

JOANA D'ARC FREIRE DE MEDEIROS

DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO MICROASPELADOR ED₂, EM SOLO
COM BARREIRA IMPERMEÁVEL NO PERFIL

Dissertação apresentada ao Curso de
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL da Uni
versidade Federal da Paraíba em
cumprimento às exigências para ob
tenção do grau de Mestre em Ciên
cias (M.Sc.)

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO : RECURSOS HÍDRICOS/SUB-ÁREA: IRRIGAÇÃO
ORIENTADOR : RICARDO AUGUSTO LOPES BRITO (EMBRAPA)
CO-ORIENTADOR : HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO (UFPB)
FRANCISCO MONTE ALVERNE DE SALES
SAMPAIO (UFPB)

CAMPINA GRANDE-PB
JUNHO / 1987



M488d Medeiros, Joana D'Arc Freire de
Distribuicao de agua do microaspersor ED2, em solo com
barreira impermeavel no perfil / Joana D'Arc Freire de
Medeiros. - Campina Grande, 1987.
129 p.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Irrigacao por Aspersao 2. Recursos Hidricos 3.
Irrigacao - Semi-Arido 4. Dissertacao I. Brito, Ricardo
Augusto Lopes, Dr. II. Azevedo, Hamilton Medeiros de, Dr.
III. Sampaio, Francisco Monte Alverne de Sales, Dr. IV.
Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) V.
Titulo


CDU 631.674.5(043)

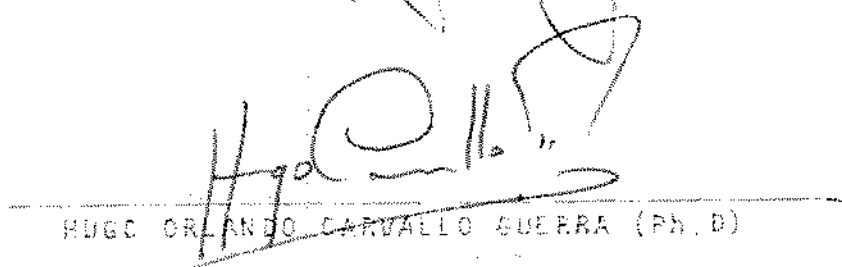
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO MICROASPERSOR ED₂, EM SOLO COM
BARREIRA IMPERMEÁVEL NO PERFIL

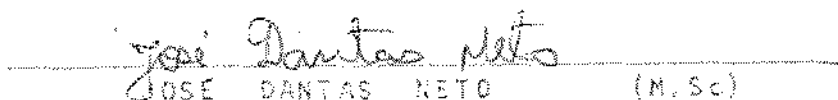
POR

JOANA D'ARC FREIRE DE MEDEIROS

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19 / 06 / 87


RICARDO AUGUSTO LOPES BRITO (Ph.D)


HUGO ORLANDO CARVALHO GUERRA (Ph.D)


JOSE DANTAS NETO (M.Sc)

CAMPINA GRANDE - PB

JUNHO / 1987

HOMENAGENS

A meu irmão HAZENCLEVE e a minha cunhada VERA, sem cujo apoio não teria sido possível a realização deste curso.

DEDICAÇÃO

A meu pai MÁRIO e a minha mãe MOSINHA, pelo esforço despendido em benefício do progresso intelectual e moral de seus filhos.

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. RICARDO AUGUSTO LOPES BRITO, que orientou este trabalho de forma objetiva, dedicada e sobretudo amigável.
- Aos Professores HAMILTON MEDEIROS DE AZEVEDO e FRANCISCO MONTE ALVERNE DE SALES SAMPAIO, por suas valiosas contribuições na co-orientação deste trabalho.
- Ao Sr. JOÃO ARSENIO DA SILVA, por colocar à disposição seu sítio para o desenvolvimento deste trabalho no campo.
- Ao Instituto Agrônomo Augusto Trindade - IAGAT, nas pessoas de JOSÉ ANTUNES DE OLIVEIRA e VITAL PEDRO DA SILVA PAZ.
- Aos Srs. EDILSON GUEDES DA COSTA e FRANCISCO ASSIS FILHO, pelo apoio durante a fase de coleta de dados no campo.
- Aos Professores JOSÉ DANTAS NETO e FRANCISCO QUEIROGA DE OLIVEIRA, pelo apoio dado junto ao Laboratório de Engenharia de Irrigação/UFPB.
- Ao CNPq/BID pelo apoio financeiro.
- À Empresa de pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN, por ter sediado este trabalho na sua fase final.

