

POTENCIALIDADES DE IRRIGAÇÃO DE UM ALUVIÃO EUTRÓFICO DO VALE DO
CURU - PENTECOSTE - CE.

C 38 0369

BERTHYER PEIXOTO LIMA



DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

T
631.582
L6967
1994
To x.
ex. 01

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1994

UFC/BU/BCT 03/11/1997



R670812 Potencialidades de irrigação de
C380369 um aluvi
T631.587 L696d

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L696p Lima, Berthyer Peixoto.
Potencialidades de irrigação de um aluvião eutrófico do Vale do Curu - Pentecoste - Ce / Berthyer Peixoto
Lima. – 1994.
93 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 1994.
Orientação: Prof. Dr. Luis Carlos Uchoa Saunders.

1. Engenharia Agrícola. I. Título.

CDD 630

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

BERTHYER PEIXOTO LIMA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM : 26 / 01 / 94

Prof. LUIS CARLOS UCHOA SAUNDERS, DOUTOR
ORIENTADOR DA DISSERTAÇÃO

Prof. MOISÉS CUSTÓDIO SARAIVA LEÃO, Ph.D.
CONSELHEIRO

Prof. PAULO TEODORO DE CASTRO, MS.
CONSELHEIRO

Aos meus pais,
Antônio Cândido de Lima (in memória) e
Maria do Carmo Peixoto Lima
pelo amor, pela vida e
toda dedicação que
sempre recebi!

Aos meus irmãos
Elislande, Sângela e Andréia,
por todo afeto e apoio
recebido em minha
vida!

À minha namorada
Eliane Nascimento, sempre a
meu lado em sintonia
com a emoção, amor
e carinho!

Ao amigo
Paulo Vicente
pelo exemplo
de luta!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo eterno companheirismo.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante a realização do curso de mestrado.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará pelos ensinamentos e todo apoio recebido.

Ao professor e amigo LUIZ CARLOS UCHOA SAUNDERS pela experiência e orientações de um ilustre mestre.

Aos professores MOISÉS CUSTÓDIO SARAIVA LEÃO e PAULO TEODORO DE CASTRO pelas sugestões feitas ao trabalho.

Ao professor ADUNIAS, ao Agrônomo IVAN MARTINS, ao Desenhista LÚCIO e ao Secretário ROGÉRIO por toda a ajuda e dedicação dispensada a mim e ao meu experimento.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de Pentecoste pela calorosa acolhida durante a condução do experimento.

Aos amigos Camboim Neto, Diana Célia, José Wanderley, Marcus Bezerra, Odílio Rocha e Rui Rodrigues e aos amigos de fazenda Ana Lúcia, Wellington Farias e Yuri Castro de Oliveira.

"Hay hombres que luchan un día y son buenos
Hay otros que luchan un año y son mejores
Hay quienes luchan muchos años y son muy buenos
Pero hay los que luchan toda la vida
Esos son los imprescindibles".

BERTOLT BRECHT

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE TABELAS EM ANEXO.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 - Caracterização da área experimental.....	20
3.2 - Locais de amostragem.....	25
3.3 - Métodos de amostragem.....	25
3.4 - Métodos de análises.....	26
3.4.1 - Análise física e química.....	26
3.4.2 - Densidade do solo.....	26
3.4.3 - Porosidade total, macro e microporosidade.....	29
3.4.4 - Curva característica do solo.....	30
3.4.5 - Determinação da condutividade hidráulica.....	31
3.4.6 - Determinação da infiltração do solo.....	33
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 - Classificação do solo.....	36

	PÁGINA
4.2 - Composição granulométrica.....	36
4.3 - Densidade, porosidade total, macro e microporosidade.	43
4.4 - Água disponível e matéria orgânica.....	50
4.5 - Capacidade de campo.....	54
4.6 - Curvas características de umidade.....	55
4.7 - Condutividade hidráulica.....	66
4.8 - Infiltração.....	69
5 - CONCLUSÕES.....	76
6 - RECOMENDAÇÕES.....	78
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXO	85

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Análise granulométrica dos vários horizontes, expresso em % de T.F.S.E., de acordo com o sistema internacional de classificação para o perfil A.....	37
2	Análise granulométrica dos vários horizontes, expresso em % de T.F.S.E., de acordo com o sistema internacional de classificação para o perfil B.....	38
3	Valores de densidade de partículas, densidade do solo, volume total de poros, macro e microporosidade do perfil A.....	39
4	Valores de densidade de partículas, densidade do solo, volume total de poros, macro e microporosidade do perfil B.....	40
5	Análise química dos solos da Fazenda Experimental do Vale do Curu - Pentecoste - CE para o perfil A.....	41
6	Análise química dos solos da Fazenda Experimental do Vale do Curu - Pentecoste - CE para o perfil B.....	42
7	Valores da densidade do solo de 1971 a 1993 da	

TABELAS	PÁGINA
parte baixa da Fazenda Experimental Vale do Curu para o perfil A.....	45
8 Valores da densidade do solo de 1971 a 1993 da parte baixa da Fazenda Experimental Vale do Curu para o perfil B.....	46
9 Valores de densidade do solo a diferentes profundidades no perfil A e B.....	47
10 Valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da densidade do solo para os perfis A e B.....	49
11 Valores da água disponível, teor de argila, matéria orgânica, silte e densidade do solo para o perfil A.....	51
12 Valores da água disponível, teor de argila, matéria orgânica, silte e densidade do solo para o perfil B.....	52
13 Valores do conteúdo de água a base de volume a uma tensão de 0,1 atm, correspondente à Capacidade de Campo a diferentes profundidades para os perfis A e B.....	65
14 Valores da Condutividade Hidráulica em cm/h a diferentes profundidades para os perfis A e B.....	67

TABELAS	PÁGINA
15 Valores da média da Condutividade Hidráulica determinados em laboratório para os perfis A e B.....	68
16 Constantes numéricas "K"(cm/min) e "a" da equação de infiltração acumulada de Kostiakov.....	71
17 Média dos valores das constantes "K" e "a" determinados por AMIM (1985) e por LIMA (1993).....	72
18 Valores da VBI calculados a partir dos testes de infiltração e os valores da Condutividade Hidráulica obtidos em laboratório para o perfil A.....	73
19 Valores da VBI calculados a partir dos testes de infiltração e os valores da Condutividade Hidráulica obtidos em laboratório para o perfil B.....	74

LISTA DE TABELAS EM ANEXO

TABELAS	PÁGINA
1 Teste de infiltração Nº 01 realizado com o cilindro infiltrômetro	86
2 Teste de infiltração Nº 02 realizado com o cilindro infiltrômetro	87
3 Teste de infiltração Nº 03 realizado com o cilindro infiltrômetro	88
4 Teste de infiltração Nº 04 realizado com o cilindro infiltrômetro	89
5 Teste de infiltração Nº 05 realizado com o cilindro infiltrômetro	90
6 Teste de infiltração Nº 06 realizado com o cilindro infiltrômetro	91
7 Teste de infiltração Nº 07 realizado com o cilindro infiltrômetro	92
8 Teste de infiltração Nº 08 realizado com o cilindro infiltrômetro	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 - Locais das unidades do experimento, dos testes de infiltração e das trincheiras.....	21
2 - Amostrador tipo UHLAND.....	27
3 - Aspecto da trincheira usada para coletar as amostras deformadas e indeformadas.....	28
4 - Permeômetro de carga constante.....	32
5 - Curva característica de umidade para profundidade de 0 - 15 cm para o perfil "A".....	56
6 - Curva característica de umidade para profundidade de 15 - 30 cm para o perfil "A".....	57
7 - Curva característica de umidade para profundidade de 45 - 60 cm para o perfil "A".....	58
8 - Curva característica de umidade para profundidade de 75 - 90 cm para o perfil "A".....	59
9 - Curva característica de umidade para profundidade de 105 - 120 cm para o perfil "A".....	60
10- Curva característica de umidade para profundidade de 0 - 30 cm para o perfil "B".....	61
11- Curva característica de umidade para profundidade de 30 - 60 cm para o perfil "B".....	62
12- Curva característica de umidade para	

FIGURA	PÁGINA
profundidade de 60 - 90 cm para o perfil "B".....	63
13- Infiltração acumulada Vs Tempo para a técnica do cilindro infiltrômetro para os oito testes realizados.....	70

R E S U M O

O presente trabalho foi desenvolvido na parte baixa da Fazenda Experimental do Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará(UFC) localizada no município de Pentecoste, distando 110 km de Fortaleza, em via asfáltica. A área selecionada correspondeu a uma parte do Perímetro Irrigado Curu-recuperação no baixio da FEVC. Considerou-se o trecho correspondente aos planos AT1, BT1, AT2, BT2, AA1, BA1, AT3 e BT3 conforme o planejamento agrícola da área da fazenda.

Realizou-se testes de infiltração nos planos considerados, utilizando-se o cilindro infiltrômetro. Os dados obtidos foram plotados em gráficos de acordo com as equações de KOSTIAKOV. Quatro trincheiras foram abertas nos planos estudados com a finalidade de se caracterizar física e morfologicamente os perfis. Desta forma determinou-se a condutividade hidráulica em laboratório pelo método do permeâmetro de carga constante e aproveitando ainda as mesmas amostras, obteve-se a densidade do solo. Com amostras destorroadas a análise completa do solo foi feita pelo laboratório de solos da UFC.

O trabalho desenvolvido na parte baixa da FEVC, foi dividido em dois perfis, "A" e "B". A área do perfil "B" no momento está sendo cultivada com arroz.

Os resultados colhidos mostraram que houve uma diferença na retenção de água, tanto entre os perfis como entre horizontes de cada perfil. Isto foi devido provavelmente aos diferentes teores de argila, silte e areia. A densidade tendeu a aumentar um pouco com a profundidade e o mais importante foi que a mesma veio crescendo consideravelmente ano após ano, mostrando uma tendência de compactação das camadas estudadas. Isto se deve basicamente ao grande número de operações agrícolas, o movimento de máquinas e o manejo inadequado do solo.

Inferiu-se que tanto o teor de argila como o arrançamento dos agregados, foram os fatores que influenciaram a retenção de água. A disponibilidade de água foi influenciada pelo teor de matéria orgânica, devido o solo ser texturalmente homogêneo.

A condutividade hidráulica apresentou valores bem aquém dos citados na literatura, isto foi devido provavelmente a ação da compactação, que o solo vem sofrendo durante os anos. O mesmo foi observado para os valores de VBI; e fazendo um contraste entre esses dois parâmetros, observou-se uma variação considerável, onde o valor da condutividade hidráulica medida em laboratório, se mostrou mais representativo.

ABSTRACT

To characterize areas of the irrigated part of the "Fazenda Experimental da Universidade Federal do Ceará" at the Curú River Valley, Ceará, Brazil, a set of soil determinations and analysis were made at the fields coded AT1, BT1, AT2, AA1, BA1, AT3 and BT3.

Infiltration tests, with cilinder infiltrometer, were made for all fields, and the results plotted according to KOSTIAKOV'S equation. To characterize physically and morphologically the soils of the areas, four trenches were dug. Soil densities and hydraulic conductivities were also determined.

Results of the analysis and determinations show a significant difference in water holding capacity between soil profiles and among horizons within the same profile, due to differences in clay, silt, sand, organic matter and kinds of soil aggregates. Soil density increased with depth and with time, showing a tendency for compaction of the soil, probably due to the improper use of farm machinery within the areas. Soil compactness also explains the low hydraulic conductivity values encountered. This should also explain the low infiltration values found at the field tests.

1 - INTRODUÇÃO

O solo é bem mais que um simples suporte mecânico para as plantas e animais. É um corpo aparentemente inerte onde ocorrem ações, reações e transportes.

Saber usá-lo racionalmente é uma posição importante e necessária, no entanto os abusos e os excessos são cometidos desregradamente, bem como o próprio descaso fazendo-o misterioso e desconhecido.

O avanço da irrigação no Nordeste hoje é realidade, terras antes improdutivas, se mostram viçosas, no entanto verifica-se escassez de dados básicos para execução de irrigação e de drenagem nos perímetros irrigados. Poucas pesquisas foram realizadas nesses perímetros.

Perguntas lógicas começam a vir à tona, como o que se está fazendo com os solos, como eles estão se comportando? Alguns trabalhos com base científica começam a acontecer, são trabalhos caracterizando os mais diferentes solos, no entanto ainda é pouco para as necessidades.

O presente trabalho vem desta forma caracterizar uma unidade de solo que é similar a muitas outras unidades irrigadas no estado, portanto seus resultados podem ser estendidos a outras áreas, e cientes da ausência de pesquisas dessa natureza

no município de Pentecoste-CE, é que justificou-se a realização da presente investigação, que se alicerça numa caracterização físico-hídrica e fornecendo assim resultados e subsídios imprescindíveis para a realização de projetos de irrigação e drenagem criteriosos, de grande importância para o desenvolvimento do estado.

Para a realização da presente investigação, foram selecionadas as localidades de Pentecoste, São José do Bonfim e São José do Egito, onde se encontram as principais áreas de irrigação e drenagem do município.

Para a caracterização físico-hídrica das localidades selecionadas, foram realizadas as seguintes atividades: levantamento topográfico, geológico, pedológico, hidrográfico e pluviométrico, além da coleta de amostras de água e solo para análise de laboratório.

Os resultados das análises realizadas foram analisados e os dados foram apresentados em forma de mapas, gráficos e tabelas, visando a caracterização físico-hídrica das localidades selecionadas e a elaboração de projetos de irrigação e drenagem criteriosos.

2.2 - OBJETIVOS

O objetivo principal desta investigação é a caracterização físico-hídrica das localidades selecionadas, visando a elaboração de projetos de irrigação e drenagem criteriosos. Os objetivos secundários são: a) determinar a disponibilidade hídrica das localidades selecionadas; b) determinar a capacidade de infiltração das localidades selecionadas; c) determinar a salinidade das localidades selecionadas; d) determinar a acidez das localidades selecionadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Caracterização Físico-Hídrica.

O estudo das propriedades físicas e hídricas dos solos é usado de maneira indispensável no dimensionamento e avaliação, bem como no manejo de sistemas de irrigação e/ou drenagem OLIVEIRA (1988).

Pouco se tem estudado sobre o referido assunto, apesar dos perímetros de irrigação do Nordeste estarem localizados basicamente em solos aluviais, e estes por sua vez apresentam grande variabilidade espacial no que diz respeito às características físicas e químicas (Coelho, 1983a).

COELHO (1983b), afirma que o conhecimento das características físicas e hídricas é de grande importância em virtude das implicações na economia da água e no manejo e conservação do solo.

2.2- Textura.

KRAMER, citado por COELHO (1971), mencionava a influência da textura sobre a água disponível, de modo que o teor de umidade aumentava à medida que a textura tornava-se mais fina.

MOTA (1976) verificou que a textura afetava

diretamente na retenção de água no solo, quando pesquisava a retenção de água em perfil Afissol e constatou uma variação textural abrupta entre os horizontes A e B, com o máximo de fração argila, localizando-se no horizonte B, o que explicava sua maior retenção de água.

GROHMANN & MEDINA, citado por MOTA (1976), propuseram que a água retida pelo solo é função do teor e natureza da fração argila e do percentual em matéria orgânica, esta tendo uma influência mais marcante quando na presença de um perfil de solo mais homogêneo em relação à textura.

Estudos feitos em um solo aluvial na FEVC por SAUNDERS et al. (1980 a) verificaram uma grande semelhança entre as quatro camadas de solos estudadas, semelhança esta explicada pela homogeneidade textural, e concluíram que a retenção de água era mais uma função do percentual de matéria orgânica e do diâmetro dos poros.

REICHARDT (1990), explica que o principal fator que afeta a retenção de água em um solo é a textura e aqui ele se refere ao tamanho das partículas e qualidade das argilas.

Quando relaciona-se tensão com retenção de água REEVE et al. (1973) citado por MOTA(1976) afirma que em baixas tensões a retenção de água pelo solo está mais correlacionada ao conteúdo de matéria orgânica presente no solo e a distribuição de poros por tamanho.

Estudo com a remoção da matéria orgânica e seu efeito na retenção de água do solo foi realizada por FREIRE

(1975) verificando também que a ação da matéria orgânica é mais acentuada nas baixas tensões.

2.3- Estrutura

A densidade está intimamente relacionada com a estrutura do solo. BRADFIELD citado por MOTA (1976), propõe uma definição dizendo que estrutura é o arranjo das partículas sólidas no solo.

MOTA (1976) estudando retenção de água em perfil Afissol do município de Mossoró - RN encontrou uma variação na densidade, volume total de poros e mineralogia da fração argila ao longo do perfil onde os dois primeiros horizontes apresentaram altos valores para a densidade do solo, denotando assim influência no teor da fração areia, refletindo em um baixo volume total de poros, culminando portanto em uma baixa retenção de água para esses dois primeiros horizontes. Ainda discorrendo sobre a influência da estrutura do solo na retenção de água, mostra que esta influência é mais acentuada em baixas tensões, pois os fenômenos capilares são mais atuantes do que os de adsorção.

O destorroamento da amostra do solo induziu a um aumento na retenção de água em tensões menores que 1,0 atm, isto foi verificado por RICHARDS & FIREMAN citado por MOTA (1976).

2.4- Condutividade Hidráulica.

