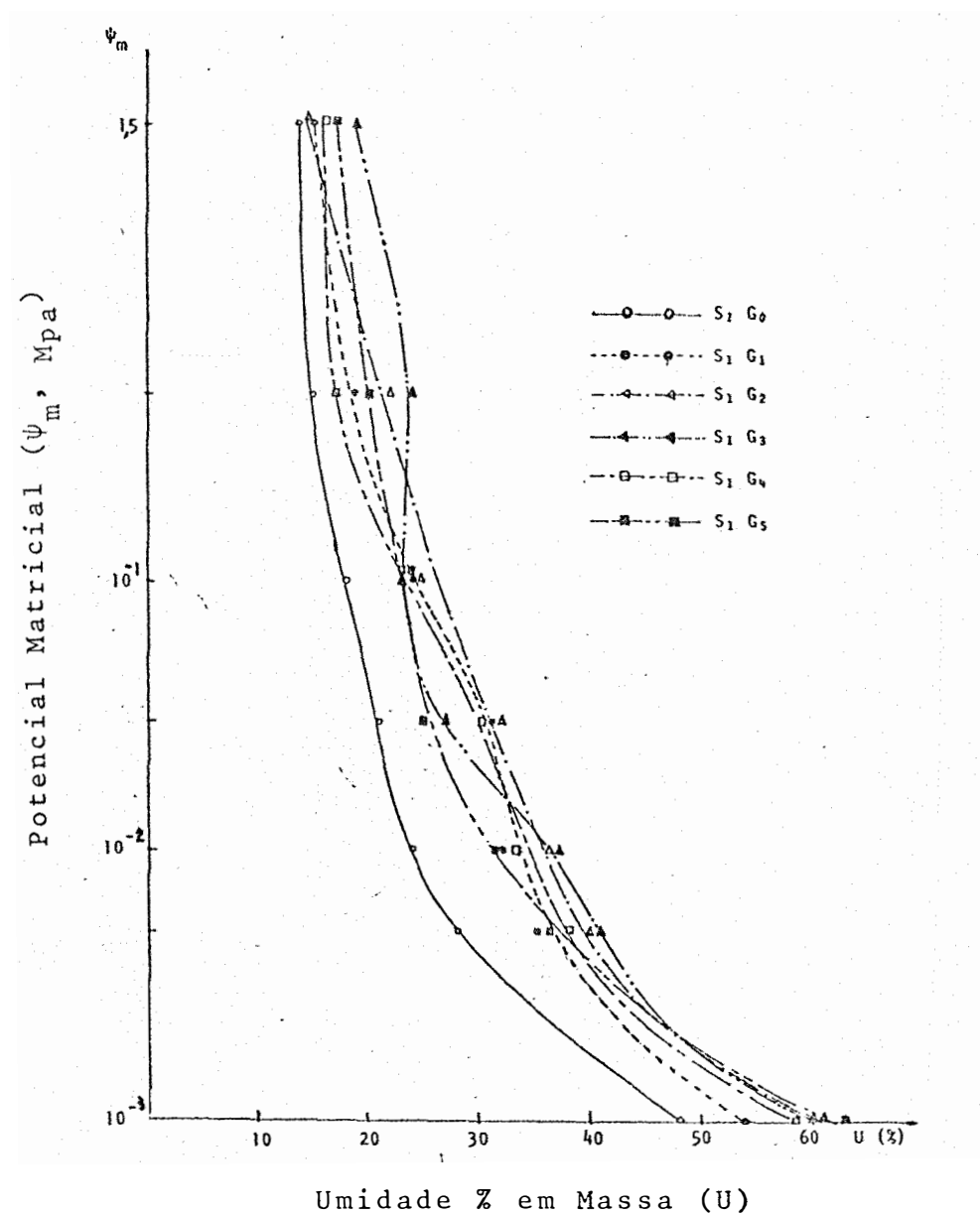


FIGURA 2 - Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada (argiloso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 1a. época (início do experimento).

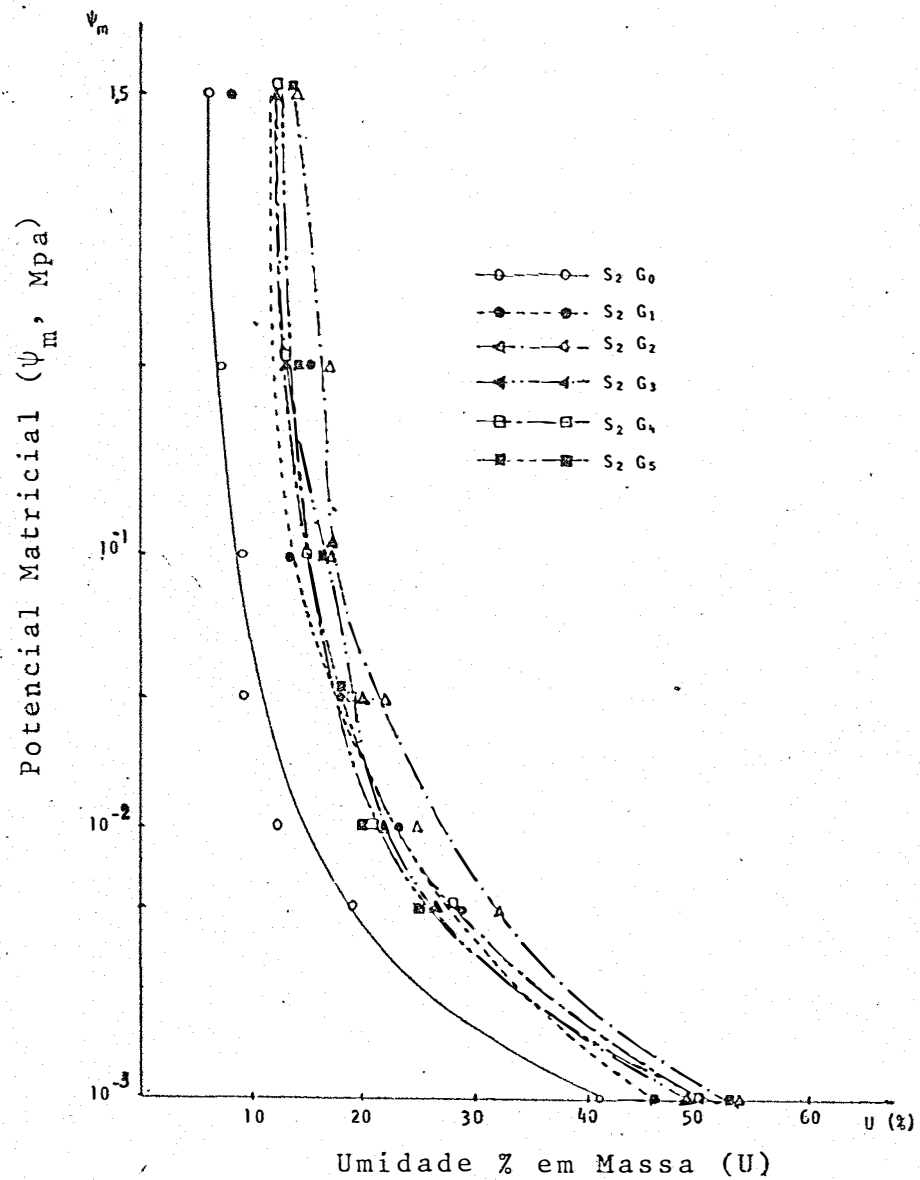


FIGURA 3 - Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho-Amarelo (textura média), incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 1a. época (início do experimento).

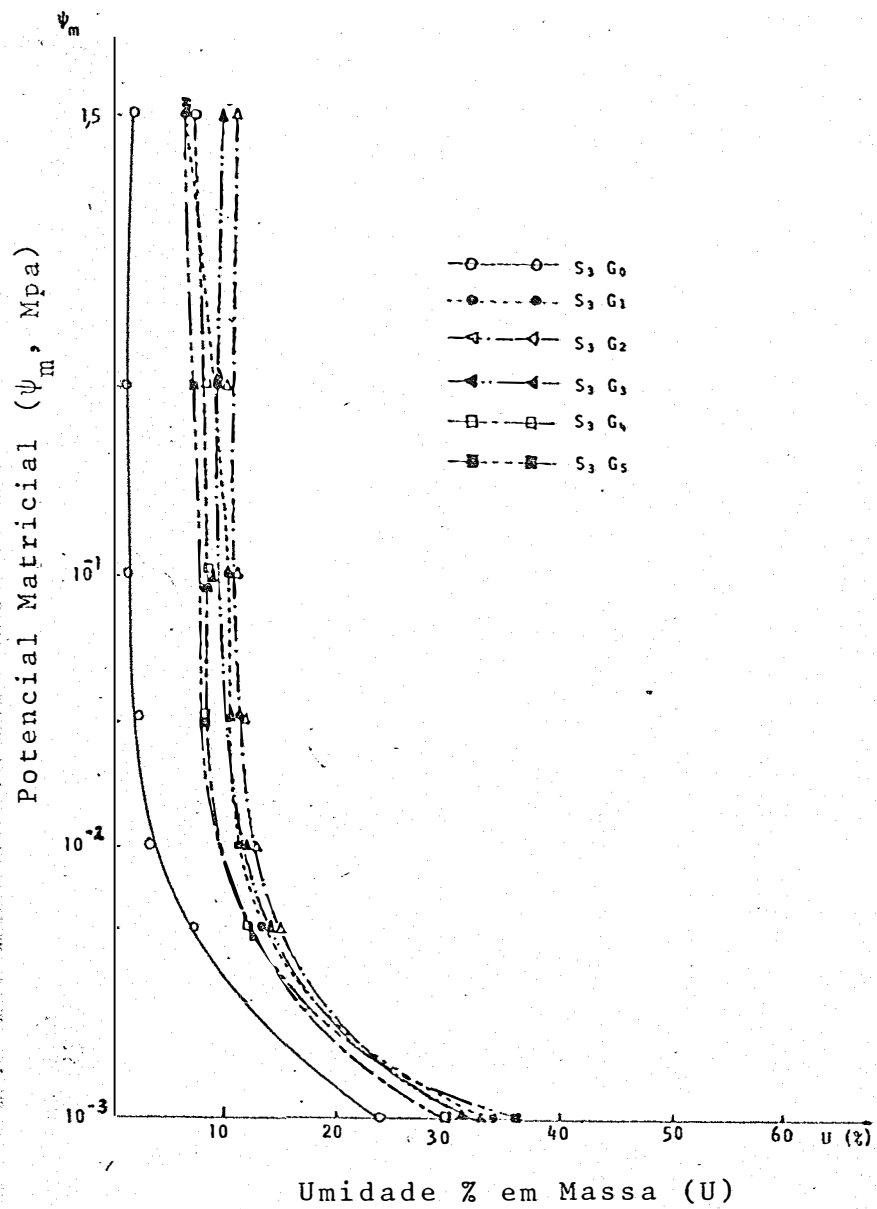


FIGURA 4 - Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa (arenoso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 1ª. época (início do experimento).

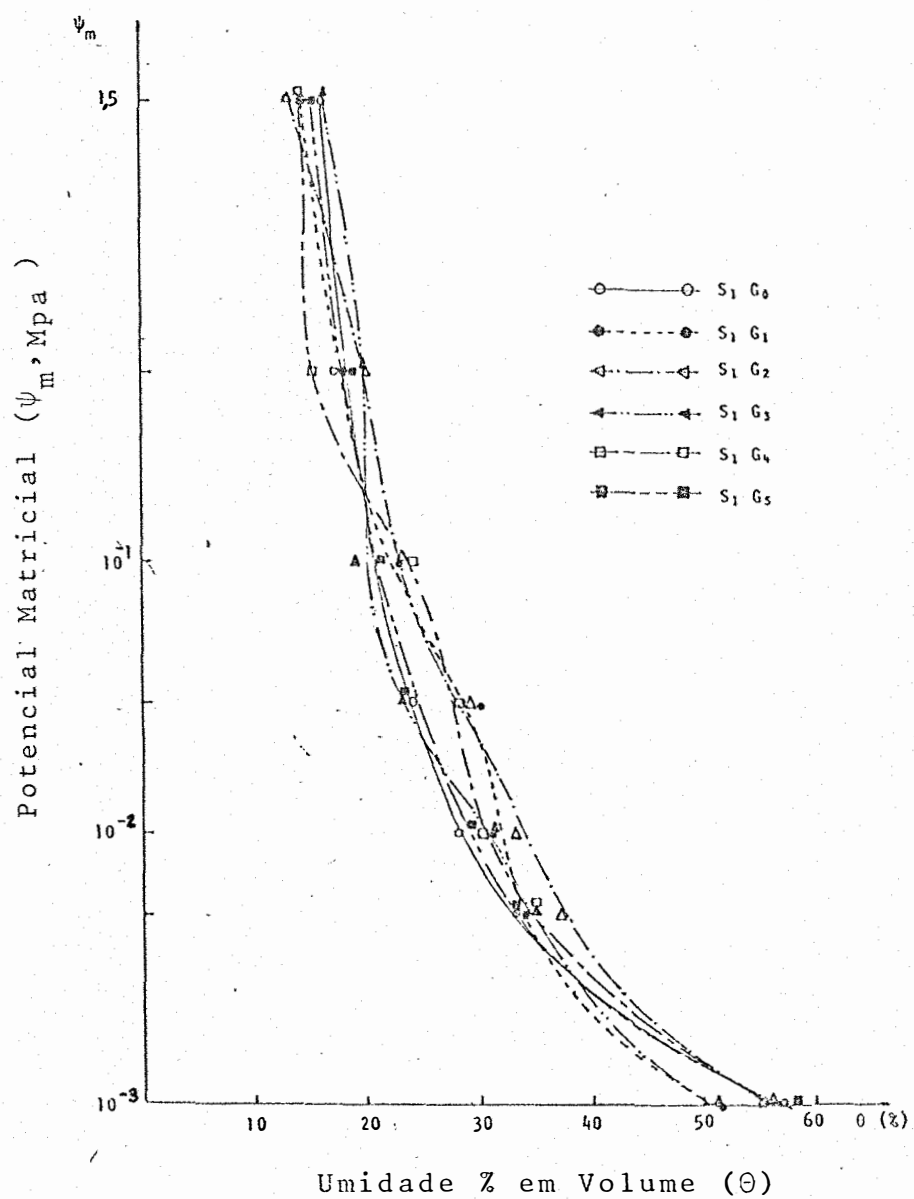


FIGURA 5 - Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada (argiloso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 1a. época (início do experimento).