A Condutividade Hidráulica é definida por MILLAR (1988) como sendo o coeficiente de proporcionalidade na equação

de Darcy, que expressa a capacidade de transmissão de água no meio.

A Condutividade Hidráulica é afetada por alguns fatores, tais como textura e estrutura, no entanto a Condutividade Hidráulica não depende exclusivamente do solo, pois também ela é influenciada pelo líquido que escoar (HILLEL, 1972).

MILLAR (1988) cita procedimentos de laboratório e de campo para a determinação da Condutividade Hidráulica tendo em vista sua importância para a determinação do espaçamento de drenos, uma vez que a destaca do ponto de vista de drenagem, como sendo o parâmetro intrínseco de cada solo como o mais importante na sua caracterização.

FLANNERY et KIRKHAM (1964) citado por COELHO (1971) diz que a determinação da Condutividade Hidráulica é de fundamental importância na avaliação das condições de drenagem e no grupamento de solos em áreas onde se planeja a recuperação dos mesmos.

COELHO (1971) cita SMILES & YOUNG (1965) que realizaram estudo comparativo de quatro métodos de campo para a determinação da Condutividade Hidráulica. FLANNERY & KIRKHAM (1964) também citado por COELHO (1971) empregaram o método de laboratório em substituição aos métodos de campo para a determinação da Condutividade Hidráulica principalmente em trabalhos de irrigação e drenagem.

O mesmo autor estudando as características de umidade de alguns solos de aluvião, normais sódicos, e sódico-

salinos, usou o permeâmetro de carga constante semelhante ao descrito por OLIVEIRA (1961) para a determinação da Condutividade Hidráulica e verificou as relações entre esta e a macroporosidade e a influência da densidade aparente através da aplicação de regressão linear. Obteve um coeficiente de correlação $r = 0,87$ na comparação com a macroporosidade e um baixo coeficiente de correlação quando da comparação entre Condutividade Hidráulica e densidade aparente.

SAUNDERS et al. (1980 b) no estudo da Condutividade Hidráulica de um aluvião fluvial sob condições de campo, optou pelas medidas da Condutividade Hidráulica no campo, devido à ocorrência das distorções obtidas em laboratório, devido às alterações das amostras coletadas e descontinuidade do perfil do solo.

OLIVEIRA (1988) cita LIBARDI et al. (1980) mostrando o estudo que desenvolveram com um método de campo para determinar a Condutividade Hidráulica, entretanto aquele autor destaca que este método consome, relativamente, muito tempo com a coleta de dados no campo e com o monitoramento da redistribuição da água infiltrada no perfil do solo, até que as medições sejam concluídas.

Ele ainda cita um modelo proposto por SHANI et al. (1987), que se apresenta como uma promissora alternativa para a obtenção de propriedades do solo como Condutividade Hidráulica e curva de retenção de água. Este procedimento foi denominado método do gotejador, sendo necessário para tanto uma calculadora

programável, sendo que o autor ainda apresenta a utilização de um programa de computador em BASIC. Ele verificou, utilizando o método do gotejador, que a Condutividade Hidráulica pode variar acentuadamente.

PAULETTO et al. (1988) desenvolveram um novo método de determinação da Condutividade Hidráulica em função da umidade, a partir de curvas de retenção de água elaborada com amostras de solos com estrutura indeformada.

Esses autores citam também outros autores dentre eles VAN GENUCHTEM (1980), destacado por apresentar uma forma analítica de determinação da Condutividade Hidráulica relativa ($K_r = K/K_0$), partindo do conhecimento apenas da curva característica da água do solo.

PAULETTO et al. (1988) apresentaram assim um novo método de determinação da função $K(\theta)$, a partir apenas dos dados da curva de retenção com fundamento teórico e que exige, para sua equação, não mais que regressões lineares simples.

Trabalhando com a teoria de escalonamento de propriedades hídricas de solos BACCHI & REICHARDT (1988) permitiram a verificação da coerência dos métodos de determinação da Condutividade Hidráulica, sendo que a propriedade hídrica tomada como ponto de apoio para a análise da condutividade hidráulica foi a curva de retenção da água do solo, curva essa obtida pelo tradicional método da câmara de placas porosas de Richards (1931).

2.5- Infiltração

O processo de infiltração da água no solo é definido por AYERS & WESTCOT (1991), como sendo a facilidade com que a água atravessa a superfície do solo, sendo medida em termos de velocidade.

REICHARDT (1990) diz que a infiltração é um processo de entrada de água no solo, através de sua superfície, explicando que esse processo é devido ao potencial total (ψ) da água da chuva ou da irrigação que é aproximadamente nulo e sendo o potencial da água do solo negativo estabelece-se portanto um gradiente de potencial total, que é respondido pelo gradiente gravitacional e matricial. Com o tempo o gradiente total é representado só pelo gravitacional, que nesse momento é aproximadamente igual a 1 cm água/cm SOLO, fazendo a velocidade de infiltração (V_i) ser igual a condutividade hidráulica saturada (K_0).

O processo de infiltração da água no solo pode ser afetada por vários fatores, pois a infiltração é um processo complexo e que está em função desses fatores: estrutura do solo, textura, porosidade, tamanho de poros, presença de vegetação, % de umidade na capa superficial, fendas ou rachaduras, canais biológicos, tipo de preparo do terreno, presença de ar aprisionado, % de matéria orgânica do solo, temperatura do solo e da água e qualidade da mesma (HILLEL, 1970; REICHARDT, 1990; WALKER & SKOGERBOE, 1987; DAKER, 1988; AYERS & WESTCOT, 1991).

WALKER & SKOGERBOE (1987), mencionam que

inicialmente o solo seco, a taxa de infiltração tem valores iniciais muito altos, mas rapidamente decresce com o tempo, para finalmente ser alcançado a taxa de infiltração satisfatória.

AYRES & WESTCOT (1991) chama a atenção para a qualidade da água no tocante aos teores de sais, onde a alta salinidade aumenta a velocidade de infiltração, enquanto que uma alta proporção de sódio em relação ao cálcio diminui a velocidade de infiltração. Esses autores ainda explicam que a água com alto teor de sódio, faz com que os agregados da camada superficial pulverizem-se, obstruindo os poros do solo, devido o íon sódio acumular-se nos primeiros centímetros da camada de solo.

BROWNNING (1939) citado por AMIM (1985) mencionam que solos com presença de argilas expansivas, em geral, sofrem profundas reduções no tamanho dos poros ao serem umedecidos, o que conseqüentemente diminui a taxa de infiltração.

Várias são as técnicas para a obtenção das características da infiltração de água no solo, dentre elas destacam-se: cilindro infiltrômetro, sulco infiltrômetro, entrada e saída do fluxo d'água num dado segmento de sulco (Inflow - Outflow) e balanço de volume (AMIM, 1985).

Tomando "z" como quantidade de água infiltrada por unidade de área e "t" representando o tempo, "z" então conforme AMIM (1985) será expresso:

- Infiltração acumulada

- Velocidade de infiltração

$$z = k \cdot t^a \quad (\text{KOSTIAKOV}) \quad 01$$

$$I = dz/dt \quad 03$$

$$z = k \cdot t^a + c_1 \quad 02$$

$$I = k' \cdot t^n \quad 04$$

onde, z = lâmina infiltrada acumulada (L)

I = velocidade de infiltração ($L \times T^{-1}$)

k, a, c_1 = constantes numéricas.

ELLIOT & WALKER (1982), utilizaram o balanço de volume para estudar a adequação da variação da infiltração e a relação de avanço em avaliações de sulcos. Na simulação do volume infiltrado, a equação de KOSTIAKOV - LEWIS com um termo adicional (equação 05) para a taxa de infiltração, produziu um alto efeito. Eles ainda afirmam que devido a uma grande variação espacial e temporal das características de infiltração, há uma limitação na eficiência de aplicação para sulcos irrigados.

LEY (1978) citado por ELLIOT & WALKER (1982) produziu uma equação de infiltração que não somente iguala as características de avanço do sulco, como também minimiza o erro entre as atribuições e a mensuração do runoff. A taxa de infiltração básica (VBI) é representada pela constante "c".

Função da equação de KOSTIAKOV - LEWIS modificada:

$$I = A.t^b + c.t \dots\dots\dots 05$$

Nessa mesma pesquisa ELLIOT & WALKER (1982) utilizaram quatro métodos para avaliação da taxa de infiltração básica da equação de KOSTIAKOV modificada, foram eles: sulco infiltrômetro, balanço de volume, valores da taxa de infiltração básica em função do tipo de solo e o de entrada e saída (inflow - outflow). Somente o método de valores da taxa de infiltração básica preestabelecidos não se apresentou muito apurado em seu prognóstico.

AMIM (1985) estudando a variabilidade existente entre os cinco diferentes testes de infiltração (cilindro infiltrômetro, sulco infiltrômetro, entrada e saída para 30 e 100 m de comprimento de sulco e balanço de volume) na FEVC, observou que existe também uma grande variabilidade entre testes de uma mesma metodologia, quer para o cilindro, quer para o sulco infiltrômetro ou entrada e saída com 30 e 100 m de comprimento. Verificou ainda que a maior variabilidade foi obtida com a técnica da entrada e saída com 100 e 30 m de comprimento de sulco. Ele ainda fez uma importante observação, quando evidenciou que a técnica do cilindro infiltrômetro proporcionou os maiores valores da constante numérica "k". O autor tenta explicar esse fato levantando a questão da instalação do equipamento, que não permite uma penetração regular do cilindro medidor, provocando uma deformação na estrutura, compactando o solo, e provocando o surgimento de espaços vazios entre a parede do cilindro e o solo.

Observou também que devido a grande magnitude do valor de "k" do cilindro de infiltrômetro em comparação às outras técnicas, que o teste do cilindro infiltrômetro foi superestimada, assim em seis(6) testes com o cilindro infiltrômetro AMIM (1985), obteve uma média para $k = 0,74$ e para $a = 0,36$. Finalmente verificou que havia uma elevada velocidade de infiltração para pequenos valores de tempo, este fato é atribuído aos grandes valores de k' (equação 04) obtidos, sendo a velocidade básica de infiltração (VBI) mais elevada observada na técnica de entrada e saída (inflow - outflow).

AMIM (1985) afirma que conhecer o processo de infiltração e suas relações com outras propriedades do solo, faz deste um parâmetro básico, não só para o dimensionamento de projetos de irrigação, como é de fundamental importância para um eficiente manejo do solo e da água.

O conhecimento prévio da infiltração torna-se um fator de vital importância para o planejamento de qualquer sistema de irrigação, por mais eficiente que o mesmo seja (HILLEL, 1970).

2.6- Curva Característica de Umidade.

A curva característica nos diz a disponibilidade de água no solo para determinada tensão, essa disponibilidade é importante para as plantas, haja vista que todas as atividades metabólicas das células são afetadas pelo nível de hidratação (FERREIRA, 1988).

Como a componente matricial y_w de um solo, é função da umidade θ , essa relação torna-se uma característica física de cada solo. Esta característica é importante para se estimar valores de potencial matricial y_w , através de dados de umidade θ , já que a curva é um parâmetro de cada solo (REICHARDT, 1990).

A importância da curva característica da água no solo ou mais comumente chamado de curva de retenção conforme COELHO & OLIVEIRA (1987) está na análise quantitativa do movimento da água no solo.

ARRUDA (1980) estudando a influência do potencial matricial da água do solo, da adubação e de cultivares na produtividade do milho irrigado na FEVC, concluiu que a produtividade foi condicionada principalmente pelo estado de energia do solo, ou seja, pelos diferentes potenciais a que foram submetidos.

COELHO & OLIVEIRA (1987) destacam que a principal limitação para a determinação da curva característica em laboratório é o tamanho da amostra.

Essa mesma limitação é mencionada por McINTYRE (1974), NIELSEN et al. (1973) citados por VIEIRA & CASTRO (1987), onde afirmam que o método ideal para a determinação da curva seria no campo, no entanto o tempo e o custo seriam os principais entraves.

VIEIRA & CASTRO (1987) chama a atenção para a grande importância da determinação da curva de retenção de água no solo quando os estudos envolvem interações solo-planta, aeração,

irrigação, drenagem e movimento de poluentes.

Alguns fatores afetam a retenção de água em um solo, REICHARDT (1985) destaca a textura e a estrutura. Ele portanto dá posição de destaque principalmente para a textura, pois a mesma além de determinar a área entre as partículas sólidas e a água, determina as proporções de poros, bem como refere-se a tamanho de partículas, indicando a qualidade do material. A estrutura influencia na retenção de água, pois a mesma trata do arranjo e da distribuição de poros.

HILLEL (1980) afirma que a retenção de água a valores pequenos de sucção é função principalmente da estrutura do solo, ou seja, da capilaridade e da distribuição de tamanho de poros. No entanto para altos valores de sucção a retenção de água está na dependência da textura e superfície específica do solo, ou seja, da adsorção.

Os fenômenos de capilaridade e adsorção são também citados por REICHARDT (1990), como os fenômenos que constituem o potencial matricial e que dependem diretamente do arranjo poroso, distribuição de poros, da tensão superficial da água, da superfície específica do solo, das qualidades das partículas (aqui principalmente da fração argila), etc.

COELHO & OLIVEIRA (1987) estudando um procedimento para a determinação da curva característica da água do solo, utilizaram para isto tensiômetros, acoplados a um conjunto que continha um recipiente de plástico de volume igual a 950 cm^3 com um orifício de drenagem, onde podia ser colocado uma rolha para a

obstrução do orifício e ser alcançado a saturação, o que equivaleria a um potencial matricial igual a zero; esses tensiômetros eram unidos a um manômetro de mercúrio por uma haste fixada ao recipiente plástico.

Com o mesmo objetivo VIEIRA & CASTRO (1987) apresentaram um método alternativo com amostras indeformadas e tensiômetros, os quais são bastante difundidos no Brasil e de baixo custo, eles verificaram que os resultados foram muito bons e comparáveis a métodos tradicionais, como o da câmara de pressão. Outra vantagem destacada pelos autores foi quanto ao tempo total gasto que foi por volta de 45 dias, enquanto a determinação em câmaras de pressão se estendeu por 150 dias.

Como pôde ser observado a curva de retenção pode ser determinada por tensiômetros, foi percebendo isso que VILIAGRA et al. (1988) deram ênfase ao estudo da variabilidade espacial, mostrando a problemática do uso de tensiômetros para fins de manejo de água. Os autores objetivaram verificar a variância tanto instrumental como local (do solo), bem como mostrar que essa variância pode ser afetada pelo tempo de resposta do tensiômetro e assim indicar maneiras práticas para um emprego mais criterioso do tensiômetro, quanto ao controle do potencial matricial da água no solo para efeito de irrigação. Verificaram que nos estudos feitos com tensiômetros não enfatizavam os prováveis erros que os tensiômetros estão sujeitos na medida da componente matricial da água no solo. Os autores observaram que a principal causa de variação se deve ao solo, já que a variação do

instrumento foi considerada desprezível. Os mesmos autores ainda alertam, que devem ser levados em consideração a variabilidade da redistribuição da água no solo após a uma chuva ou a uma irrigação.

2.7- Capacidade de Campo.

A capacidade de campo foi denominada como sendo "o teor de água remanescente na zona de drenagem, depois de ter o escoamento se tornado igual a zero" (HILLEL, 1970).

Tentar determinar o momento exato da capacidade de campo é um tanto complexo, pois sabe-se que o perfil do solo entra em equilíbrio quando a água gravitacional é drenada, culminando assim na condição do grad $y_g = \text{grad } y_{\parallel}$, nesta condição denomina-se capacidade de campo (Reichardt, 1988).

VEIHMEYER & HENDRICKSON (1931, 1949) citados por REICHARDT (1988), foram quem apresentaram definitivamente o conceito de "capacidade de campo". Aqueles definem capacidade de campo como sendo "a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que geralmente ocorre dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniformes.

Torna-se bastante difícil determinar o ponto no qual a taxa de distribuição de água é desprezível, isto é, o ponto que define a capacidade de campo (HADAS, 1973) citado por (MEDINA & OLIVEIRA Jr., 1987).

REICHARDT (1988) já mencionava da enorme dificuldade em se determinar o instante para a escolha da medição da capacidade de campo, apesar do fluxo de drenagem decrescer rapidamente com o tempo, no entanto nunca cessa. Não se pode ver a capacidade de campo como uma característica intrínseca, mas como um comportamento dinâmico do perfil de solo, variável no espaço e no tempo.

GAIRON (1973) citado por MEDINA & OLIVEIRA JR. (1987) verificou que a água continua se movimentando quando o solo atinge a capacidade de campo, qualquer diminuição posterior no conteúdo de água é tão vagarosa que, para limitados períodos de tempo, como os do calendário de irrigação, pode ser desprezada.

MEDINA & OLIVEIRA JR. (1987), já destacam que o conhecimento da capacidade de campo de um solo é importante para pesquisas em irrigação, erosão, hidrologia e drenagem.

HILLEL (1970) enumera alguns fatores que afetam a capacidade de campo, são eles: textura do solo, tipo de argila, teor da matéria orgânica, profundidade de umedecimento e umidade inicial, camadas retardadoras e evapotranspiração. Ainda afirma que o melhor método de se medir a capacidade de campo é ainda no campo.