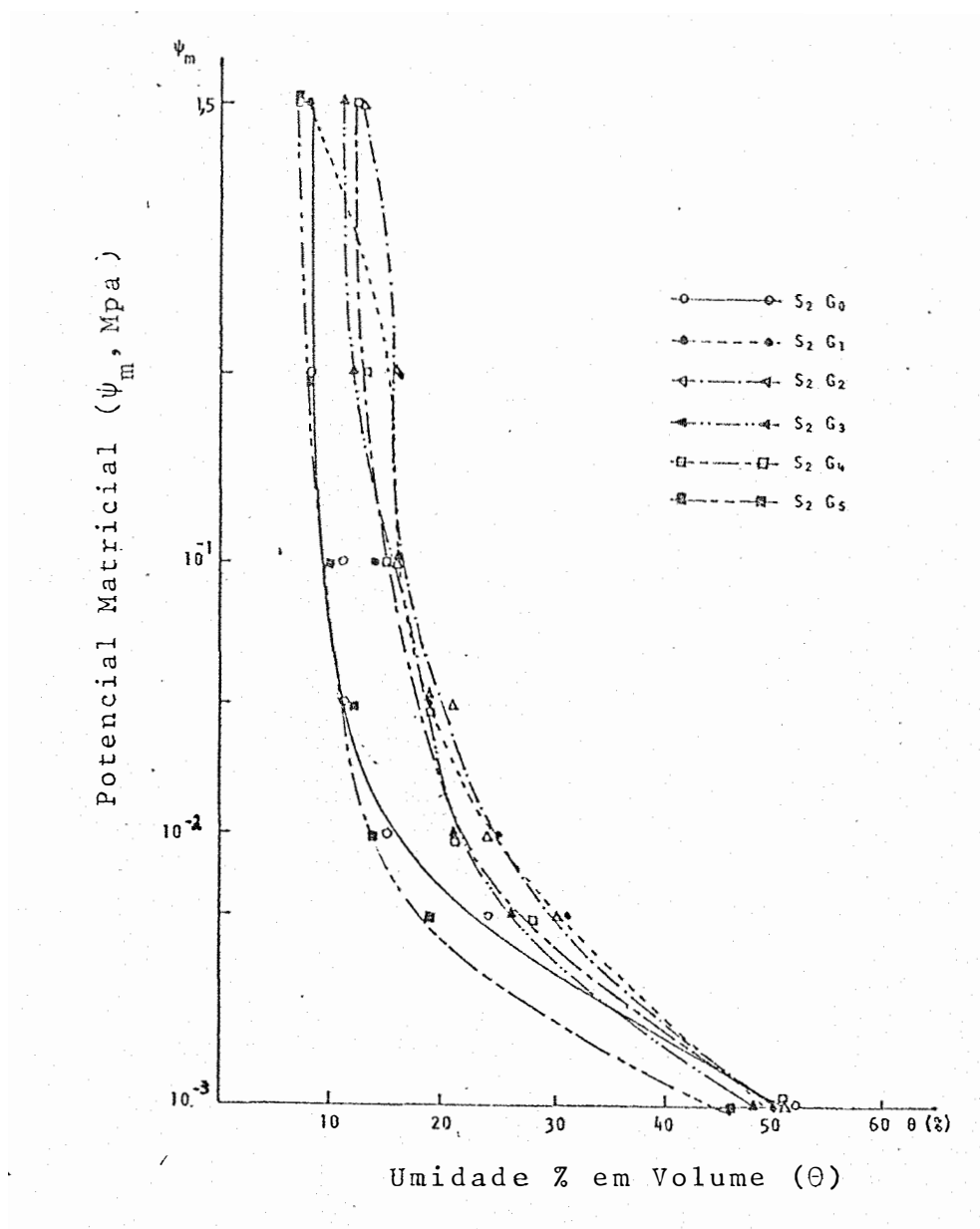


FIGURA 6 - Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho-Amarelo (textura média), incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 1a. época (início do experimento).

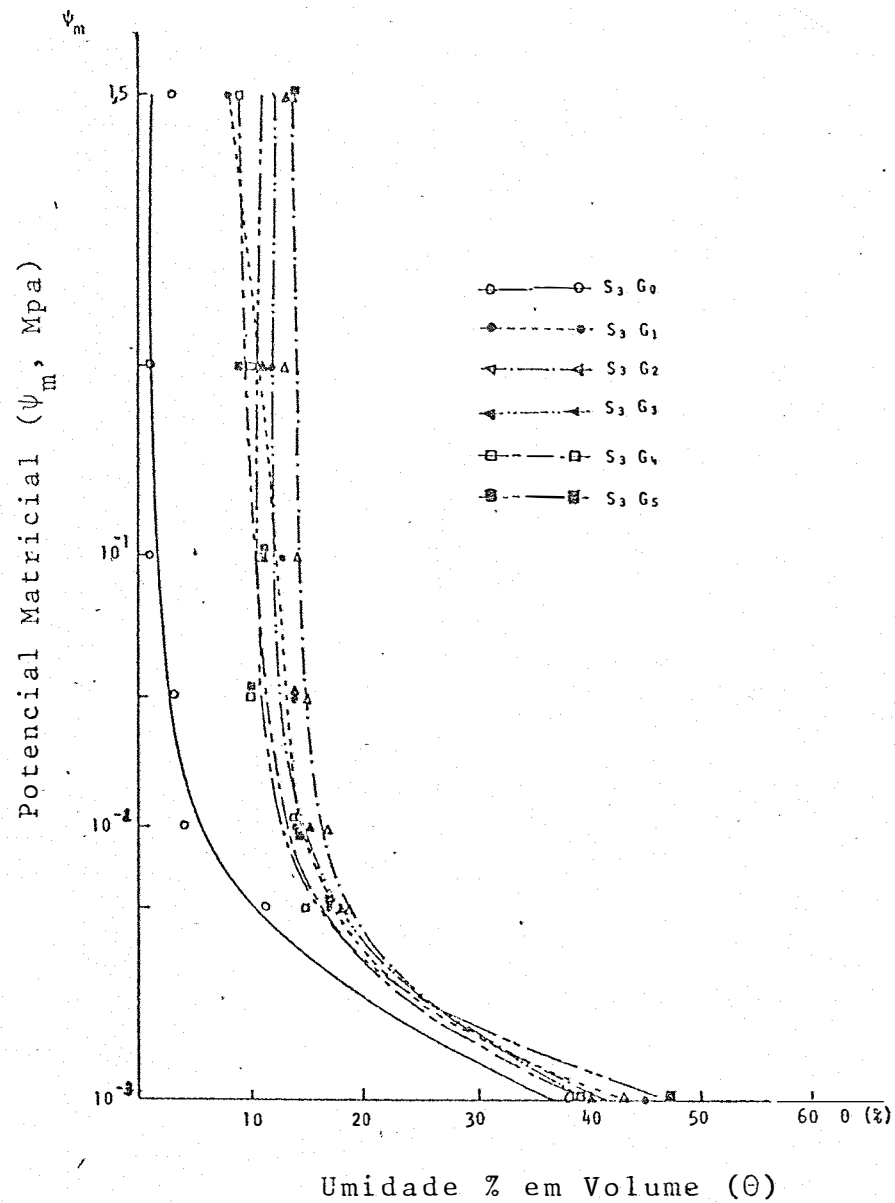


FIGURA 7 - Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa (arenoso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 1a. época (início do experimento).