MEDINA & OLIVEIRA JR. (1987), realizaram uma pesquisa que objetivou determinar as relações entre capacidade de campo medida *in situ* e aproximações de laboratório. Para determinação da capacidade de campo *in situ* os autores lançaram

ção do método dinâmico descrito por CAVAZZA et al. (1973).

Quanto a determinação da capacidade de campo por métodos de laboratório, usaram-se amostras de solo deformadas e indeformadas para a medição do conteúdo de água após equilíbrio às tensões de 0,01; 0,02; 0,04 e 0,05 MPa.

Os autores observaram que a tensão que proporcionou médias mais próximas à capacidade de campo foi a de 0,01 MPa em amostras deformadas. No entanto o método direto (de campo) parece ainda ser o mais recomendável para a determinação deste parâmetro físico-hídrico do solo.

Trabalhando com a "capacidade de campo" REICHARDT (1988) estudando dois diferentes tipos de solo, um homogêneo e outro heterogêneo, evidenciou que a principal causa de redução do fluxo da condutividade hidráulica, apesar de saber que o fluxo só se anula quando o grad $y = 0$, no entanto pelos dados colhidos e pela projeção que se dava, isso só aconteceria aproximadamente depois de 200 a 250 dias de drenagem e concluiu que "o valor da capacidade de campo do mesmo solo depende do método, do critério e de muitos outros fatores".

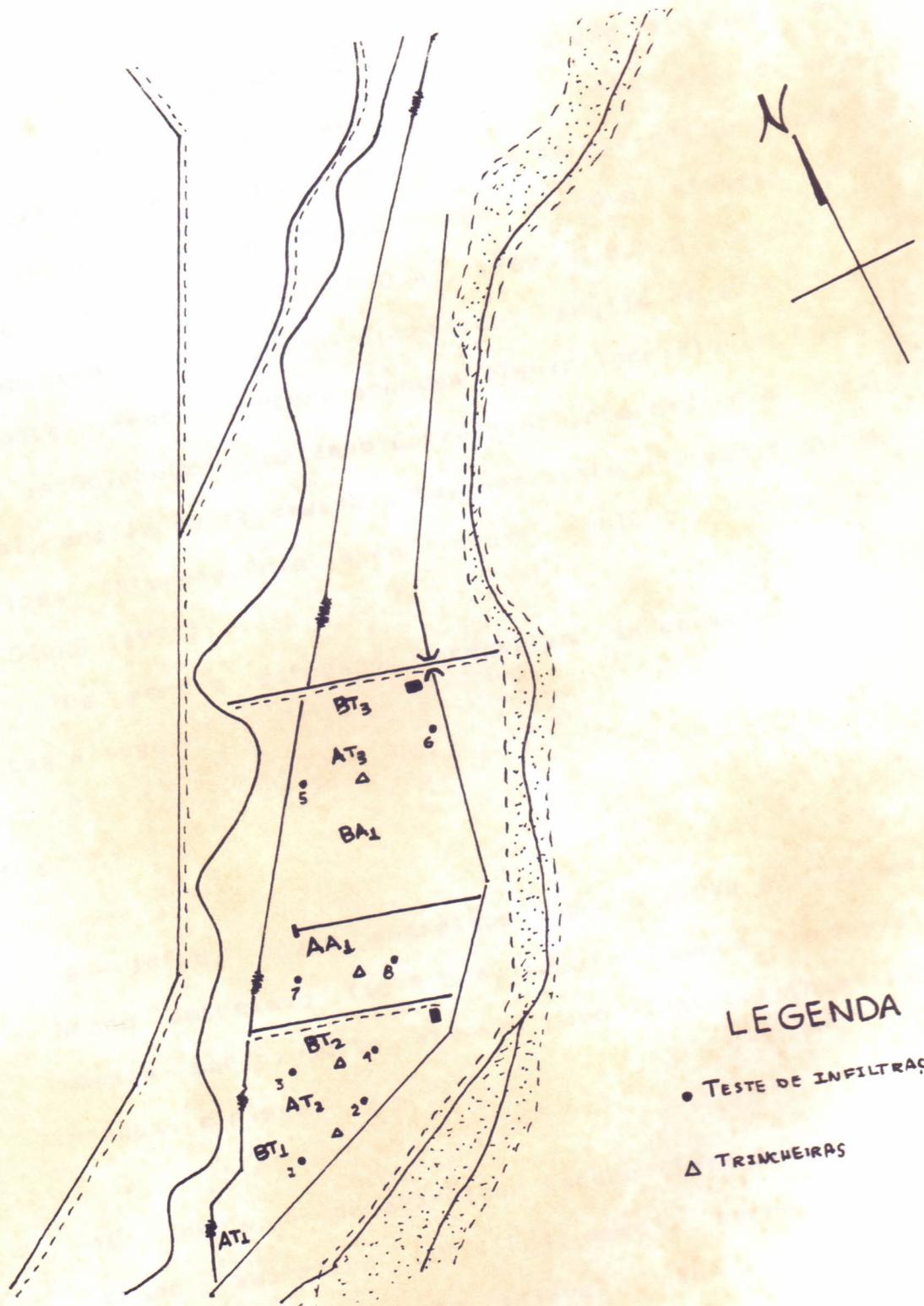
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização da área experimental.

A pesquisa foi realizada na área irrigada da Fazenda Experimental do Vale do Curu, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, no município de Pentecoste-CE. A propriedade está a 110 km de Fortaleza, estando geograficamente localizada entre os paralelos 3^o45' e 4^o00' latitude sul e os meridianos 39^o15' e 39^o30' a oeste de Greenwich, e solos localizados em áreas de relevo plano, com declives de 0 a 2% e altitude de 47 m.

O clima da região de acordo com a classificação de Koeppen é do tipo AW', ou seja, clima quente e úmido, com chuvas e precipitações máximas no outono. As condições climáticas da região caracterizam-se por temperaturas médias mensais mínimas de 21,9^o e máximas de 34,8^oc, umidade relativa média mensal de 67,4%, demanda evaporativa de 234,0 mm/mês. A tabela 1 mostra os dados climáticos da estação Agrometeorológica durante o período de condução do trabalho.

A área onde foi conduzido o trabalho recebe as denominações de AT1, BT1, AT2, BT2, AA1, BA1, AT3 e BT3 conforme figura 1 do planejamento agrícola da área da fazenda, sendo



LEGENDA
● TESTE DE INFILTRAÇÃO
△ TRINCHEIRAS

FIGURA 01 - Locais das unidades do experimento, dos testes de infiltração e das trincheiras.

constituída de sedimentos aluviais de deposição recente e conforme critérios de classificação adotados pela equipe de Pedologia e Fertilidade do solo do Ministério da Agricultura, com modificações posteriores de acordo com o novo sistema de classificação - 7ª aproximação (U.S.D.A., 1960; U.S.D.A., 1967) a unidade 1 apresenta solo aluvial Eutrófico, argila de atividade alta, horizonte A fraco, textura arenosa (Typic Torrifluvent) e a unidade 2 é um Solonetz-solodizado Eutrófico, intermediário para solo aluvial, argila de atividade alta, horizonte A fraco, textura média/argilosa intermediária para média (Mollic Haplargid) conforme COELHO (1971).

Os perfis estudados apresentam as características morfológicas a seguir:

Perfil nº 1

Ap -0 - 10 cm, bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido),
bruno amarelado (10YR 5/4, seco); barro arenoso;
maciça; macio, muito friável, não plástico; transição
gradual e plana;

C₁ -10 - 20 cm, bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido),
bruno amarelado (10YR 5/4, seco); barro arenoso;
maciça; macio; muito friável, não plástico e não
pegajoso; transição clara e plana;

- C_2 -29 - 68 cm, bruno amarelado escuro (10YR 3/3, úmido) bruno (10YR 5/3, seco); barro; maciça que se desfaz em fraca, média blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana;
- IIC_3 -68 - 80 cm, bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido), bruno amarelado (10YR 5/6, úmido); barro arenoso; maciça que se desfaz em fraca, média blocos subangulares, macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, transição clara ondulada (espessura variando de 6 a 20cm);
- $IIIC_4$ -80 -113 cm, bruno amarelado escuro (10YR 3/4, úmido), barro; maciça que se desfaz em fraca, média blocos subangulares; muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana;
- IVC_5 -113 -145 cm+, bruno amarelado escuro (10YR 4/4, úmido), barro; maciça que se desfaz em fraca, média blocos subangulares; muito friável, não plástico e não pegajoso,
- Raízes - poucas em A_p , C_1 e C_2 ; ausentes em IIC_3 , $IIIC_4$ e IVC_5 .
- Obs: Verificou-se no horizonte C_2 a presença de bolsões localizados, preenchidos com material do C_1 .

Perfil nº 7

A₁ -0 - 7 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); barro siltoso; moderada, pequena e média laminar; poucos poros, pequenos; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada;

A₂ -7 - 25 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno amarelado (10YR 5/4 seco); barro siltoso; maciça; poucos poros, pequenos; duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana;

3.2 Locais de amostragem

A₃ -25 - 37 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco), mosqueado comum, pequeno, distinto bruno forte (7,5YR 5/6); barro; fraca, média blocos subangulares; poucos poros, pequenos; duro muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada;

IIB_{21t} -37 - 106 cm, bruno escuro (10YR 3/3, úmido), bruno amarelado escuro (10YR 4/4, seco), mosqueado comum, pequeno e médio, distinto bruno forte (7,5YR 5/6), barro argiloso siltoso, moderada, média, prismática composta moderada, média subangulares; poucos poros,

qualquer pequenos; cerosidade comum e moderada, friável, coletadas plástico e pegajoso; transição gradual e plana;

IIIIB_{22t} -106 - 140 cm+, bruno escuro (10YR 3/3, úmido), (9,5 - 10,5) bruno amarelado (10YR 4/4, seco); mosqueado comum, não difuso; pequeno e médio, distinto bruno forte (7,5YR 5/6); indicado barro argilo siltoso; moderada, média prismática aluvial composta de moderada média, blocos subangulares; 270,55 cerosidade comum e moderada; friável, plástico e descritas pegajoso.

Raízes - poucas em A_p1, A_p2 e A₃, raras em IIB_{21t} e IIIIB_{22t}

3.2 - Locais de amostragem

3.4 Tendo em vista cobrir toda a área do experimento, a figura 1 mostra os locais de amostragem, e os pontos correspondentes aos testes de infiltração.

3.3 - Métodos de amostragem

Após a abertura das quatro trincheiras, coletou-se amostras de solo com estruturas deformadas, de acordo com o manual de métodos de trabalho de campo (S.B.C.S., 1967), essas amostras colhidas foram então seca ao ar, passadas na peneira de 2 mm e transformadas em TFSA, antes de serem submetidas a

qualquer tipo de tratamento ou análise. Essas amostras foram coletadas em quatro trincheiras de 1,20 m de profundidade, entre os locais dos testes de infiltração 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6, e 7 e 8, nas profundidades de (0 - 30) cm, (30 - 60) cm, (60 - 90) cm e (90 - 120) cm como indica a figura 3. As amostras com estruturas não deformadas foram obtidas com o amostrador tipo Uhland, como indicado na figura 2. Os blocos de solo eram contidos em anéis de alumínio com 7,01 cm de diâmetro por 7,01 cm de altura (volume = 270,55 cm³). Esses blocos foram obtidos seguindo as técnicas descritas por BLACK (1965) e depois de retirados do extrator, os mesmos foram cortados tanto na sua parte superior, quanto na inferior com o auxílio de uma espátula, para serem acondicionados e etiquetados em sacos plásticos e transportados para o laboratório.

3.4 - Métodos de análises

3.4.1 - Análise física e química

Amostras destorroadas, retiradas nas profundidades consideradas foram acondicionadas após a sua secagem ao ar em sacos plásticos e etiquetados, onde posteriormente foram levadas ao laboratório de solos do Centro de Ciências Agrárias para a realização de análise física e química.

3.4.2 - Densidade do solo

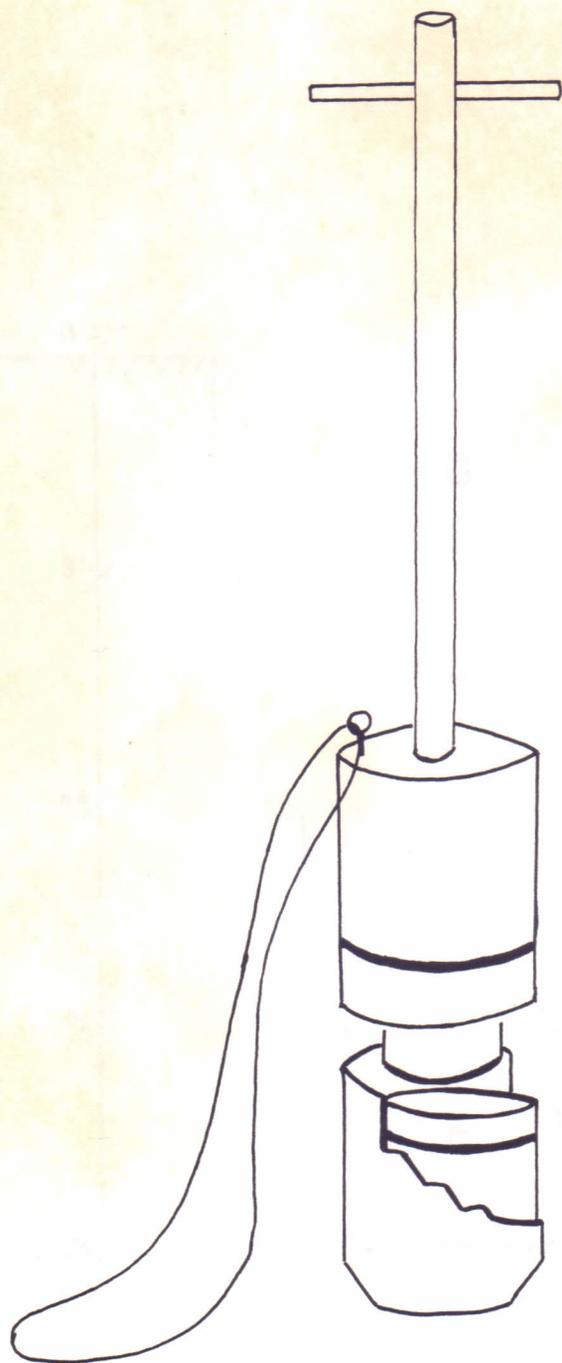


FIGURA 02 - Amostrador tipo de Uhland.

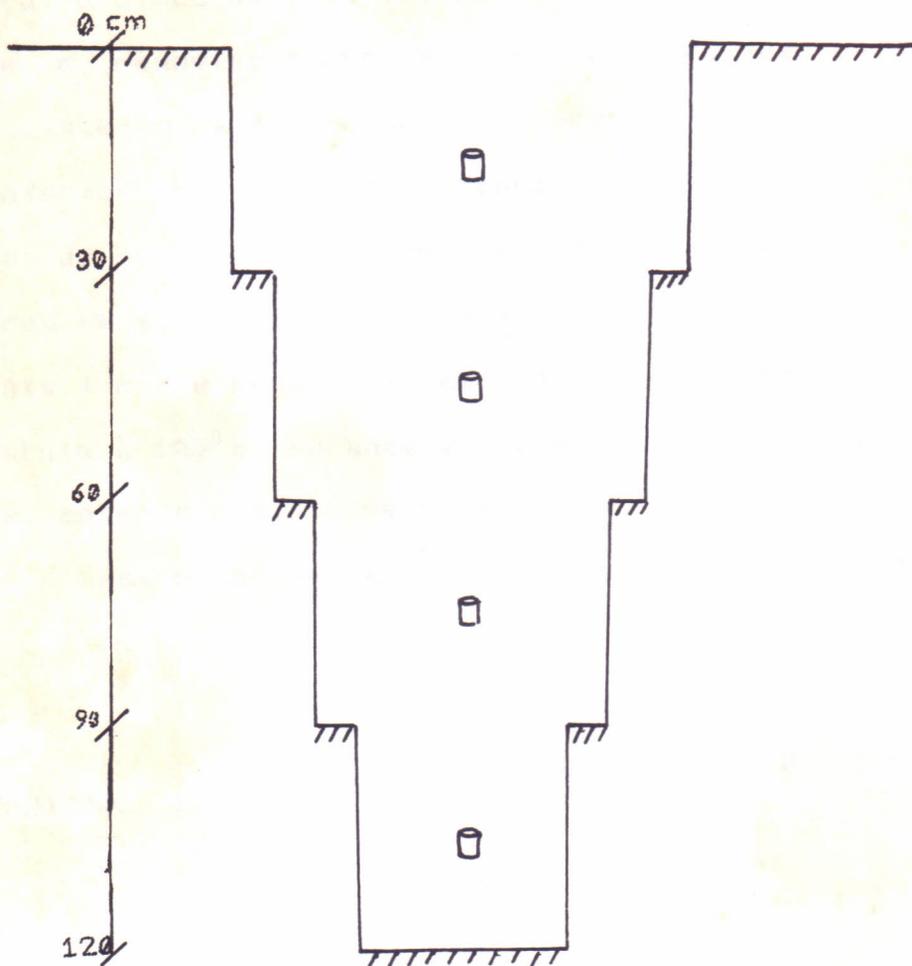


FIGURA 03 - Aspecto da trincheira usada para coletar as amostras deformadas e indeformadas.