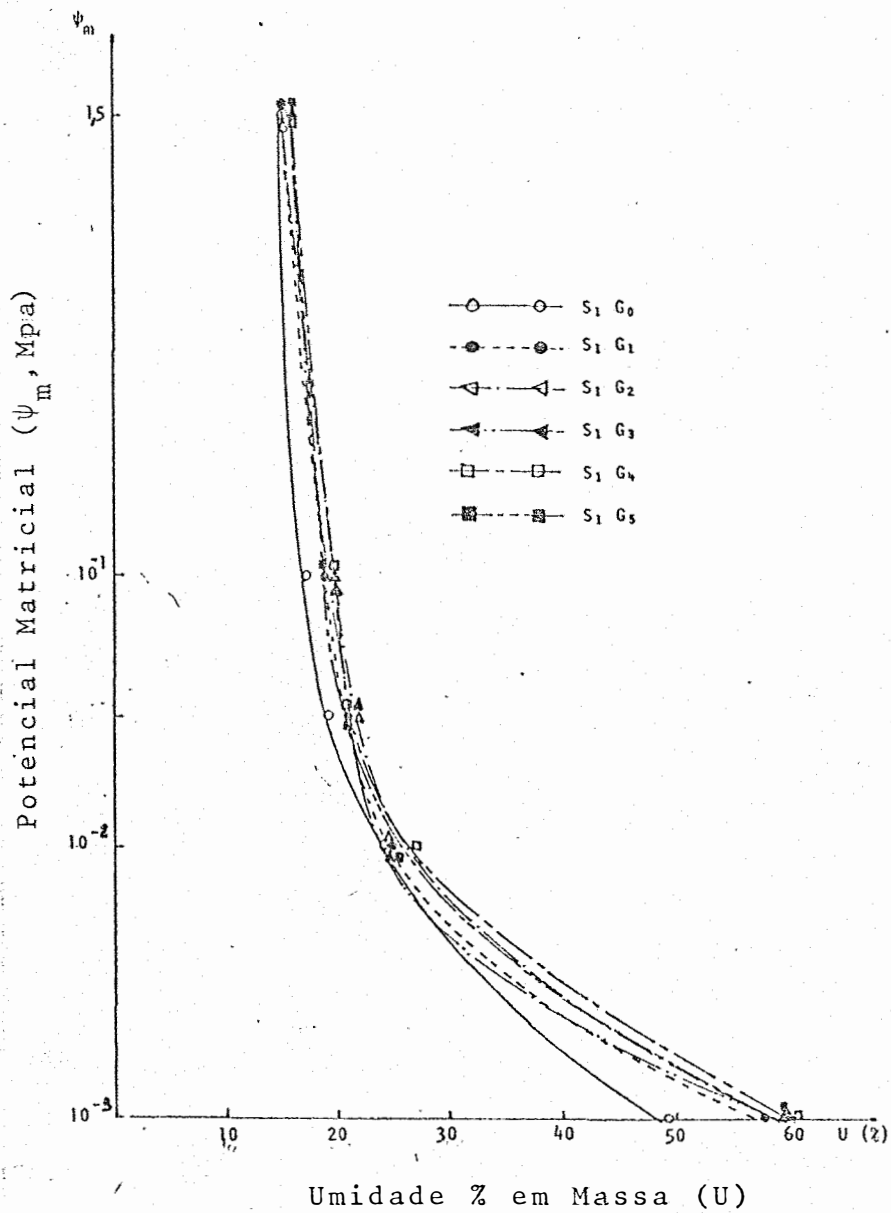


FIGURA 8 - Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada (argiloso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 4a. época.

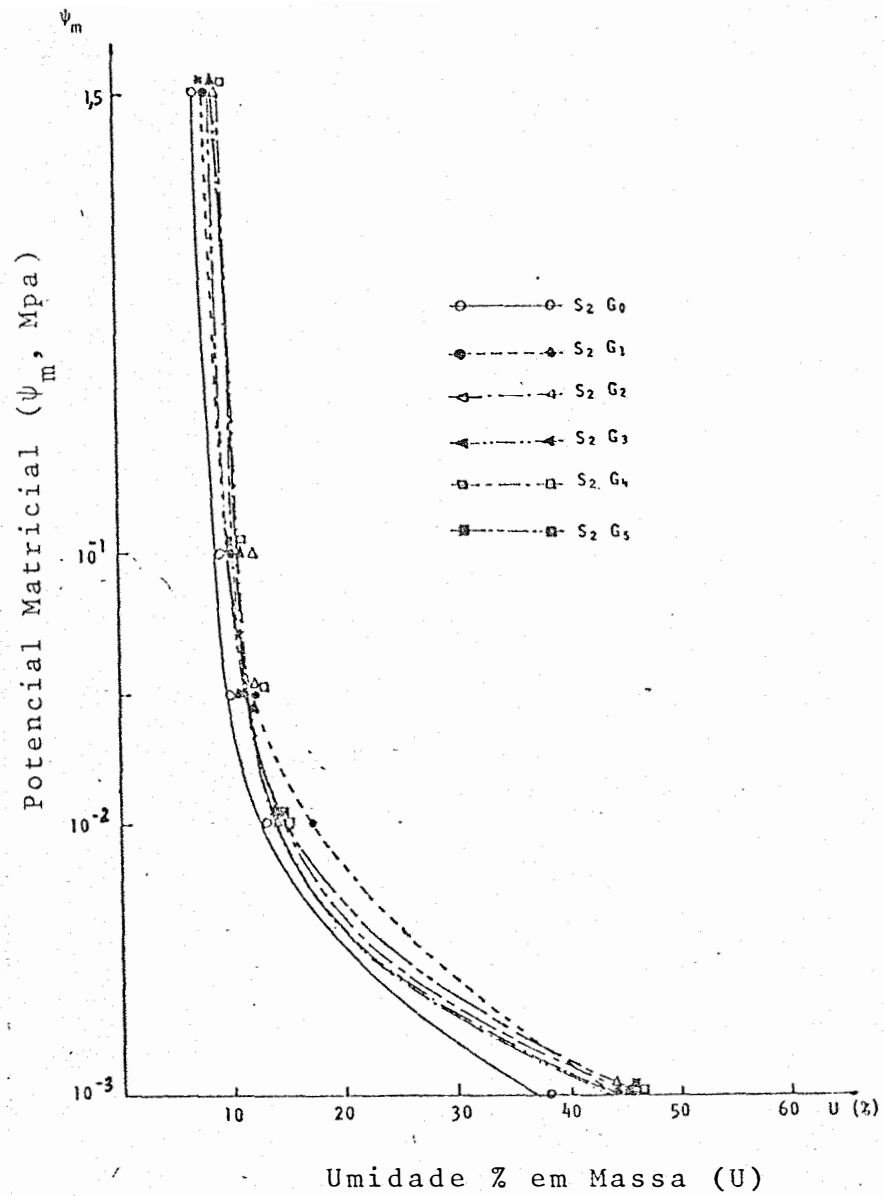


FIGURA 9 - Curvas características de retenção de água para Latossolo Vermelho-Amarelo (textura média), incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias - 4a. época.

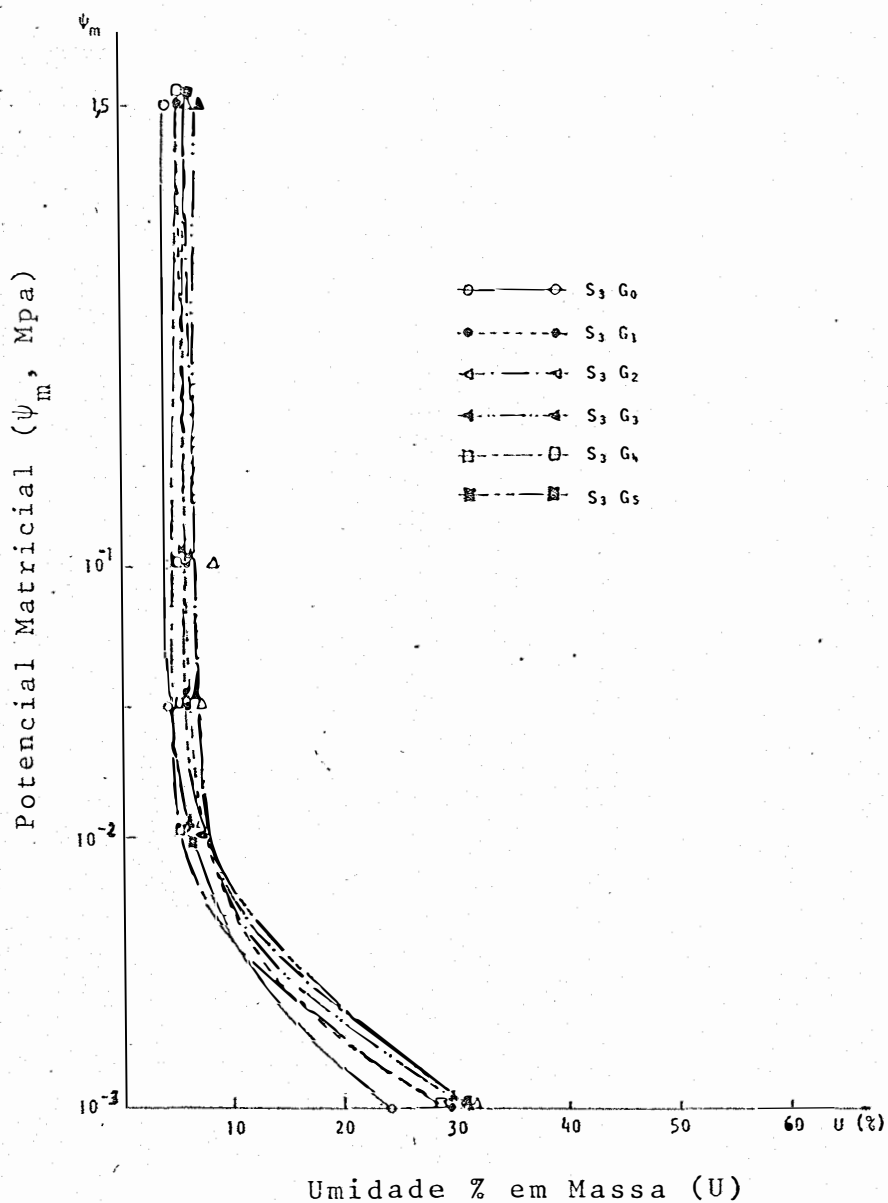


FIGURA 10 - Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa (arenoso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época).