Na cálculo da densidade do solo utilizou-se os mesmos blocos de solos empregados na determinação da Condutividade Hidráulica.

Logo após a determinação da condutividade hidráulica, o bloco de solo foi recolhido do permeâmetro de carga constante e removido tanto a fita adesiva que unia os dois cilindros, quanto a fita que sustentava o papel de filtro da parte inferior do conjunto, tendo o cuidado de repor as partículas de solo que viessem aderidas ao papel. Os blocos de solos foram em seguida destorroados em um recipiente de alumínio, previamente limpo e pesado em balança analítica para depois levá-los à estufa à 105^oc durante 24 h e em seguida serem pesados novamente, obtendo assim o peso seco.

Assim obteve-se a densidade do solo pela relação:

$$\text{DENSIDADE SOLO} = \frac{\text{PESO DO BLOCO DE SOLO À 105}^{\circ}\text{c}}{270,55 \text{ cm}^3}$$

3.4.3 - Porosidade total, macro e microporosidade.

A partir da densidade das partículas obtidas da análise de solo do laboratório de solos da UFC e da densidade do solo, calculou-se a porosidade total de cada profundidade e para cada perfil utilizando a fórmula abaixo:

$$PT = \left(1 - \frac{d_a}{d_p} \right) \times 100$$

..... sendo

PT = Porosidade total (%)

d_a = Densidade do solo (MxL⁻³)d_p = Densidade da partícula (MxL⁻³)

Para a obtenção da percentagem de micro e macroporosidade admitiu-se a tensão de 0,1 atm como limite entre as duas. A partir da expressão da capilaridade, para as condições normais o diâmetro dos poros para estes limites é de 0,03mm. Assim trabalhando com a tensão anteriormente admitida e as curvas características do solo obteve-se o valor da micro e macroporosidade para as diferentes camadas.

$$h = \frac{2 \times T \times \cos \theta}{r \times \rho \times g} \quad \dots \quad \text{onde}$$

T = Tensão superficial da água em contato com o ar (TM⁻¹)

θ = Ângulo do menisco capilar (adm)

r = Raio da partícula do solo (LxM⁰xT⁰)ρ = Densidade específica da água (MxL⁻³)g = Aceleração da gravidade (LxT⁻²)

3.4.4 - Curva característica do solo

As curvas características da água do solo, foram

idealizadas para as profundidades de 0 - 15, 15 - 30, 45 - 60, 75 - 90 e 105 - 120 cm e construídas a partir de dados coletados por SAUNDERS (1980), para o perfil "A". Para a confecção das curvas características da água do solo para o perfil "B" utilizou-se dados coletados de umidade a base de volume por COELHO (1971) referentes neste caso para as profundidades de 0 - 30; 30 - 60; e 60 - 90 cm.

3.4.5 - Determinação da condutividade hidráulica

Na determinação da condutividade hidráulica, utilizou-se o permeâmetro de carga constante, semelhante ao descrito por OLIVEIRA (1961), no qual os blocos de solos são dispostos sobre um suporte com uma tela de arame rígido e logo abaixo um funil de vidro acoplado a uma proveta, destinado a recolher e medir o volume d'água.

Ao invés de uma garrafa invertida disposta acima do bloco de solo, usou-se um tubo flexível ligado a um registro, que abastecia o bloco de solo com uma carga constante, como mostra a figura 04.

Os blocos de solos recolhidos na área experimental através do amostrador de UHLAND e contidos em cilindros foram revestidos na sua parte inferior com papel de filtro e fixados com fita adesiva. Foi acoplado sobre este cilindro um outro vazio, por meio de uma fita tipo veda rosca e por cima desta uma fita adesivado tipo crepe, evitando possíveis vazamentos, para

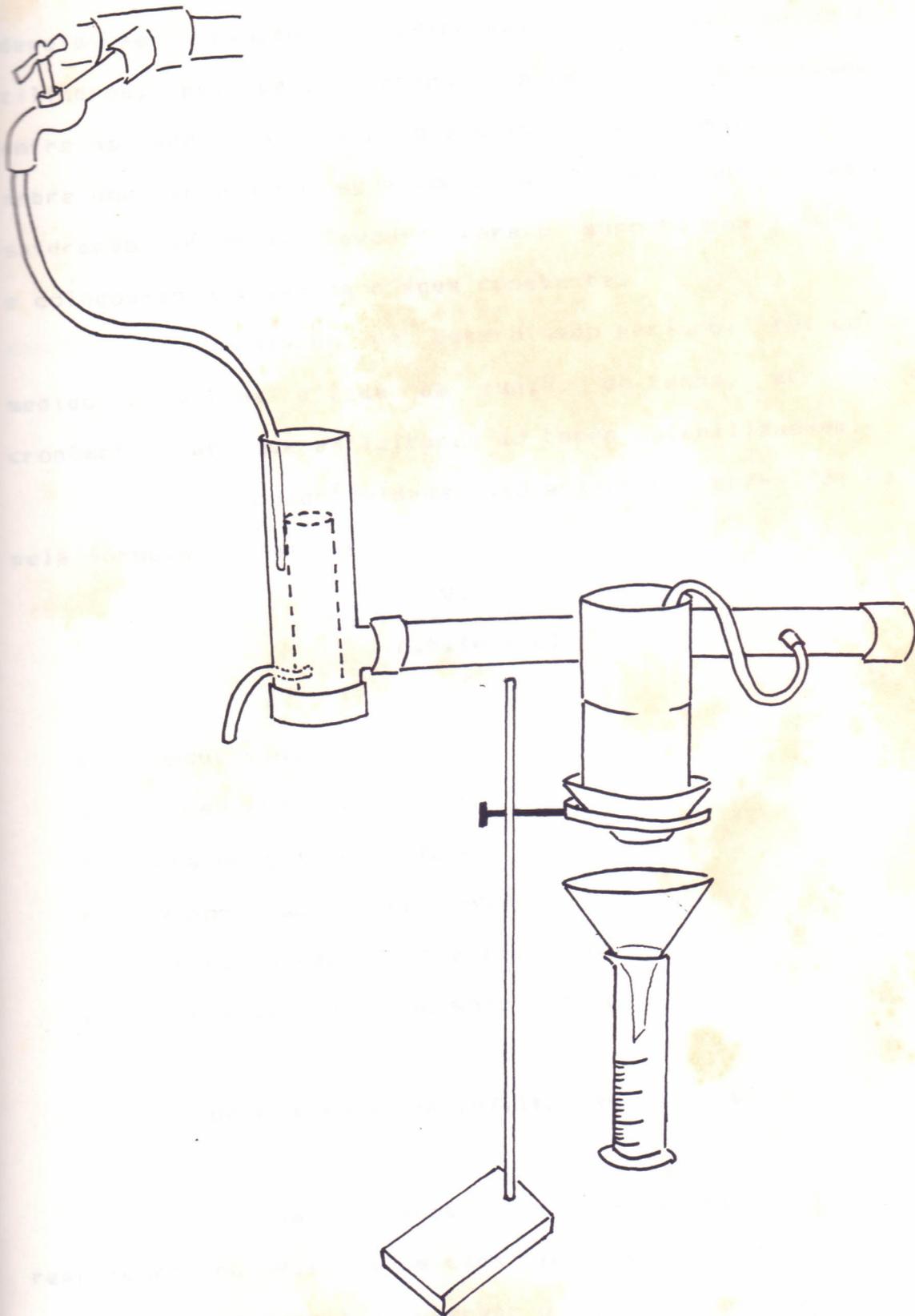


FIGURA 04 - Permeametro de carga constante.

depois ser colocado parafina nas bordas da junção entre os cilindros, pela parte interna, para evitar a passagem d'água entre as paredes do cilindro e o solo. Este conjunto foi colocado sobre uma bandeja com água por 24 a 48 h para sua devida saturação, só depois levou-se para o suporte com a tela de arame e colocou-se uma lâmina d'água constante.

Depois de um determinado período, foi coletado e medido o volume d'água em função do tempo, através de um cronômetro, até que as leituras do tempo estabilizassem.

A condutividade hidráulica em cm/h foi calculada pela fórmula que se segue.

$$K = \frac{V.L}{A.t.(h + L)}$$

k = condutividade hidráulica ($L \times T^{-1}$)

v = volume recolhido (L^3)

A = área do cilindro (L^2)

t = tempo estabilizado ($M^0 L^0 T$)

L = altura da carga hidráulica ($M^0 T^0 L$)

h = altura da coluna de solo ($M^0 T^0 L$).

3.4.6 - Determinação da infiltração do solo

Foram efetuados oito testes de infiltração duas repetições, ou seja, um em cada local estabelecido como mostra a figura 1, e que permitiu observar o comportamento da infiltração

da água no solo até que se alcançasse a velocidade básica de infiltração (VBI), que equivalerá a condutividade hidráulica (K), para que em seguida fosse encontrada a equação de infiltração, determinando portanto os parâmetros "k" e "a" da equação de Kostiakov através do método da regressão linear:

A partir de um conjunto de dados de leituras no campo, determinou-se a equação da infiltração acumulada.

$$I = \int V_i dt$$

$$I = a \cdot T^n$$

$$\text{Log} I = \text{Log} a + \text{Log} T^n$$

$$Y = a + bx \dots\dots\dots \text{sendo}$$

$$n = \frac{N \cdot xy - x \cdot y}{N \cdot x^2 - (x)^2}$$

$$\text{Log} a = \frac{y \cdot x^2 - x \cdot xy}{N \cdot x^2 - (x)^2}$$

$$\text{Log} a = \frac{y \cdot x^2 - x \cdot xy}{N \cdot x^2 - (x)^2}$$

O método escolhido para os testes, foi do cilindro infiltrômetro, que consiste em dois cilindros concêntricos de ferro, com diâmetros de 30 e 50 cm, tendo ambos 30 cm de altura.

Introduziu-se os cilindros no solo até uma

profundidade de aproximadamente 15 cm, onde teve-se o cuidado com a escolha do local, para que esta escolha não viesse mascarar o resultado do teste, devido ou a existência de formigueiros, raízes ou ainda evitar cabeças de sulcos. A introdução dos cilindros foi por meio de golpes sucessivos com uma vara de cano de alumínio duas polegadas, aplicados sobre uma tábua de madeira apoiada sobre os cilindros, promovendo uma penetração simultânea e vertical dos mesmos.

Envolveu-se o interior do cilindro de menor diâmetro com um saco plástico e introduziu-se água tanto no cilindro interno, quanto no externo, até uma mesma altura. Auxiliado por uma régua fixada no cilindro interno, e um cronômetro, que é acionado após anotado a lâmina inicial, retirou-se o saco plástico e prosseguiu-se com as leituras subseqüentes, onde teve-se o cuidado de fazer a recarga sempre que a lâmina descia 5 cm.

As leituras foram feitas a intervalos de tempo de 1, 2, 2, 5, 5, 10, 10, 15, 15, 30, 30, 30, 30 minutos, até ser alcançado diferenças de leituras constantes, ou seja, quando as infiltrações se estabilizassem.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1 - Classificação do solo.

De acordo com os dados analíticos apresentados nas tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 e descrição morfológica de campo, conforme COELHO (1971), classificou-se o solo estudado como Typic Torrifluvent e Mollic Haplargid segundo os critérios da Soil Taxonomy. Conforme os dados do levantamento exploratório "Reconhecimento de solos do estado do Ceará" mencionado por SAUNDERS et al.(1980), "foi classificado como solo aluvial Eutrófico, textura indiscriminada".

A grande importância de se identificar o solo através desses dois sistemas de classificação, guarda-se no fato de que há outros locais no estado do Ceará, onde ocorrem essas mesmas unidades taxonômicas, portanto podendo ser feitas comparações e extrapolações dos resultados, já que pesquisas nesse sentido no estado ainda são raras.

4.2 - Composição granulométrica.

As tabelas 1 e 2 mostram as análises granulométricas

Tabela 1 - Análise granulométrica dos vários horizontes, expresso em % de T.F.S.E., de acordo com o sistema internacional de classificação para o perfil A.

Horizonte	Prof. (cm)	Areia grossa %	Areia fina %	Silte %	Argila %	Argila natural	Classe Textural
A _p	11,5	9	55	25	11	8	F. arenoso
C ₁	41,5	18	48	23	11	7	F. arenoso
C ₂	71,5	21	53	17	9	7	F. arenoso
III C ₄	110,0	1	37	39	23	19	Franco

Tabela 2 - Análise granulométrica dos vários horizontes, expressa em % de T.F.S.E., de acordo com o sistema internacional de classificação para o perfil B (Área do arroz).

Horizonte	Prof. (cm)	Areia grossa %	Areia fina %	Silte %	Argila %	Argila natural	Classe Textural
A _p 1	11,5	10	39	31	20	12	Franco
A ₃	41,5	11	46	27	16	11	F. arenoso
IIB _{21t}	71,5	5	48	30	17	12	F. arenoso
IIIB _{22t}	110,0	1	48	35	16	11	F. arenoso

Tabela 3 - Valores de densidade de partículas, densidade do solo, volume total de poros, macro e microporosidade do perfil A.

Horizonte	prof. (cm)	d_p g/cm ³	d_s g/cm ³	VTP %	Macro %	Micro %
A _p	0 - 30	2,63	1,63	41,06	11,37	29,69
C ₁	30 - 60	2,60	1,60	40,77	6,27	34,5
C ₂	60 - 90	2,63	1,61	45,05	20,77	24,48
IIIC ₄	90 - 120	2,62	1,65	39,00	6,20	32,80

Tabela 4 - Valores de densidade de partículas, densidade do solo, volume total de poros, macro e microporosidade do perfil B (Área do arroz).

Horizonte	Prof. (cm)	d_p^3 g/cm ³	d_s^3 g/cm ³	VTP %	Macro %	Micro %
A _{p1}	0 - 30	2,61	1,58	40,23	3,62	36,61
A ₃	30 - 60	2,61	1,57	39,85	3,55	36,30
IIB _{21t}	60 - 90	2,61	1,60	38,69	2,36	36,33
IIIB _{22t}	90 - 120	2,61	1,62	-	-	-

Tabela 5 - Análise química dos solos da Fazenda Experimental Vale do Curu-Pentecoste - CE para o perfil A.

Prof. (cm)	COMPLEXO SORTIVO (me/100g DE SOLO)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	S	T
11.5	5.6	1.9	0.39	0.71	0.2	0.0	8.6	8.8
41.5	5.2	2.4	0.28	0.47	0.2	0.0	8.3	8.5
71.5	4.8	1.7	0.35	0.42	0.1	0.0	7.3	7.4
110.0	9.7	2.2	0.37	1.26	0.2	0.0	13.5	13.7

pH ÁGUA	C.E a 25 ^o c EXT. SAT. ds/m	V (%)	PST	C (%)	N (%)	C/N	M.O. (%)	P ppm
7.0	0.94	98	8	0.43	0.03	14	0.74	138
7.4	0.65	98	5	0.40	0.03	13	0.69	115
7.4	0.44	99	6	0.24	0.02	12	0.41	129
7.5	0.52	98	9	0.33	0.03	11	0.57	98

Tabela 6 - Análise química dos solos da Fazenda Experimental Vale do Curu Pentecoste-CE para o perfil B.

Prof. (cm)	COMPLEXO SORTIVO (me /100g de solo)							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	S	T
11.5 cm	7.1	2.5	0.36	0.65	0.5	0.0	10.6	11.1
41.5 cm	5.9	2.7	0.29	0.49	0.2	0.0	9.4	9.6
71.5 cm	6.0	2.9	0.25	0.54	0.2	0.0	9.7	9.9
110.0 cm	5.9	2.7	0.28	0.50	0.2	0.0	9.4	9.6

pH ÁGUA	C.E a 25 ⁰ c EXT. SAT. (ds/m)	V (%)	PST	C (%)	N (%)	C/N (%)	m.o. (%)	P ppm
7.0	0.77	95	6	0.60	0.04	15	1.03	18
7.1	0.49	98	5	0.48	0.03	16	0.83	25
7.0	0.60	99	5	0.35	0.03	12	0.60	31
7.0	0.55	98	5	0.46	0.03	16	0.54	25

para os perfis A e B (Área do arroz) até a profundidade de 110 cm.

A composição granulométrica para o perfil A, denota uma queda visível na percentagem de argila na camada de 60 - 90 cm com média de 9%, sendo também verificado um ligeiro aumento na camada de 90 - 120 cm com média de 23%.

Quanto a variação nas percentagens de silte, ocorre de maneira sensível, havendo um aumento considerável na camada de 90 - 120 cm, o mesmo é observado na variação de areia.

Portanto trata-se de um aluvião jovem, que revela uma grande semelhança entre as quatro camadas estudadas, fato este explicado pela homogeneidade textural observado no perfil, tratando-se de solo franco-arenoso, sendo que a camada mais profunda enquadra-se numa classe textural bastante próxima das camadas superficiais.

Quanto ao perfil B (área do arroz), este não difere muito do perfil anteriormente discutido, sendo que as percentagens de argila não variam muito de camada para camada, fato esse também observado para a variação de silte e areia. Também mostra uma visível homogeneidade textural, onde apenas a camada superficial está enquadrada na classe textural Franca, no entanto bem próxima das demais.

4.3 - Densidade, porosidade total, macro e microporosidade.

Os valores de densidade, volume total de poros,

macro e microporosidade podem ser observados nas tabelas 5, 6, 7, 8, e 9. No perfil A a densidade do solo ficou em torno de 1,6 como mostra a tabela 3, o que vem mostrar a homogeneidade das camadas, como foi visto na análise da textura.

Os valores das densidades do solo nas quatro profundidades, encontram-se na tabela 9. Pode ser observado que os maiores valores da densidade do solo estão nas seguintes camadas 90 - 120 cm e 0 - 30 cm ou seja, na mais profunda e mais superficial respectivamente, o maior valor da densidade foi observado na camada mais superficial da segunda trincheira, para o perfil A. Sugere-se portanto a existência de compactação dessas camadas, principalmente quando comparadas com as densidades dos últimos vinte anos como é mostrado nas tabelas 7 e 8. Isto é provavelmente devido ao número de operações agrícolas, tais como sistematização, lavra, grade, sulcamento e cultivo, aliado a uma prática de aração rasa, pela sua má execução, devido ao instinto do operador em querer terminar o trabalho o mais rápido possível, por se tratar de grandes áreas, bem como pelo tipo de arado; SHIOYA & FOLLE (1980), já afirmavam que o arado de disco tende a compactar o solo mais que o de aiveca, observação também mencionada por TOLEDO (1993). Vale salientar ainda, que essas grandes diferenças de densidade em relação aos anos anteriores foi também observado por ANDRADE (1988), na mesma área em estudo.

No perfil B (Área do arroz) a densidade do solo aumenta com a profundidade como pode ser observado na tabela 4,

Tabela 7 - Valores da densidade do solo de 1971 a 1993 da parte baixa da Fazenda Experimental Vale do Curu para o perfil A.

Prof. (cm)	ANO	1971	1980	1985	1993
0 - 30 cm		1.51	1.57	1.61	1.63
30 - 60 cm		1.52	1.59	1.37	1.60
60 - 90 cm		1.44	1.62	1.35	1.61
90 -120 cm		1.42	1.70	-	1.65

Tabela 8 - Valores da densidade do solo de 1971 a 1993 da parte baixa da Fazenda Experimental Vale do Curu para o perfil B.

Prof. \\ (cm)	ANO	1971	1988	1993
0 - 30 cm		1.38	1.46	1.58
30 - 60 cm		1.45	1.52	1.57
60 - 90 cm		1.49	1.47	1.60
90 -120 cm		1.50	-	1.62

Tabela 9 - Valores de densidade do solo a diferentes profundidades no perfil A e B.

Prof. (cm)	DENSIDADE g/cm ³				
	PERFIL A			PERFIL B	
	T.1	T.2	T.3	T.4 _a	T.4 _b
0 - 30 cm	1.59	1.74	1.56	1.64	1.52
30 - 60 cm	1.56	1.56	1.68	1.55	1.59
60 - 90 cm	1.58	1.62	1.64	1.58	1.62
90 - 120 cm	1.63	1.65	1.67	1.64	1.60

onde a camada de 90 - 120 cm apresentou o maior valor da densidade do solo, enquanto que as outras duas primeiras camadas tiveram valores menores, porém bem próximos, mostrando uma situação semelhante e já discutida para o perfil A.

A tabela 10 mostra os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da densidade do solo para ambos os perfis considerados. Pode-se constatar que a maior variabilidade espacial da densidade do solo ocorreu na camada de 0 - 30 cm com $s = 0,096$ e $c.v = 0,059$ para o perfil A. COELHO (1983) encontrou em solos salino-sódicos, que o parâmetro físico que apresentou a maior variabilidade foi a densidade de solo na camada de 0 - 20 cm com um desvio padrão(s) de 0,0824 e um coeficiente de variação (c.v) igual a 0,055, ANDRADE (1988) também encontrou valores semelhantes a estes. As camadas mais profundas tiveram valores menores tanto para o desvio padrão como para o coeficiente de variação, mostrando dessa forma uma menor variabilidade espacial.

Quanto a densidade das partículas, esta sofreu pouca ou quase nenhuma variação, apresentando uma média para o perfil A de $2,62 \text{ g/cm}^3$ e uma média para o perfil B (área do arroz) de $2,61 \text{ g/cm}^3$, ficando assim bem próximo do valor de $2,65 \text{ g/cm}^3$, que é a densidade média dos minerais principais formadores das rochas matrizes dos solos.

No cálculo da macro e microporosidade, utilizou-se para essa delimitação um potencial matricial igual a 100 cm de coluna de água. Já a porosidade total foi calculada a partir da

Tabela 10 - Valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação da densidade do solo para os perfis A e B.

Prof. (cm)	PERFIL					
	A			B		
	Média	Desvio	c.v.	Média	Desvio	c.v.
0 - 30 cm	1.63	0.096	0.059	1.58	0.085	0.054
30 - 60 cm	1.60	0.069	0.043	1.57	0.028	0.018
60 - 90 cm	1.61	0.031	0.019	1.60	0.028	0.017
90 -120 cm	1.65	0.020	0.012	1.62	0.028	0.017

densidade do solo e da densidade das partículas.

Nas tabelas 3 e 4 se verifica uma predominância de microporos, havendo inclusive, uma inclinação bem acentuada do aumento destes em profundidade para o perfil B (Área do arroz), bem como para o perfil A. No perfil A a camada de 0 - 30 cm apresenta 72,30 % de poros menores que 0,03mm, enquanto que na camada de 90 - 120 cm, o percentual de poros inferiores a 0,03mm foi de 84,10 % , no entanto deve-se estar atento para a camada de 60 - 90 cm onde ocorreu uma redução para 54,09 % do número de poros menores que 0,03 mm.

Apesar da predominância dos micro sobre os macroporos, é interessante observar, que esta distribuição é um tanto irregular, o que demonstra que "este tipo de solo é proveniente da deposição de camadas, ou seja, não existe uma relação pedogenética entre as camadas estudadas", observação feita por SAUNDERS *et al.* (1980).

4.4 - Água disponível e matéria orgânica.

Através das tabelas 11 e 12 são apresentados os valores de água disponível, ou água útil, calculados pela diferença entre os conteúdos de umidade a 0,33 e 15 atm.

Tentando verificar até que ponto a textura exerce influência sobre os valores de água disponível, é que comparou-se estes valores com as frações granulométricas. Para o perfil A o contraste entre a percentagem de argila e água disponível, foi

Tabela 11 - Valores da água disponível, teor de argila, matéria orgânica, silte e densidade aparente para o perfil A.

Prof. (cm)	Umidade (%)			Argila (%)	Silte (%)	m.o. (%)	d _a g/cm ³
	1/3 atm	15 atm	Água Útil				
11.5	15.4	6.3	9.1	11	25	0.74	1.63
41.5	17.6	5.3	12.3	11	23	0.69	1.60
71.5	12.7	4.8	7.9	9	17	0.41	1.61
110.0	24.5	10.6	13.9	23	39	0.57	1.65

Tabela 12 - Valores de Água disponível, teor de argila, silte, matéria orgânica e densidade aparente para o perfil B.

Prof. (cm)	Umidade (%)			Argila (%)	Silte (%)	m.o. (%)	d_a g/cm ³
	1/3 atm	15 atm	ÁGUA ÚTIL				
11.5	23.4	8.6	14.8	20	31	1.03	1.58
41.5	19.4	7.3	12.1	16	27	0.83	1.57
71.5	20.6	7.8	12.8	17	30	0.60	1.60
110.0	18.2	6.9	11.3	16	35	0.54	1.62

dado por um coeficiente de correlação $r = 0,80$ não significativo ao nível de $0,1$. A comparação entre areia fina com água disponível foi definida pelo coeficiente de correlação $r = -0,901$, significativo ao nível de $0,1$. LUND(1959) citado por COELHO (1971) revela ter encontrado um coeficiente de correlação $r = -0,730$ chamando atenção para a existência de uma relação inversa entre areia e silte. O mesmo autor ainda cita SALTER *et al.*(1966), que verificaram uma correlação significativa entre areia e água disponível. O coeficiente de correlação $r = 0,820$ relativo à comparação entre percentagem de silte e água disponível, ficou em torno dos valores encontrados por JAMISON E KROTH (1958), LUND (1959) e FRANZMEIER *et al.*(1961), $r = 0,626$, $r = 0,56$ e $r = 0,579$, respectivamente, citados por COELHO (1971). Essas mesmas observações são também verificadas para o perfil B (Área do arroz) que apresentou um coeficiente de correlação $r = 0,850$ e $r = -0,90$ para as relações silte e água disponível e areia e água disponível, respectivamente.

Pode-se verificar na tabela 12, no tocante ao perfil B, que o valor mais expressivo de água disponível correspondeu a profundidade de 11,5 cm, ou seja, ao horizonte mais superficial, onde também é mais elevado o teor de argila, silte, matéria orgânica e ainda apresenta um dos valores mais baixos de densidade do solo, evidenciando dessa forma o efeito da textura e da matéria orgânica sobre o volume de água disponível. Essa mesma discussão foi observada e ratificada por MOTA (1976).

Para o perfil A a profundidade de 110 cm deteve o

valor mais elevado de água disponível, tendo também a maior percentagem de argila e silte indicando portanto uma influência da textura sobre a água disponível. Nesse mesmo perfil as camadas que tiveram também valores relativamente altos de água disponível foram as camadas mais superficiais, detendo também os maiores teores de matéria orgânica.

No tocante ao teor de matéria orgânica as tabelas 11 e 12 mostram que a camada que apresenta o maior percentual para os dois perfis A e B (Área do arroz) é a primeira camada de 0 - 30 cm e os menores percentuais é verificado nas camadas mais profundas, ou seja, o teor de matéria orgânica diminui com a profundidade.

4.5 - Capacidade de campo.

Conforme pesquisas realizadas nesta mesma área, COELHO (1971) analisou 35 amostras, na capacidade de campo, sendo que 16 destas correspondiam a uma tensão entre 0,1 e 0,2 atm. O mesmo autor ainda realizou comparações entre os valores obtidos na determinação de campo e os de umidade a tensões de 0,06; 0,10 e 0,20 atm. O autor encontrou coeficiente de correlação $r = 0,909$ e $r = 0,910$ para as tensões de 0,10 e 0,20 atm respectivamente. Foi selecionado o valor de 0,20 atm, apesar da grande proximidade dos coeficientes, a escolha foi baseada nas equações de regressão.

Já ANDRADE (1988) obteve para o potencial matricial,

valores de $-0,078$; $-0,081$; $-0,080$ e $-0,09$ atm "in situ", na capacidade de campo. O autor menciona os valores determinados em laboratório, que são de $1/10$ e $1/3$ atm para textura mais grossa e mais fina respectivamente".

Os valores de retenção de água, bem como os de capacidade de campo, foram diretamente influenciados pela estrutura dos solos destes perfis, que tratam-se de uma estrutura lamelar com predomínio de mica moscovita, o que dificulta a entrada de água na superfície do solo, comprometendo sua retenção, favorecendo a ocorrência de runoff, aumentando o fluxo de arraste e culminando num processo erosivo laminar (Sheet erosion), e numa ação de compactação do solo, pelo impacto das gotas de chuva ou irrigação.

A tabela 13 mostra os valores de capacidade de campo a base de volume. Pode-se evidenciar, que o perfil B reteve mais água que o perfil A, isso se deve possivelmente a sua textura e estrutura, isto porque o perfil B apresenta um teor de argila maior que o perfil A, e a percentagem de microporos também foi claramente superior à do perfil A (ver tabelas 3 e 4). Acrescente-se a isso também o fato da grande importância que desempenha a matéria orgânica no caso em questão, já que ambos os perfis são homogêneos e neste caso a percentagem de matéria orgânica no perfil B sobressai a do perfil A.

4.6 - Curva característica de umidade.

Apartir de dados coletados por SAUNDERS et al. (1980)

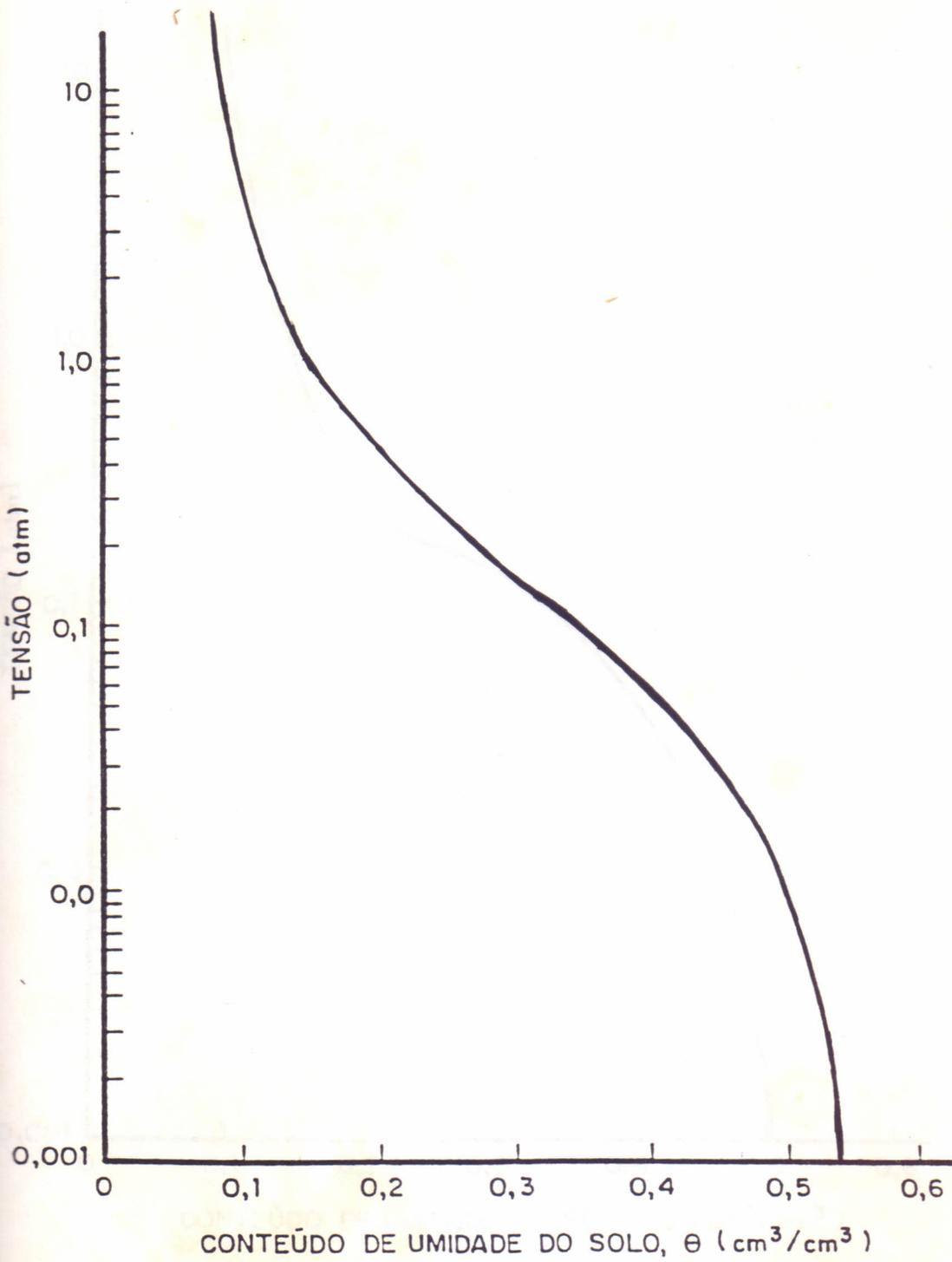


FIGURA 05 - Curva característica de umidade para profundidade de 0 - 15 cm para o perfil "A".