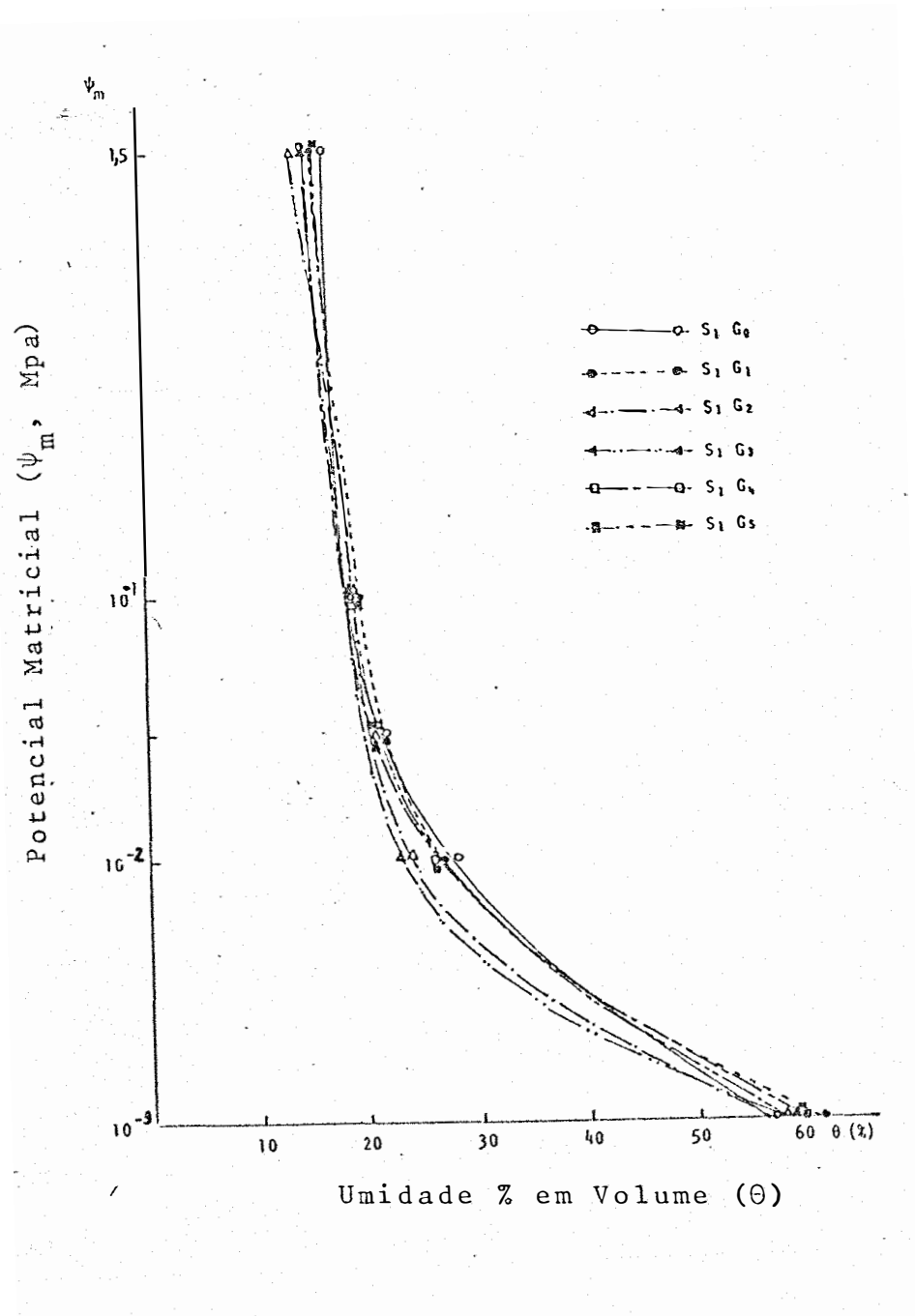


FIGURA 11 - Curvas características de retenção de água para Terra Roxa Estruturada (argiloso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época).

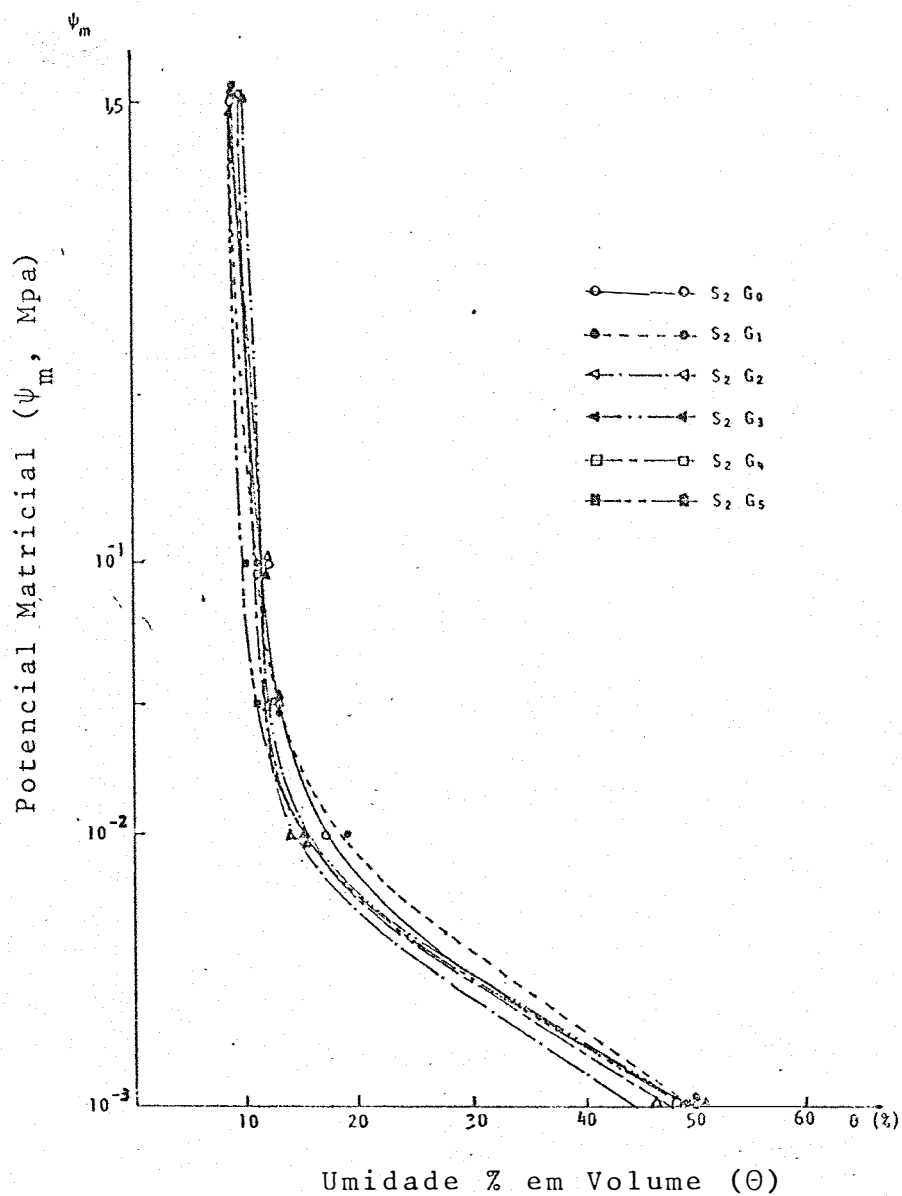


FIGURA 12 - Curvas características de retenção de água para Latossol Vermelho-Amarelo (textura média), incorporado com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época).

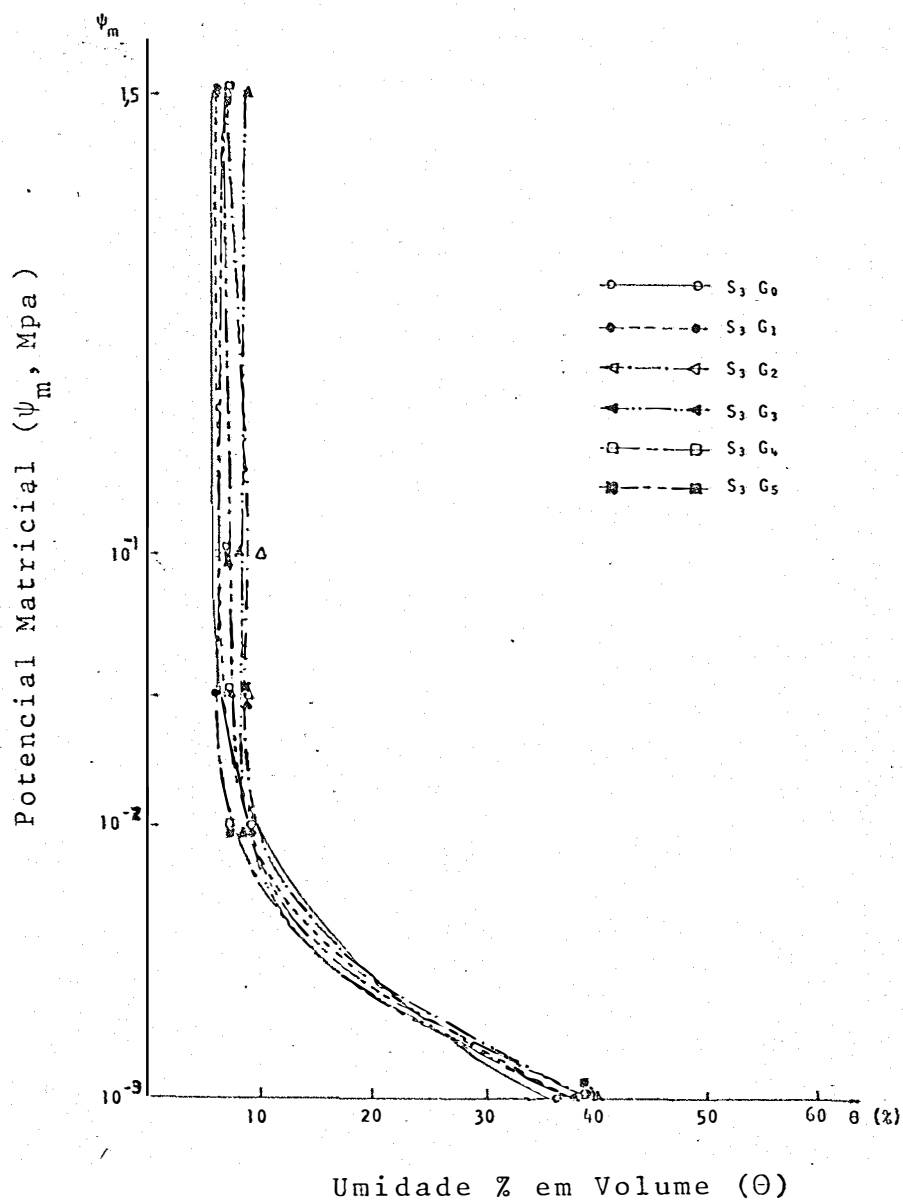


FIGURA 13 - Curvas características de retenção de água para Areia Quartzosa (arenoso), incorporada com as vermiculitas de diferentes granulometrias (4a. época).

4.3.3. Discussão dos resultados de retenção de água nos solos

Pelos dados apresentados, observa-se que a vermiculita alterou a curva característica de retenção de água dos solos, conforme já observado por vários autores, entre eles, SALATI et alii (1980), REICHARDT (1980) e GALBIATTI (1983). Entretanto, nas condições deste trabalho, o efeito da vermiculita em função da granulometria não foi claro. Contudo, os melhores resultados foram obtidos para as vermiculitas de granulometrias média, fina e superfina. Este efeito, entretanto, diminuiu sensivelmente com o decorrer do tempo, sendo muito pequeno 18 meses após a incorporação aos solos.

Os tratamentos que não receberam vermiculita (testemunhas) não tiveram suas curvas características de retenção de água alteradas com o tempo. Apenas o solo Areia Quartzosa apresentou um deslocamento da curva para a direita, no tratamento sem vermiculita.

4.3.3.1. Solo Terra Roxa Estruturada - A adição de vermiculita neste solo alterou significativamente a curva de retenção da água, deslocando-a para a direita, aumentando, portanto, a quantidade de água retida, quando submetida a um mesmo potencial matricial. Os maiores efeitos foram causados pelas vermiculitas de menor granulometria (fi

na, superfina e micron). Estes resultados foram mais facilmente diferenciados nas curvas de retenção em U, confundindo-se nas curvas em θ , porque a incorporação de vermiculita diminui a densidade do solo. Após 18 meses, o efeito da vermiculita nas curvas de retenção foi sensivelmente reduzido, sem distinção da granulometria da vermiculita.

4.3.3.2. Solo Latossol Vermelho-Amarelo - Este solo também teve sua curva característica de retenção de água alterada pela adição de vermiculita. O efeito das diferentes granulometrias de vermiculita não foi claro, porém, uma menor eficiência foi notada para a vermiculita do tipo micron. O efeito das vermiculitas praticamente desapareceu 18 meses após a aplicação.

4.3.3.3. Solo Areia Quartzosa - Como nos solos discutidos anteriormente, este também teve sua curva de retenção alterada pela adição de vermiculita. O tratamento sem vermiculita apresentou um deslocamento para a direita na sua curva de retenção com o decorrer do tempo, o que não foi observado nos outros solos. Neste solo, observou-se maior eficiência no deslocamento da curva para as vermiculitas de granulometrias média e fina. Entretanto, mais uma vez foi confirmada a redução do efeito das vermiculitas 18 meses após a incorporação ao solo, independente da granulometria.

5. CONCLUSÕES

1) O efeito da vermiculita nas propriedades hídricas dos solos foi sensivelmente reduzido no decorrer dos 18 meses de duração do experimento.

2) A vermiculita expandida não teve efeito significativo na condutividade hidráulica saturada (K_0) nas condições deste experimento.

3) As curvas características de retenção da água dos solos estudados foram alteradas pela adição de vermiculita expandida, no sentido de aumentar a capacidade de retenção de água, porém, este efeito foi sensivelmente reduzido com o tempo.

4) O efeito da vermiculita nas curvas de retenção da água foi evidente para altos e baixos potenciais matriciais.

5) A vermiculita expandida de granulometria grande teve o menor efeito na retenção da água pelos solos estudados.

6. LITERATURA CITADA

ABRAHÃO, I.O.; D.A.F. CAMPOS e A. MARCONI, 1976. Mineralogia e Petrologia. Apostila, 180 p.