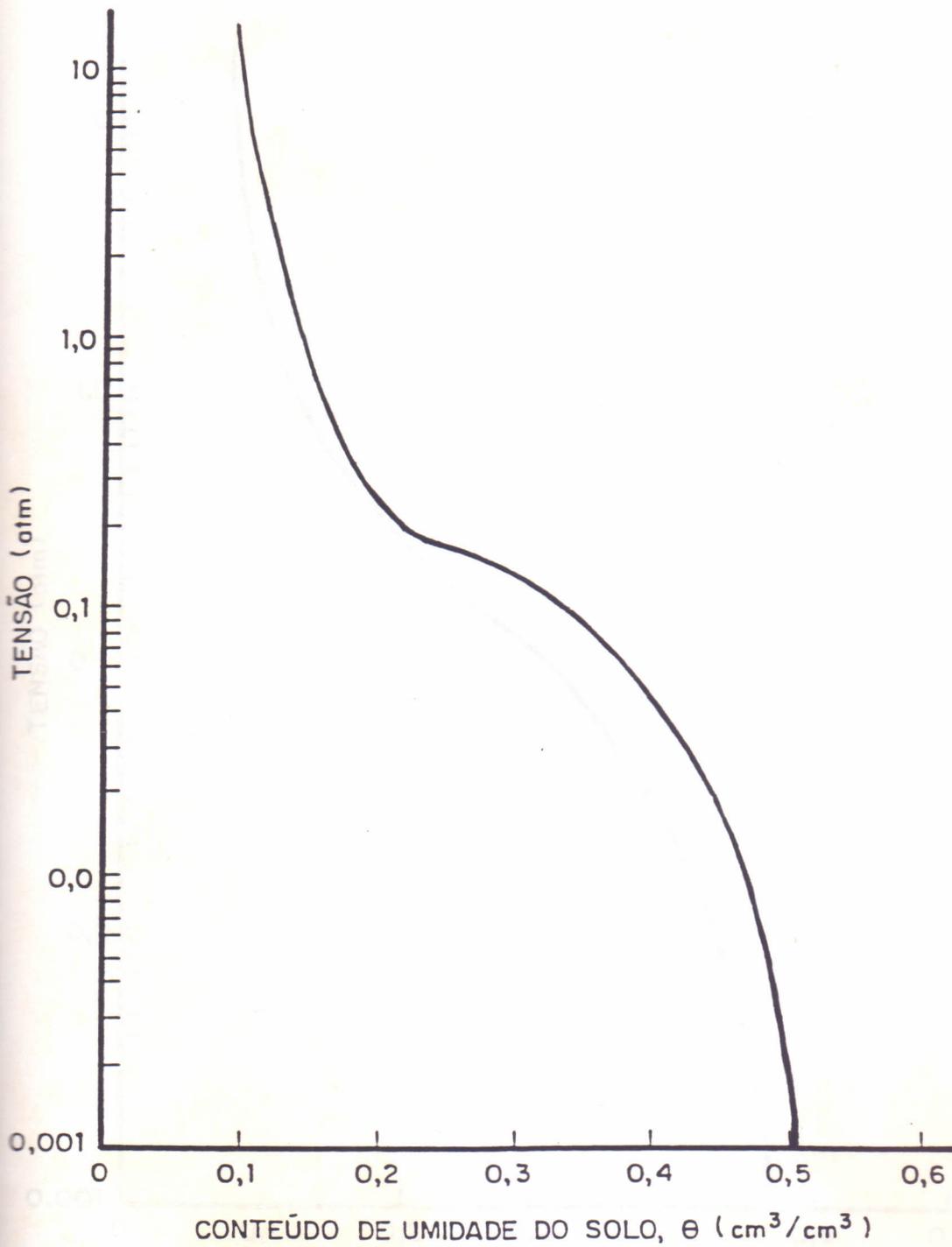


FIGURA 06 - Curva característica de umidade para profundidade de 15 - 30 cm para o perfil "A".

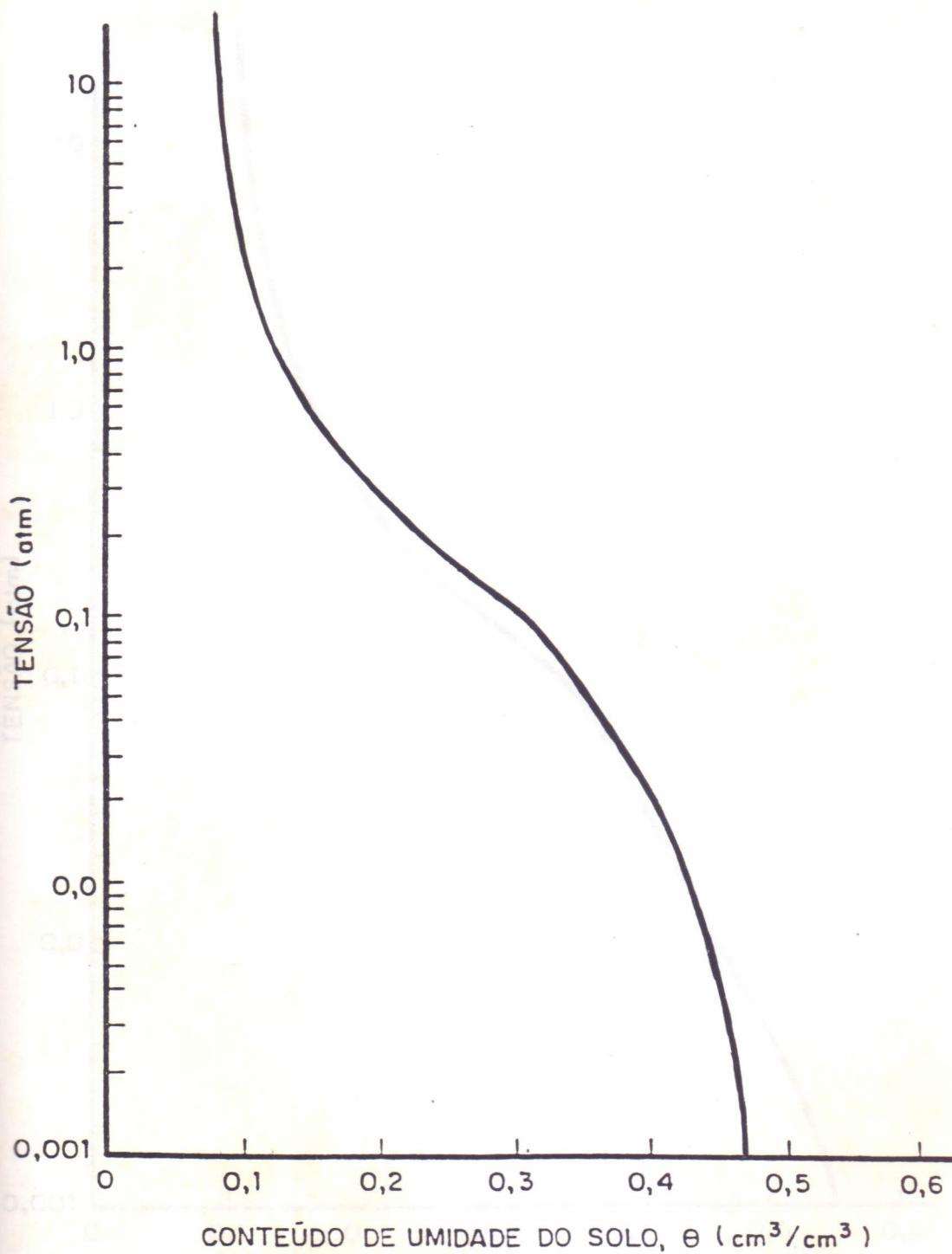


FIGURA 07 - Curva característica de umidade para profundidade de 45 - 60 cm para o perfil "A".

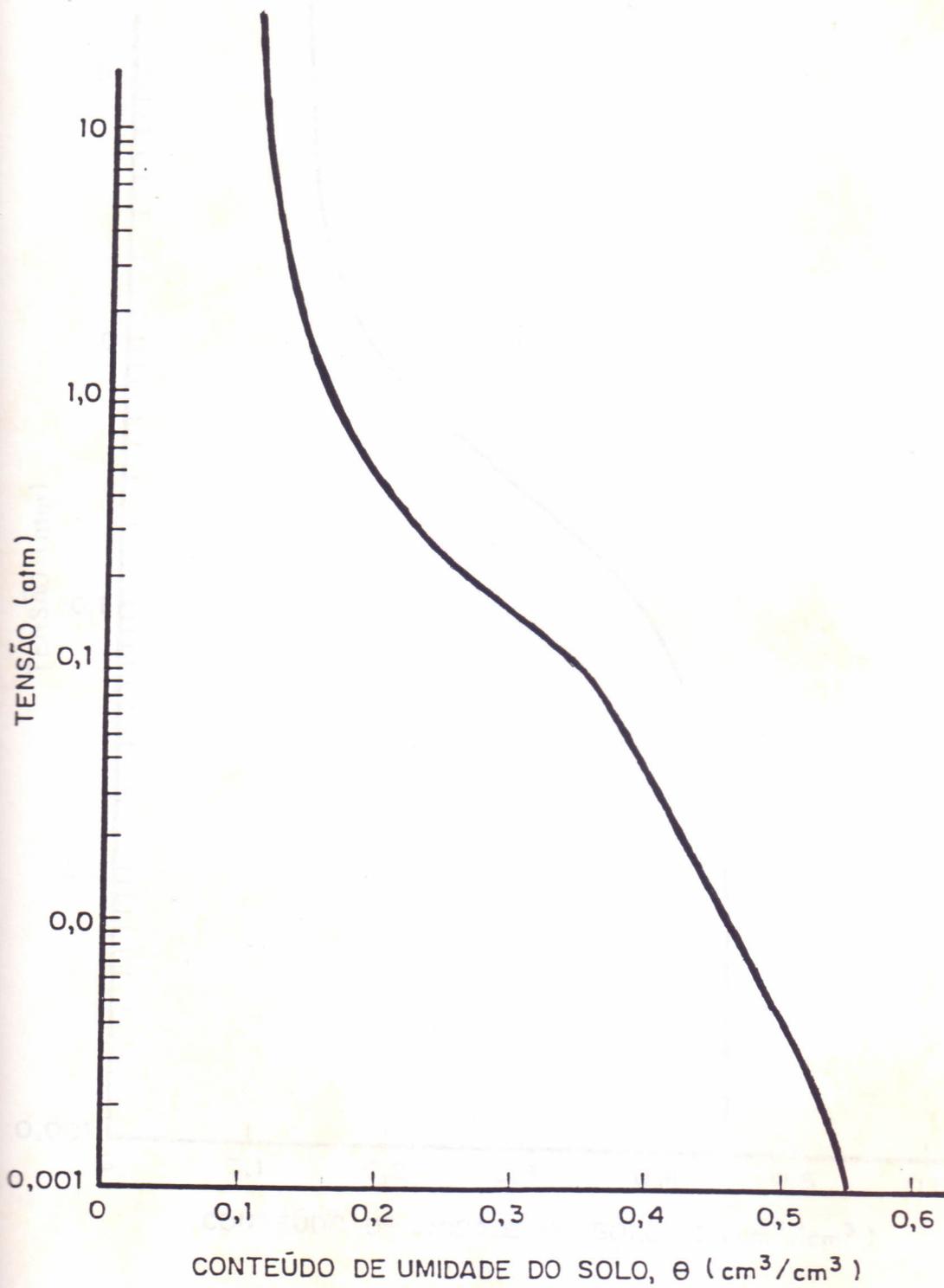


FIGURA 08 - Curva característica de umidade para profundidade de 75 - 90 cm para o perfil "A".

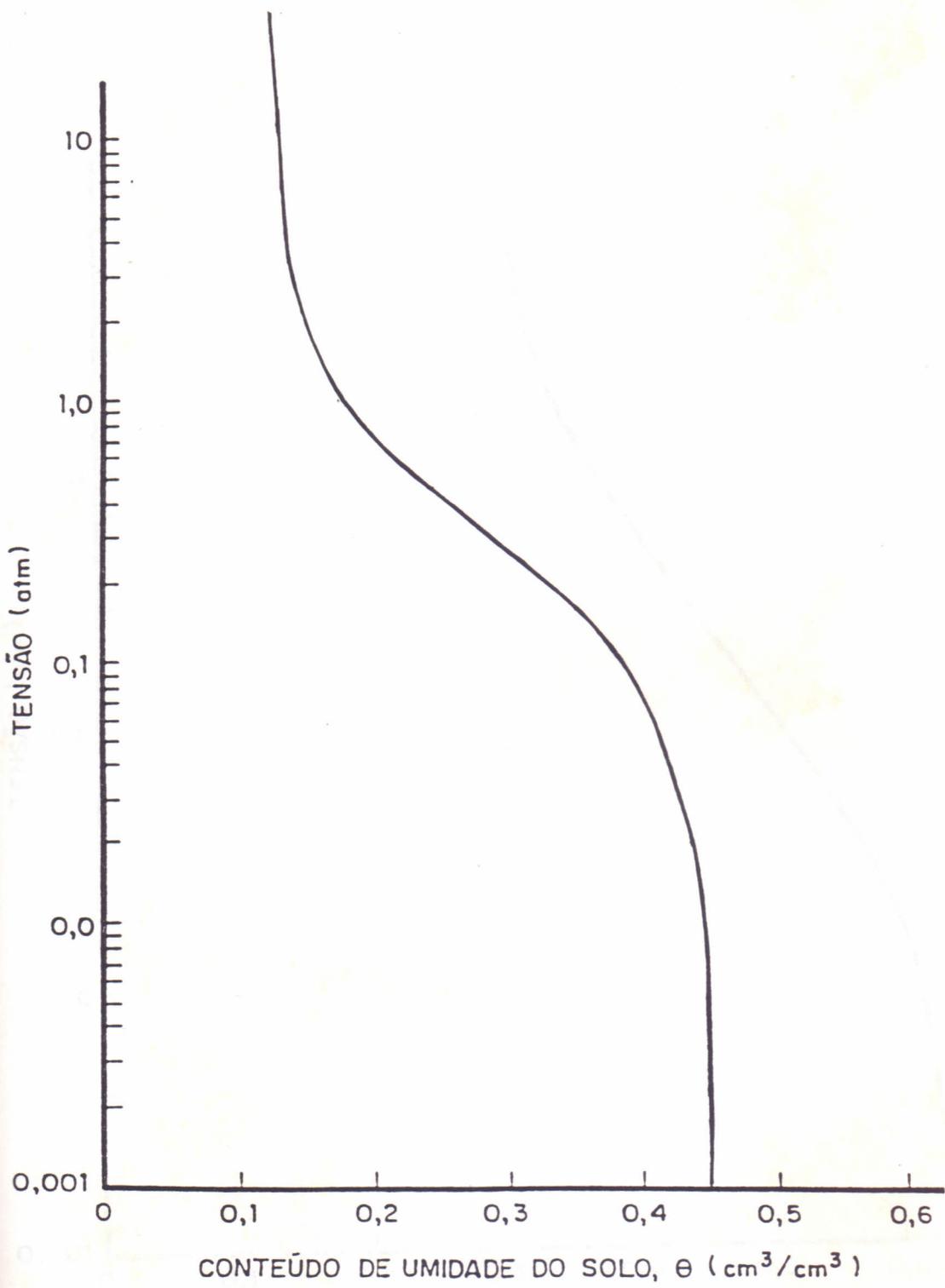


FIGURA 09 - Curva característica de umidade para profundidade de 105 - 120 cm para o perfil "A".

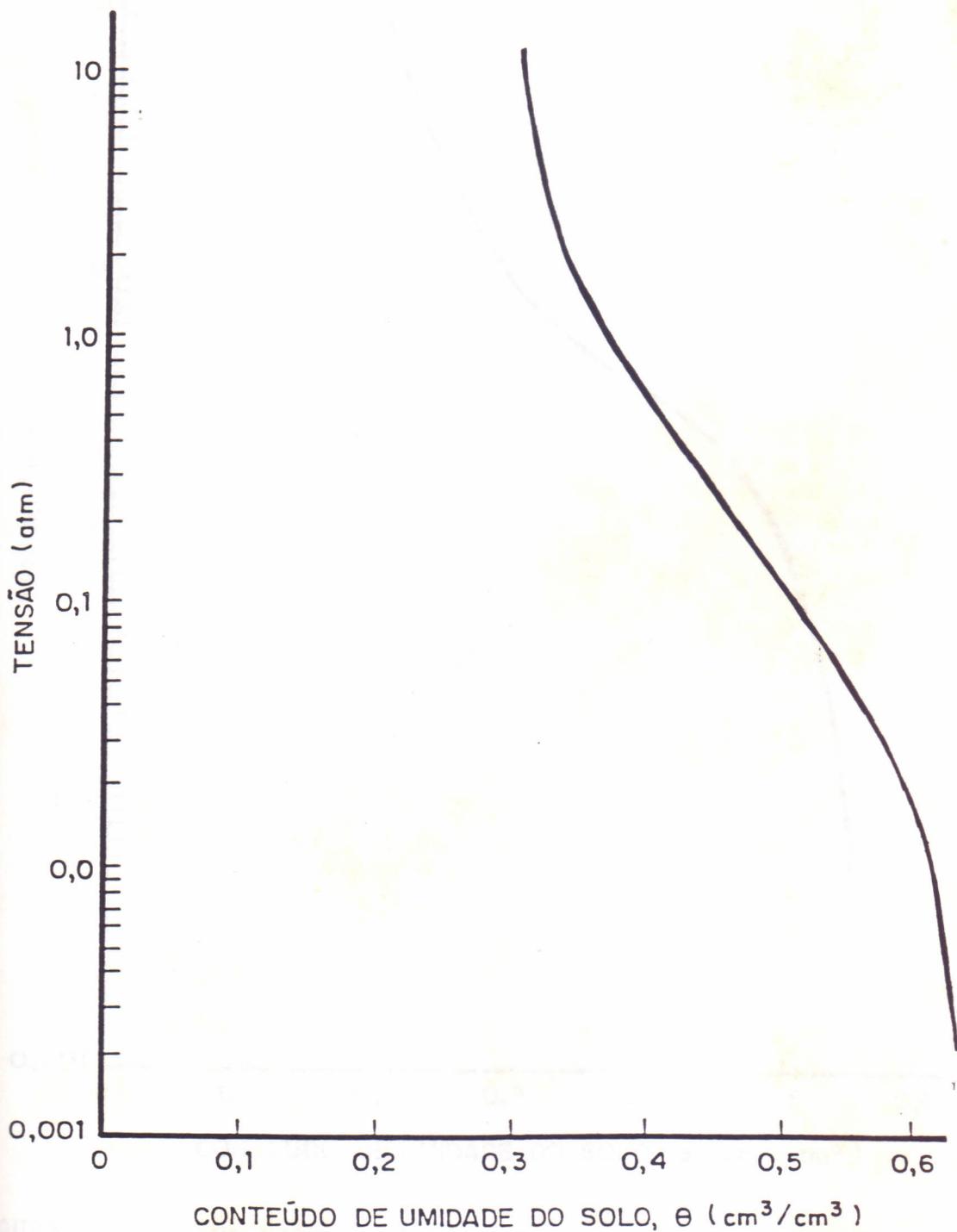


FIGURA 10 - Curva característica de umidade para profundidade de 0 - 30 cm para o perfil "B".

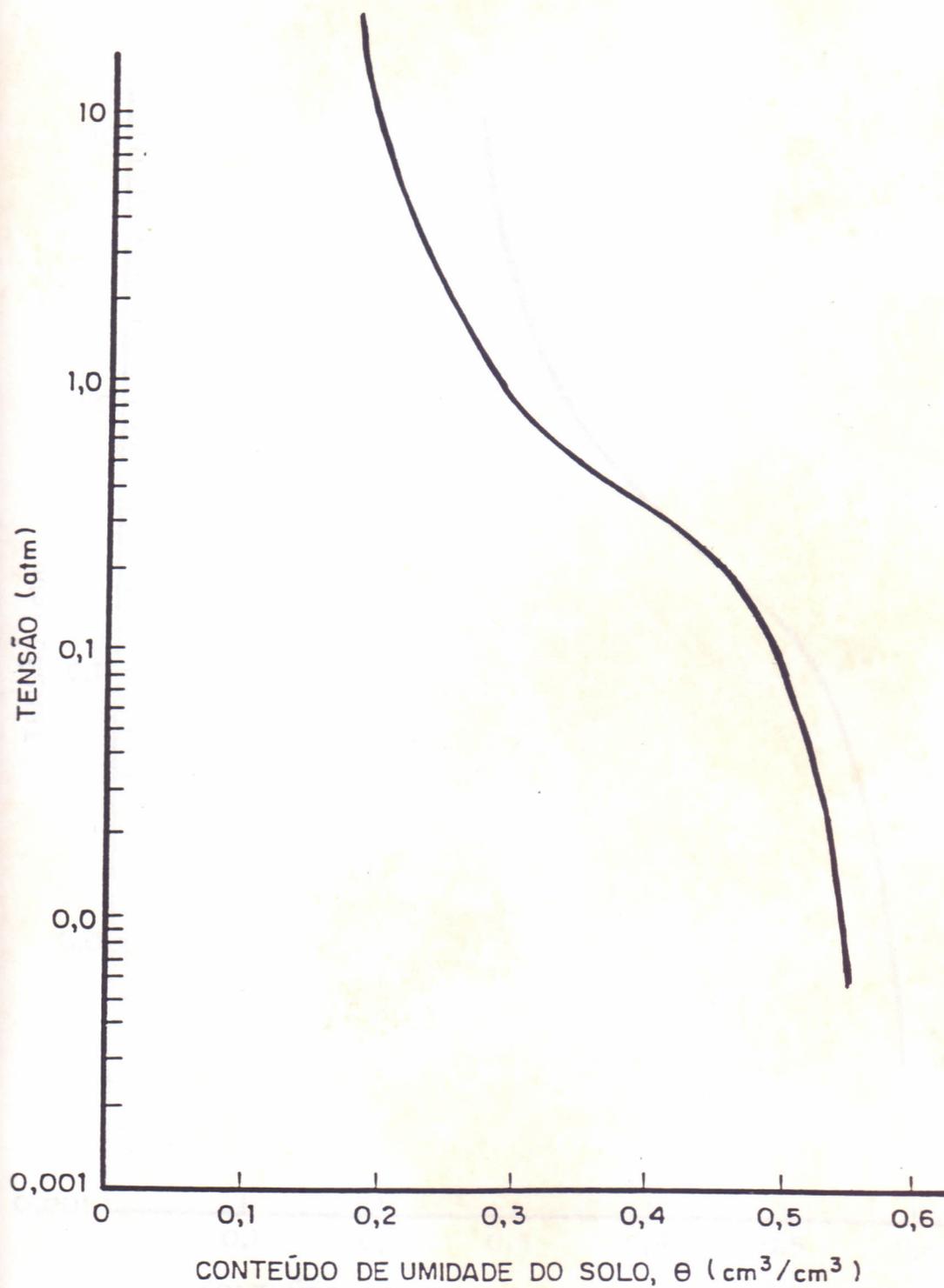


FIGURA 11 - Curva característica de umidade para profundidade de 30 - 60 cm para o perfil "B".

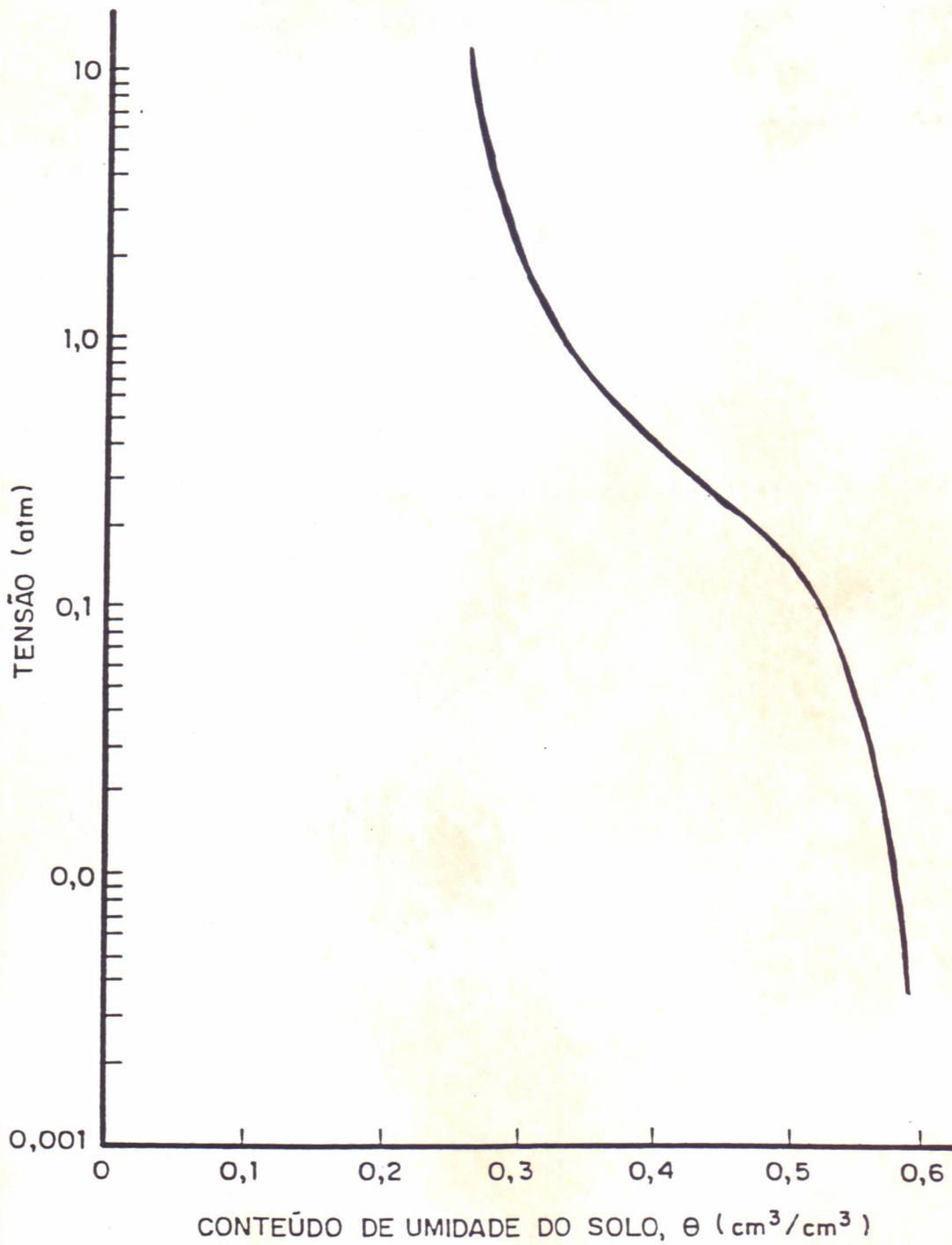


FIGURA 12 - Curva característica de umidade para profundidade de 60 - 90 cm para o perfil "B".

Tabela 13 - Valores do conteúdo de água a base de volume a uma tensão de 0,1 atm, correspondendo a capacidade de campo a diferentes profundidades para os perfis A e B.

Prof. (cm)	PERFIL	
	A	B
0 - 30 cm	0.251	0.370
30 - 60 cm	0.282	0.305
60 - 90 cm	0.210	0.330
90 -120 cm	0.404	0.295

na Fazenda Experimental do Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, em solo Aluvial Eutrófico, plotou-se as curvas características referentes ao perfil A nas profundidades de 0 - 15 cm, 15 - 30 cm, 45 - 60, 75 - 90 cm e 105 - 120 cm. Para o perfil B (Área do arroz) foram utilizados os dados de potencial matricial e conteúdo de água a base de volume do COELHO (1971), executando assim as curvas característica do solo para as profundidades 0 - 30 cm, 30 - 60 cm, e finalmente 60 - 90 cm.

Pode-se observar através das figuras 5,6,7,8,9,10,11 e 12 referentes às curvas características de umidade do solo, que existe uma homogeneidade entre as camadas, tanto no perfil A como no perfil B do solo analisado, visto que não há mudanças abruptas para uma mesma tensão. Isto vem a confirmar os resultados já discutidos das análises físicas e morfológicas deste solo. No entanto entre perfis é verificado que o B retém mais água a uma mesma tensão, para diferentes profundidades, haja vista que neste perfil a percentagem de macroporos é muito pequena, e há um ligeiro acréscimo nas percentagens de argila e silte, bem como um considerável aumento na percentagem de matéria orgânica, fatores estes que estão correlacionados com os teores de água retida. GROHMAN & MEDINA (1962) citados por MOTA (1976), já mencionavam que "a influência mais acentuada da matéria orgânica na retenção de água é obtida quando o perfil do solo é homogêneo em relação a textura", que é o caso em questão.

4.7 - Condutividade hidráulica.

As tabelas 14 e 15 trazem os valores da condutividade hidráulica em cm/h, bem como as médias equivalentes às três trincheiras para o perfil A e uma trincheira com duas repetições para o perfil B.

Como a condutividade hidráulica do solo saturado indica as condições de transmissão da água, daí conclui-se que a variação dos valores deste parâmetro do solo, seja decorrente, dentre outros fatores, do volume de macroporos. Assim teve-se a preocupação de verificar com exatidão, até que ponto existe uma relação entre condutividade hidráulica e macroporosidade. Analizando o perfil A e trabalhando com a média da condutividade hidráulica deste perfil e sua macroporosidade para suas respectivas profundidades é que se chegou a um coeficiente de correlação $r = 0,802$, um valor bem próximo do encontrado por COELHO (1971) em estudos na mesma área obtendo um coeficiente $r = 0,876$. Os resultados não foram muito diferentes quando se passou a analisar o perfil B, encontrando um coeficiente de correlação $r = 0,856$ entre condutividade hidráulica e macroporosidade. COELHO (1971) ainda cita que outros autores encontraram valores que variavam de 0,456 a 0,846. Logo percebe-se que deve existir uma estreita relação entre a condutividade hidráulica e a macroporosidade.

No entanto quando passou-se a contrastar condutividade hidráulica com densidade do solo, tivemos um

Tabela 14 - Valores da condutividade hidráulica em cm/h a diferentes profundidades para os perfis A e B.

Prof. (cm)	CONDUTIVIDADE (cm/h)				
	A			B	
	T.1	T.2	T.3	T.4 _a	T.4 _b
0 - 30 cm	0.270	0.246	0.204	0.074	0.090
30 - 60 cm	0.180	0.450	0.013	0.047	0.051
60 - 90 cm	1.418	1.314	0.522	0.039	0.035
90 -120 cm	0.590	1.020	0.049	0.046	0.052

Tabela 15 - Valores da média da condutividade hidráulica determinados em laboratório para os perfis A e B.

Prof. (cm)	MÉDIA K	
	A	B
0 - 30 cm	0.240	0.082
30 - 60 cm	0.214	0.049
60 - 90 cm	1.085	0.037
90 -120 cm	0.553	0.049

coeficiente $r = -0,072$ e $r = -0,380$ para o perfil A e B respectivamente. É importante salientar que a Condutividade Hidráulica teve valores menores que os da literatura para este solo. Isto foi devido a estrutura lamelar e a compactação sofrida na área. Deve-se ter cuidado quando da implantação de projetos de irrigação e drenagem.

4.8 - Infiltração.

Realizaram-se oito testes de infiltração com o cilindro infiltrômetro, sendo seis na área do perfil A e os outros dois restantes na área do perfil B.

Os valores dos testes de infiltração da tabela 16, ficaram aquém dos citados na literatura para este tipo de solo franco-arenoso, devido a presença de uma estrutura lamelar com mica moscovita, que dificulta a entrada de água na superfície do solo e ao processo de compactação ocorrido na área. Observou-se na mesma tabela e na figura 11 que há uma variabilidade entre os testes de infiltração e a condutividade hidráulica, entre os perfis estudados, o que é perfeitamente explicado pela variação dos parâmetros físico-hídricos do solo entre os locais estudados.

Na tabela 17 é apresentado uma comparação dos valores da média de "K" e "a" obtidos por AMIM (1985) e os valores da média deste trabalho.

É verificado nas tabelas 18 e 19 uma variação considerável, quando contrastou-se a "VBI" calculada a partir dos dados de infiltração no campo, com os valores da condutividade

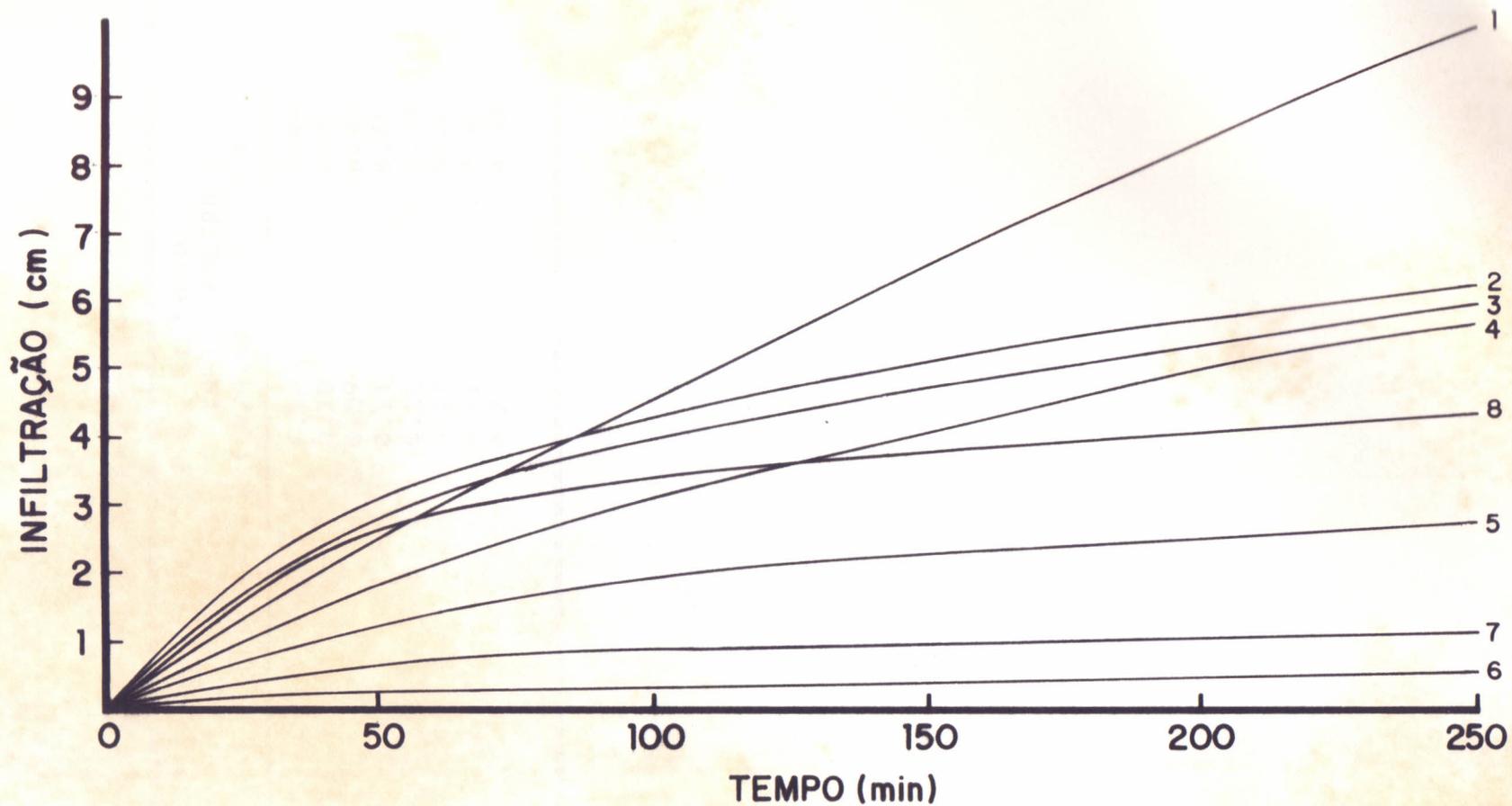


FIGURA 13 - Infiltração acumulada Vs Tempo para a técnica do cilindro infiltrômetro para os oito(8) testes realizados.