ANÔNIMO, 1957. Vermiculite for building and maintaining turf. The Golf Course Reporter. 2 p.

AQUINO, A.R.L.; A.B. SANTOS; S. STEINMETZ; J.M. CHAGAS; P. M. SILVEIRA; M.G.C. MAH; J.R.P. CARVALHO e A.J. COUTO, 1981. Utilização de vermiculita no aumento de produtividade de solos dos cerrados. Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 25 p. (mimeografado).

BAVER, L.D.; W.H. GARDNER e W.R. GARDNER, 1972. Física de Suelos. Union Tipografica Editorial Hispano-Americana, Mexico. 529 p.

BOODLEY, J.W. e R. SHELDRAKE Jr., 1969. Canation production

- in vermiculite amentec media. J. Hort. Sci. London, 94: 512-514.
- BREWER, L., 1961. Germinating seeds in vermiculite. Plant Life: 143-145.
- CAMPINHOS JR., E. e Y.K. IKEMORI, 1982. Introdução de uma nova técnica na produção de essências florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4º, Belo Horizonte.
- CASTOLL, L.A., 1963. Vermiculite as a chemical carrier in agriculture. Can. Fm. Impl. Winnipeg, June: 25-28.
- CRUZ, M.A.D.D., 1985. Efeitos dos processos de semeadura no stand da cultura de diversas hortaliças. Piracicaba, ESALQ/USP. 67 p. (Dissertação de Mestrado).
- DIAS, R.A., 1973. Aplicação de vermiculita em alfobres. Silvicultura. São Paulo, 8: 99-109.
- DUNHAM, C.W., 1967. Nutrition of greenhouse crops in soils with added peatmoss and vermiculite. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Michigan, 90: 462-466.
- FERNANDES, P.S.; C.J. COUTINHO e E.S. BAENA, 1982. Produção de mudas de Eucaliptus saligna em bandeja de isopor.

In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4º, Belo Horizonte.

FIALHO, N.O., 1966. Cultura de craveiros. Chácaras e Quintais, março: 191-195.

FREITAS JR., E., 1982. Efeitos da vermiculita na disponibilidade de água e de nutrientes em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.), cultivar "carioca comum". Piracicaba, ESALQ/USP. 67 p. (Tese de Doutorado).

FREY, D.R., 1981. Composed solid waste and its use for germinating seeds. Plant Propagation. U.S.A., 27(3): 10-11.

GALBIATTI, J.A., 1983. Influência da incorporação de vermiculita expandida sobre alguns parâmetros hídricos de três solos. Piracicaba, ESALQ/USP. 73 p. (Tese de Doutorado).

GRIM, R.E., 1968. Clay Mineralogy. 2a. edição, New York, McGraw-Hill. 596 p.

GULL, D.D.; S.L. LOCASCIO e S.R. KOSTEWICZ, 1977. Composition of greenhouse tomatoes as affected by cultivar production media and fertilizer. Proc. Fla. St. Hort. Sci. Florida, 90: 395-397.

- HARRIOTT, B.L., 1970. A packaged environment system for precision planting. Transaction of ASAE. Michigan, 18: 650-653.
- HIGA, R.C.V., 1982. Estaquia de erva-mate (Ilex paraguariensis ST HILL). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4^o, Belo Horizonte, p. 42.
- HODGSON, T.J., 1981. Growing media for container nurseries: an interim statement. South African Forestry Journal, 117: 34-36.
- KOSTEWICZ, S.R. e S.J. LOCASCIO, 1976. Effects of production media, cultivar and fertilizer on yield of greenhouse tomatoes. Proc. Fla. St. Hort. Sci., 89: 129-131.
- LAICHE Jr., A.J., 1973. Effects on growing medium, fertility and container size on the rooting and subsequent growth of Rhododendron indicum "Formosa" and Photinia glabra cuttings. Plant Propagator: 4-13.
- LEWIS III, A.J. e F.F. SIZEMORE, 1978. Propagation of Rhododendron arborescens (Pursh) Torr. by softwood cutting. Plant Propagator: 11-12.
- LIBARDI, P.L.; E. SALATI e K. REICHARDT, 1983. Use of

expanded vermiculite as a soil conditioner in the tropics. Isotope and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies, p. 301-303.

MCCOY, D.; F.E. ROBINSON; H. JOHNSON Jr.; R.G. CURLEY; C. BROOKS; G. GIANNINI e F. LEBARON, 1969. Precision planting of lettuce. J. Am. Soc. Hort. Sci., Michigan, 94(4): 344-345.

MEISINGER, A.C., 1980a. Vermiculite. Washington, USDI Bureau of Mines, 4 p. Separata de USDI Bureau of Mines. Bureau of Mines Minerals Yearbook. Washington.

MEISINGER, A.C., 1980b. Vermiculite. Washington, USDI Bureau of Mines, 9 p. Separata de USDI Bureau of Mines. Minerals facts and problems. Washington (Bulletin, nº 671).

MEYRATH, J., 1965. Production of anylase on vermiculite by Aspergillus oryzae. J. Sci. Fd. Agric., 16: 14-17.

MINAMI, K., 1982. Vermiculita. VII Semana de Ciência e Tecnologia Agropecuária de Jaboticabal. Curso: Fontes Alternativas de Adubação. 5 p.

MINAMI, K., s.d. Utilização da vermiculita na floricultura

e paisagismo. 3 p. (mimeografado).

MONIZ, A.C., 1975. Elementos de Pedologia. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro. 459 p.

MORAES, S.O., 1984. Influência da vermiculita expandida no balanço hídrico e na produção de uma cultura de arroz (Oryza sativa L.) em casa de vegetação. Piracicaba, ESALQ/USP, 127 p. (Dissertação de Mestrado).

PAULI, A.W. e B.L. HARRIOTT, 1968. Lettuce seed selection and treatment for precision planting. Agricultural Engineering. St. Joseph, 49(1): 18-24.

POLI, D.M. e B.Y, IDE, 1984. Efeito da torta de filtro e vermiculita na retenção de água pelo solo. COPERSUCAR, Reunião Técnica Agrônômica, Abril de 1984. Editor: Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo, p. 19-22.

REICHARDT, K., 1980. Vermiculita como condicionador de solo. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 5(3): 55-56.

REICHARDT, K., 1981. Soil physico-chemical condition and the development of roots. The Soil-Root System in Relation

to Brazilian Agriculture. SCOTT RUSSEL, R.; K. IGUE e
METHA, Y.R., Eds. Fundação Instituto Agrônômico do
Paraná (IAPAR), Londrina, PR.

R.I.S. Ltd., 1977. (Roskill Information Services Ltd.).
Vermiculite. Second Edition, London. 108 p.

ROCHELLE, L.A. e N.A. VELLO, 1982. Germinação de sementes
e desenvolvimento de plântulas de cultivares de
cucurbitáceas. Anais da Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz". Piracicaba, 39: 277-286.

ROSENBERG, J.P., 1979. Vermiculitas brasileiras: um estudo
preliminar. Cerâmica, 25: 15-38.

SALATI, E.; K. REICHARDT e S.S. URQUIAGA C., 1980. Efeitos
da adição de vermiculita na retenção e armazenamento de
água por latossolos. Revista Brasileira de Ciência do
Solo. Campinas, 4(3): 125-131.

SANTOS, A.B.; S. STEINMETZ; P.M. SILVEIRA; M.P. BARBOSA FILHO
e N.K. FAGERIA, 1982. Comentários sobre resultados
obtidos em estudos com vermiculita na agricultura.
Goiânia, EMBRAPA/CNPAF. 19 p. (mimeografado).

SCHOEN, J.F. e N. KRAMER, 1981. Effects of different types

of sand and vermiculite grades on the test tube method for evaluating premo-culated seed. Crop Science. Madison, 21(2): 347-348.

SMALLEY, R.R.; W.L. PRITCHETT e L.C. HAMMOND, 1962. Effects of four amendments on soil physical properties and on yield and quality of putting greens. Agronomy Journal. Madison, 54: 393-395.

STONE, L.F., 1982. Produtividade e utilização do nitrogênio pelo arroz (Oryza sativa L.): efeitos de deficiência hídrica, cultivares e vermiculita. Piracicaba, ESALQ/USP. 200 p. (Tese de Doutorado).

A P Ê N D I C E

TABELA 1 - Dados de precipitação, fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Mês	Precipitação (mm)		
	1983	1984	1985
Janeiro	207,5	91,5	131,8
Fevereiro	283,9	18,7	118,6
Março	225,6	47,1	203,1
Abril	189,5	51,5	134,5
Mai	334,7	45,9	
Junho	174,0	-	
Julho	24,0	8,9	
Agosto	2,2	112,1	
Setembro	197,4	90,4	
Outubro	129,1	27,0	
Novembro	88,4	201,1	
Dezembro	161,4	196,0	

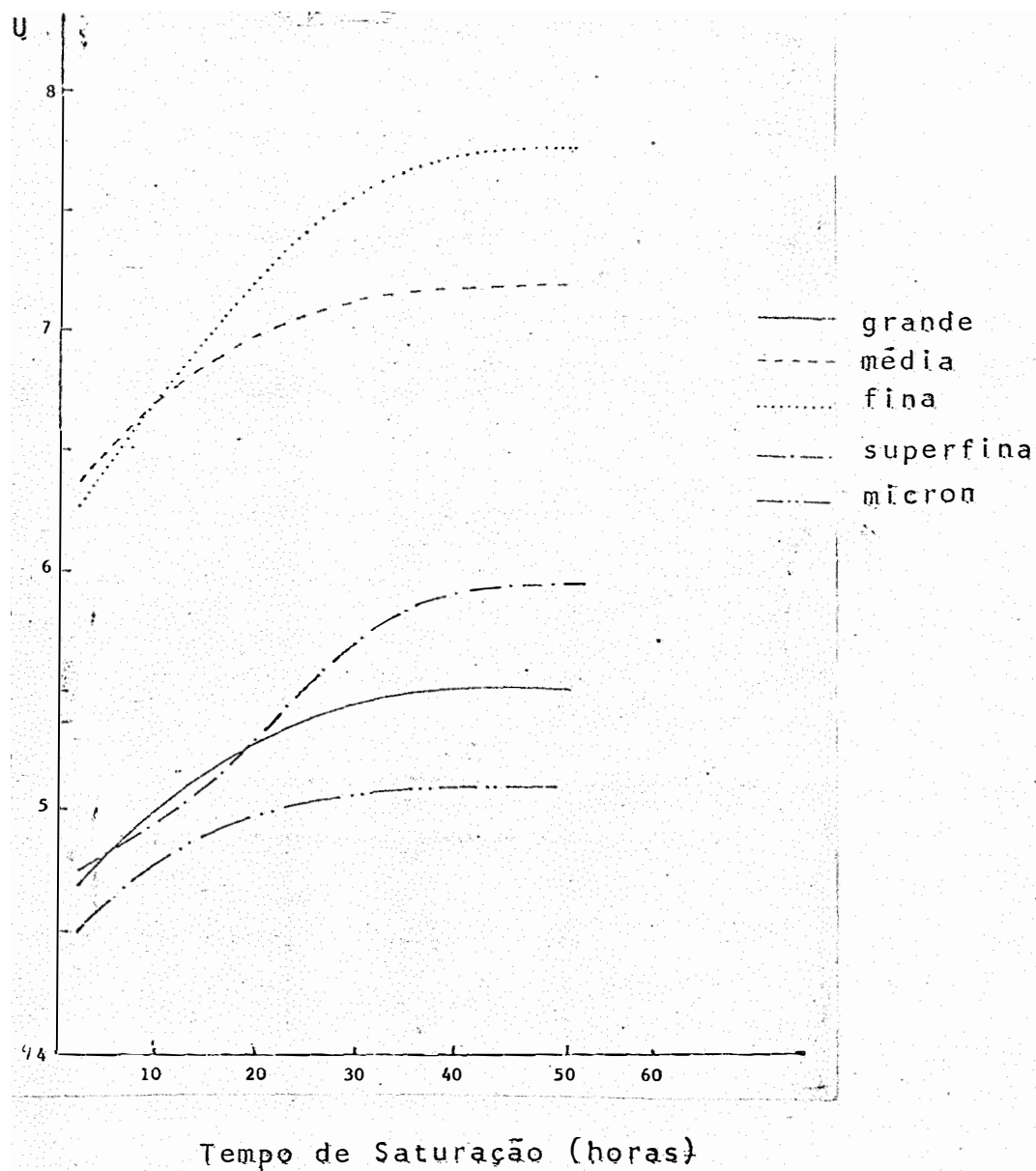


FIGURA 1 - Curvas de umedecimento das vermiculitas.

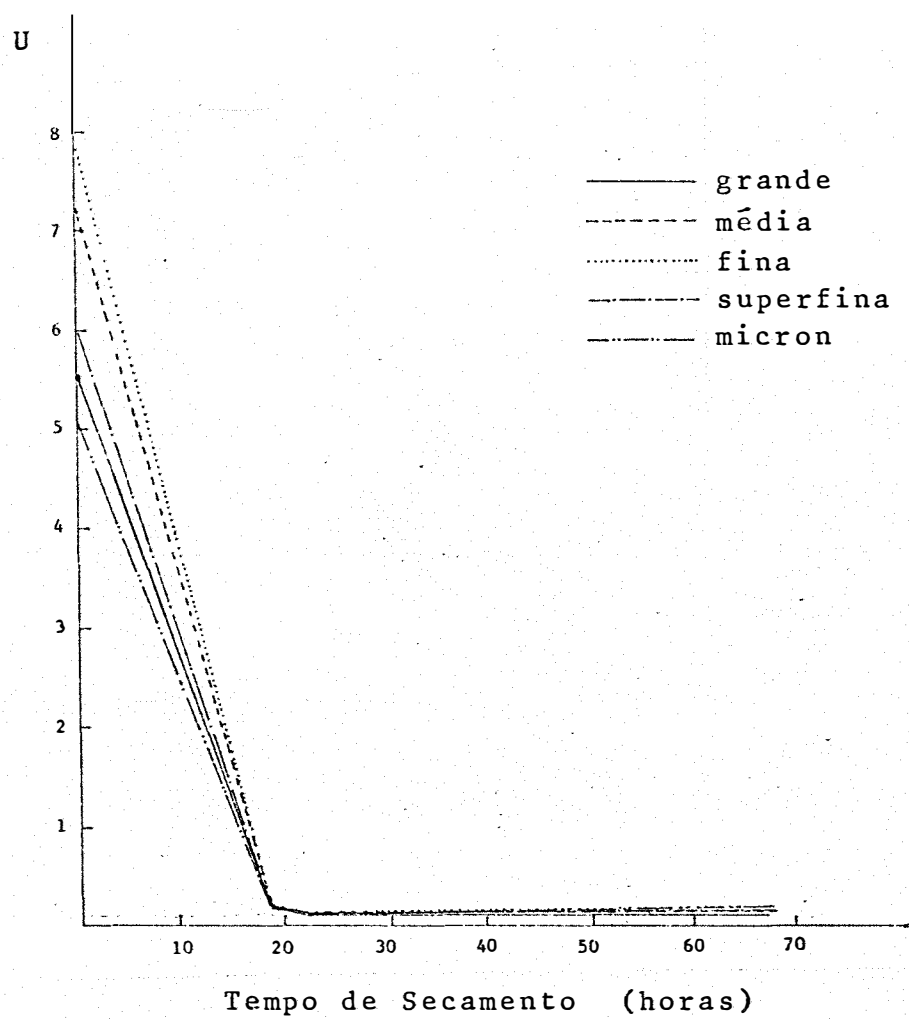


FIGURA 2 - Curvas de secamento das vermiculitas.