Tabela 16 - Constantes numéricas "K" (cm/min) e "a" da equação de infiltração acumulada de Kostiakov.

TESTES	CILINDRO INFILTRÔMETRO	
	K (cm/min)	a
01	0.10	0.84
02	0.78	0.37
03	0.59	0.42
04	0.11	0.71
05	0.18	0.50
06	0.10	0.26
07	0.11	0.40
08	0.76	0.32

Tabela 17 - Médias dos valores das constantes "K" e "a" determinados por AMIM (1985) e por LIMA (1993).

CONSTANTES NUMÉRICAS	AMIM (1985)	LIMA (1993)
\bar{K}	0.74	0.34
\bar{a}	0.36	0.47

Tabela 18 - Valores da VBI calculada apartir de infiltração e valores da condutividade hidráulica em laboratório.

TESTES	INFILTRAÇÃO VBI(cm/h)	CONDUTIVIDADE H.(cm/h)			
		0-30	30-60	60-90	90-120
01	4.67	0.27	0.18	1.4	0.59
02	0.41				
03	0.49	0.24	0.45	1.3	1.02
04	1.14				
07	0.03	0.20	0.01	0.52	0.05
08	0.24				

Tabela 19 - Valores da V_{bi} calculados apartir dos testes de infiltração e os valores da condutividade hidráulica obtidos em laboratório para o perfil B.

TESTES	INFILTRAÇÃO VBI(cm/h)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (cm/h)			
		0-30	30-60	60-90	90-120
05	0.31	0.08	0.05	0.03	0.05
06	0.02				

hidráulica determinados em laboratório para ambos os perfis. Esta variação é consequência das próprias variações inerentes aos métodos determinados.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o emprego de ambos os métodos de medição de velocidade, demonstram que a velocidade média de escoamento em canais de seção não-circular pode ser determinada com precisão satisfatória, desde que se empregue o método de medição de velocidade por meio de tubo de Pitot, com a utilização de um tubo de Pitot de pequeno diâmetro, em relação ao diâmetro hidráulico do canal, e com a utilização de um tubo de Pitot de pequeno diâmetro, em relação ao diâmetro hidráulico do canal, e com a utilização de um tubo de Pitot de pequeno diâmetro, em relação ao diâmetro hidráulico do canal.

Os resultados obtidos com o emprego de ambos os métodos de medição de velocidade, demonstram que a velocidade média de escoamento em canais de seção não-circular pode ser determinada com precisão satisfatória, desde que se empregue o método de medição de velocidade por meio de tubo de Pitot, com a utilização de um tubo de Pitot de pequeno diâmetro, em relação ao diâmetro hidráulico do canal, e com a utilização de um tubo de Pitot de pequeno diâmetro, em relação ao diâmetro hidráulico do canal, e com a utilização de um tubo de Pitot de pequeno diâmetro, em relação ao diâmetro hidráulico do canal.

CONCLUSÕES

- 1 - Os resultados mostram aumento da densidade do solo ao longo do tempo, principalmente nas camadas superficiais, indicando uma ação de compactação, devido ao intenso movimento de máquinas ao longo dos anos e ao número de operações agrícolas, bem como ao próprio tipo de implemento usado e o teor de umidade quando do amainamento do solo.
- 2 - Os valores da condutividade hidráulica saturada obtidos para o perfil A variaram numa amplitude de 0,013 a 1,418 cm/h, com média de 0,523 cm/h e para o perfil B variaram de 0,035 a 0,09 cm/h, com média de 0,054 cm/h, sendo que esses valores ficaram aquém dos valores encontrados em trabalhos anteriores. Esta condutividade hidráulica é ocasionada pela presença de mica moscovita, que condiciona uma estrutura laminar.

- 3 - Foi observada uma predominância acentuada dos micro em relação aos macroporos, principalmente para o perfil "B", e uma distribuição irregular, permitindo inferir tratar-se o referido solo de um aluvião jovem.
- 4 - Na tensão de 0,1 atm, o perfil B apresentou teores de umidade mais elevados que o A, devido basicamente a sua maior percentagem de microporos.
- 5 - A densidade do solo foi o parâmetro físico que mostrou grande variabilidade espacial principalmente na camada de 0 - 30 cm para os perfis A e B com desvio padrão de 0,096 e 0,085 e valores de coeficiente de variação iguais a 0,059 e 0,055, respectivamente.

RECOMENDAÇÕES

- 1 - Face a compactação provocada pela maquinaria, o "pé de grade", recomenda-se uma subsolagem à profundidade abaixo de 60 cm, com o intuito de melhorar a transmissão de água e ar no solo.
- 2 - Visando o cultivo no período chuvoso é de fundamental importância impedir a entrada de água por escoamento na área aluvional, através de drenos de cintura e diques.
- 3 - Dar continuidade a este trabalho ampliando para as demais unidades do baixio em estudo com o intuito de se obter a caracterização físico-hídrica completa da área, objetivando verificar possíveis variações do solo com o uso agrícola intensivo da mesma.
- 4 - Recomenda-se o máximo cuidado para que os solos não sejam, trabalhados com conteúdo de umidade excessivo, com o fim de evitar maior compactação.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIM, S. L., Análise comparativa das técnicas de determinação das características de infiltração na irrigação por sulcos. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1985. 135 p. (tese de mestrado).
- ANDRADE, E. M. DE , Variabilidade do potencial matricial da água do solo determinado pelo tensiômetro. Fortaleza - Universidade Federal do Ceará, 1988. 87 p. (tese de mestrado).
- ARRUDA, M. A. DE, Influência do potencial matricial da água do solo, da adubação e de cultivares na produtividade da cultura irrigada de milho (zea mays L.). Fortaleza : Universidade Federal do Ceará, 1980. 49 p. (tese de mestrado).
- AYRES, R. S. & D. W. WESTCOT. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande, UFPB, 1991. 217 p.
- BACCHI, O. O. S. & REICHARDT, K. Escalonamento de propriedades

hídricas na avaliação de métodos de determinação da condutividade hidráulica de solos. Rev. Brasileira de Ciência do solo, v. 12, n. 3, p. 217 - 223, set/dez. 1988.

BLACK, G.R., Bulk density. In Methods of soil analysis. Part. 1. Ed. C.A. Black. Aner. Soc. of Agron., Madison, Wisc. 1965.

CAVAZZA, L; COMEGNA, V. & LINSALATA, D., Correlacion of field capacity between field and laboratory determinations. In: HADAS, A., ed. Physical aspects of soil water and salts in ecosystems. New York, 1973. p. 187-193. (Ecological Studies, 4).

COELHO, M. A. Características de umidade de alguns solos de aluvião: Normais sódicos e sódicos - salinos. Rio de Janeiro, 1971. 133 p. (tese de mestrado).

COELHO, M. A. Variabilidade espacial de características físicas e químicas em solo salino-sódico. Rev. Ciência Agronômica, v. 14 n. 1/2 , p. 149 - 156, dez. 1983(a).

COELHO, M. A. Caracterização físico-hídrica de solo podzólico vermelho amarelo equivalente Eutrófico. Rev. Ciência Agronômica, v. 14, n. 1/2 , p. 55 - 59, dez. 1983(b).

COELHO, M. A. Aspectos da dinâmica da água em solos sódicos e

salinos-sódicos. Rev. Ciência Agronômica, V.14, n.1/2, P. 61 - 68, dez 1983(c).

COELHO, M.A. & OLIVEIRA, F.N.S., Procedimento para determinação da curva característica da água do solo com emprego de tensiômetros. Rev. Ciência Agronômica, v. 18, n. 2, p. 97 - 102, dez. 1987.

DAKER, A. Irrigação e drenagem; A água na agricultura. 7^a edição. Rio de Janeiro: Freitas bastos, 1988. 543p. 3^o vol.

ELLIOTT, R. L. & WALKER, W.R., Field Evaluation of Furrow infiltration and Advance Functions. Rev. Transactions of the ASAE, p. 396 - 400, 1982.

FERREIRA, L.G.R. Fisiologia Vegetal: Relações hídricas. Fortaleza. Edições Universidade Federal do Ceará, 1988. 138p.

FREIRE, J. C., Retenção de umidade em perfil oxissol do município de Lavras, Minas Gerais. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz"/Universidade de São Paulo, 1975. 76 p. (Tese de mestrado).

HILLEL, D., Solo e Água - Fenômenos e princípios físicos (Soil and physical principles and processes). Porto Alegre, RS, Departamento de solos da UFRGS, 1970. 231p.

HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. Academia Press, INC. New York, 1980. 413p.

MEDINA, B. F. & OLIVEIRA JR, R.C. de, Relações entre capacidade de campo determinada *in situ* e em laboratório em Latossolo amarelo muito argiloso. Rev. Brasileira de Ciência do solo. v. 11, n. 2, p. 91 - 95, set./dez. 1987.

MILLAR, A.A., Drenagem de terras Agrícolas: Bases agronômicas. 2^a edição. São Paulo: Editerra Editorial Ltda., 1988. 306p.

MOTA, F. O. B., Retenção de água em perfil alfissol do município de Mossoró - RN. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, 1976. 62p. (Tese de mestrado).

OLIVEIRA, C. A. S., Determinação de condutividade hidráulica e da curva de retenção de água no solo com um método simples de campo. Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças, 1988. 13p.

PAULETTO, E. A.; LIBARDI, P.L.; MANFRON, P.A. & MORAES, S.O., Determinação da condutividade hidráulica de solos a partir de curva de retenção de água. Rev. Brasileira de Ciência do solo, v. 12, n. 3, p. 189 - 195, set./dez. 1988.

REICHARDT, K., Capacidade de campo. Rev. Brasileira de Ciência do

solo. v. 12, n. 3, p. 211 - 216, set/dez. 1988.

REICHARDT, K., A água em sistemas agrícolas. 1. ed. Piracicaba, São Paulo: Manole. 1990. 188p.

SAUNDERS, L. C. U.; CASTRO, P.T. de; BARBOSA, C.E. & MATIAS F.º, J., Dinâmica da água no solo com a cultura do Feijão-de-corda (*Vigna sinensis*(L.) Savi), em aluvião Eutrófico. Rev. Ciência Agronômica. v. 12, n. 1/2, p. 141 - 148, dez. 1981.

SAUNDERS, L. C. U.; MOTA, F. D. B.; CASTRO, P.T. de & MATIAS F.º, J., Caracterização morfológica, física e química de um solo aluvial na F.E.V.C., Rev. Ciência Agronômica. v. 11, n. 2, p. 137 - 143, dez. 1980(a).

SAUNDERS, L. C. U.; BARBOSA, C.E.; PAIVA, F. L. & ROCHA, V. M.L., Condutividade hidráulica de um aluvião fluvial sob condições de campo. Rev. Ciência Agronômica, v. 11, n. 2, p. 27 - 34, dez. 1980(b).

SHIOYA, T. & FOLLE, S.M., Avaliação da compactação do solo nos campos dos cerrados. in: Relatório parcial do projeto da cooperação em pesquisa agrícola nos cerrados do Brasil. 1980, p. 187 - 194.

TOLEDO, L. R., Mecanização: Ação profunda. Rev. globo Rural, ano

B, n-^o 89, p. 37 - 43, mar/ 1993.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL SURVEY STAFF. Soil classification, a comprehensive system. 7 th approximation. Washington, D.C. 1960.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL SURVEY STAFF. Supplement to soil classification system (7 th approximation). Soil Conservation Service. Washington, D.C. 1967.

VIEIRA, S. R. & O. M. de CASTRO. Determinação, em laboratório de curvas de retenção de água com tensiômetros. Rev. Brasileira de Ciência do solo. v. 11, n. 2, p. 87 - 90, maio/ago. 1987.

VILIAGRA, M. M.; MATSUMOTO, O. M.; BACCHI, O.O.S.; MORAES, S.O.; LIBARDI, P. L. & REICHARDT, K., Tensiometria e variabilidade espacial em terra estruturada. Rev. Brasileira de Ciência do solo. v. 12, n. 3, p. 205 - 210, set/dez. 1988.

WALKER, W. R. & SKOGERBOE, G.V., Surface irrigation; Theory and practice. New Jersey, 1987. 396p.

A N E X O S

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

TABELA 20 - Teste de infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 01

Data: 17/12/92

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	8.7	0	0
1	1	8.6	0.1	0.1
2	3	8.5	0.1	0.2
2	5	8.4	0.1	0.3
5	10	8.1	0.3	0.6
5	15	7.8	0.3	0.9
10	25	7.1	0.7	1.6
10	35	6.6	0.5	2.1
15	50	5.9/9.2	0.7	2.8
15	65	8.6	0.6	3.4
30	95	7.7	0.9	4.3
30	125	6.9/9.2	0.8	5.1
30	155	8.5	0.7	5.8
30	185	7.8	0.7	6.5

TABELA 21 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 02

Data: 17/12/92

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	8.4	0	0
1	1	7.6	0.8	0.8
2	3	7.2	0.4	1.2
2	5	6.9	0.3	1.5
5	10	6.6	0.3	1.8
5	15	6.4	0.2	2.0
10	25	6.0	0.4	2.4
10	35	5.6	0.4	2.8
15	50	5.1/9.0	0.5	3.3
15	65	8.5	0.5	3.8
30	95	7.9	0.6	4.4
30	125	7.4	0.5	4.9
30	155	6.9	0.5	5.4

TABELA 22 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 03

Data: 17/12/92

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulada (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	8.1	0	0
1	1	7.5	0.6	0.6
2	3	7.1	0.4	1.0
2	5	6.8	0.3	1.3
5	10	6.6	0.2	1.5
5	15	6.4	0.2	1.7
10	25	6.0	0.4	2.1
10	35	5.7/8.5	0.3	2.4
15	50	7.9	0.6	3.0
15	65	7.4	0.5	3.5
30	95	6.7	0.7	4.2
30	125	6.1	0.6	4.8
30	155	5.6/9.0	0.5	5.3
30	185	8.5	0.5	5.8

TABELA 23 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 04

Data: 23/12/92

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	9.1	0	0
1	1	9.0	0.1	0.1
2	3	8.8	0.2	0.3
2	5	8.7	0.1	0.4
5	10	8.5	0.2	0.6
5	15	8.4	0.1	0.7
10	25	8.1	0.3	1.0
10	35	7.8	0.3	1.3
15	50	7.3	0.5	1.8
15	65	6.9	0.4	2.2
30	95	6.1	0.8	3.0
30	125	5.4/8.9	0.7	3.7
30	155	8.3	0.6	4.3
30	185	7.7	0.6	4.9

TABELA 24 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 05

Data: 23/12/92

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulada (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	10	0	0
1	1	9.8	0.2	0.2
2	3	9.7	0.1	0.3
2	5	9.6	0.1	0.4
5	10	9.5	0.1	0.5
5	15	9.4	0.1	0.6
10	25	9.2	0.2	0.8
10	35	9.0	0.2	1.0
15	50	8.8	0.2	1.2
15	65	8.6	0.2	1.4
30	95	8.2	0.4	1.8
30	125	7.9	0.3	2.1
30	155	7.6	0.3	2.4
30	185	7.3	0.3	2.7

TABELA 25 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 06

Data: 23/12/92

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	9.0	0	0
1	1	8.9	0.1	0.1
2	3	8.9	--	0.1
2	5	8.9	--	0.1
5	10	8.9	--	0.1
5	15	8.8	0.1	0.2
10	25	8.8	--	0.2
10	35	8.8	--	0.2
15	50	8.8	--	0.2
15	65	8.8	--	0.2
30	95	8.8	--	0.2
30	125	8.7	0.1	0.3
30	155	8.7	--	0.3
30	185	8.6	0.1	0.4

TABELA 26 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 07

Data: 05/01/93

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	8.6	0	0
1	1	8.5	0.1	0.1
2	3	8.4	0.1	0.2
2	5	8.3	0.1	0.3
5	10	8.3	--	0.3
5	15	8.2	0.1	0.4
10	25	8.2	--	0.4
10	35	8.1	0.1	0.5
15	50	8.0	0.1	0.6
15	65	7.9	0.1	0.7
30	95	7.8	0.1	0.8
30	125	7.7	0.1	0.9

TABELA 27 - Teste de Infiltração realizado com o cilindro
infiltrômetro.

Teste Nº.: 08

Data: 05/01/93

Local: FEVC

Tempo instant. (min)	Tempo acumulado (min)	Leitura (cm)	Lâmina instant. (cm)	Lâmina acumulada (cm)
0	0	11	0	0
1	1	10.2	0.8	0.8
2	3	9.9	0.3	1.1
2	5	9.7	0.2	1.3
5	10	9.4	0.3	1.6
5	15	9.2	0.2	1.8
10	25	8.9	0.3	2.1
10	35	8.6	0.3	2.4
15	50	8.3	0.3	2.7
15	65	8.0/10.1	0.3	3.0
30	95	9.7	0.4	3.4
30	125	9.3	0.4	3.8
30	155	9.0	0.3	4.1
30	185	8.7	0.3	4.4