- À CELSO OGASSAWARA, RICARDO NÓBREGA PEDROSA e GILMA ESPERANZA MONTERO TORRES, pela valiosa ajuda e presença amiga em todos os momentos.
- A todos os funcionários do Laboratório de Engenharia de Irrigação (DEAg/UFPb) pelo incentivo sempre presente.
- Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo apoio.
- A WASHINGTON FRANKLIN PEDREIRA DA SILVA (DEC/UFPb) e DEMOSTENES CARDOSO TAVEIRA NETO (DEAg/UFPb) pelos trabalhos de datilografia e desenho.
- E enfim, a todos os professores, amigos e pessoas que contribuíram das mais variadas maneiras para a efetivação deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal determinar alguns parâmetros de um microaspersor fixo, com distribuição sectorial (ED₂), em campo, tais como área superficial molhada, conformação do bulbo úmido e sua distribuição no perfil do solo, volume infiltrado e eficiência de aplicação.

Os trabalhos de campo foram conduzidos em um Regosol Eutrófico com Fragipan, no Sítio Prensa, no município de Souza, Estado da Paraíba.

Os testes consistiram na aplicação de três volumes d'água calculados para elevar a umidade do solo ao nível de capacidade de campo, até as profundidades de 25,50 e 75cm (tratamentos A, B e C, respectivamente).

A área superficial molhada pelo microaspersor ED₂ foi 11,89; 12,79 e 13,43 m², nos respectivos tratamentos A, B e C.

A análise dos teores de umidade do solo após a irrigação mostrou que, nos tratamentos A, B e C, o bulbo efetivo alcançou as profundidades médias de 8, 12 e 19cm, e a frente de umedecimento as profundidades médias de 31, 40 e 48cm, respectivamente.

A eficiência de aplicação média foi de 80,27%. Enquanto que, a eficiência de armazenamento foi de 65,71; 50,51 e 41,15% para os tratamentos A, B e C. O tratamento A apresen

tou melhor eficiência de aplicação e o tratamento B melhor distribuição da lâmina aplicada.

A presença de uma barreira pouco permeável a aproximadamente 22 cm de profundidade dificultou o movimento da água, impedindo assim que o bulbo descesse.

O microaspersor ED₂ mostrou-se muito sensível ao efeito de vento, mesmo amenos (1,13 a 2,87 m/s).

SUMMARY

This study was carried out with the main objective of determining some parameters of a fixed micro-sprinkler with sectorial distribution, named ED₂, under field conditions, such as surface wetted area, wet bulb pattern within the soil profile, infiltrated volume, and application efficiency. The field work was conducted in an Eutrophic Regosol with Fragipan soil, at "Sitio Prensa", in Souza city, Paraíba, Brazil.

Tests were made, consisting in applying three pre-calculated volumes of water to raise soil moisture to field capacity level down to the depths of 25, 50, and 75cm (treatments A, B and C).

The surface area wetted by the micro-sprinkler were 11.89, 12.79 and 13.43 m² in the respective treatments A, B, C. The analysis of water contents in the soil, after irrigation, showed that the effective wet bulb reached an average depth of 8, 12 and 19cm, and the wetting front reached 31, 40 and 48cm, for treatments A, B and C, respectively.

Application efficiency had an average of 80.27 percent whereas storage efficiency was 65.71, 50.51, and 41.15 percent for treatments A, B and C. Treatment A presented the best efficiency of application, and treatment B the best distribution of applied water depth.

The presence of a layer with low permeability at approximately

22cm in the soil profile made it difficult for the wet bulb to drop further. And the micro-sprinkler was found very sensitive to the effect of winds, even light ones (1,13 to 2,87 m/s).

I N D I C E

	Página
CAPÍTULO I	
1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II	
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	3
2.1.1 - Características da Irrigação Localizada.	3
2.1.2 - Vantagens e Desvantagens da Irrigação Localizada	4
2.2 - IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO.	8
2.3 - MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO	9
2.3.1 - Aplicação na Irrigação	12
2.3.1.1 - Infiltração.	13
2.3.1.2 - Redistribuição Interna	16
2.3.2 - Aplicação à Irrigação Localizada	17
2.4 - PADRÃO DE UMEDECIMENTO EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	19
2.4.1 - Frente Úmida para Emissores Pontuais	21
2.4.2 - Frente Úmida para Fonte Linear	23
2.4.3 - Aplicação a Problemas de Projeto	25

2.5 - VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO	26
2.6 - EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO.	27
2.6.1 - Fatores que Afetam a Eficiência de Irrigação	31
2.6.2 - Eficiência em Irrigação Localizada	32
2.6.3 - Coeficiente de Uniformidade de Irrigação	33
CAPÍTULO III	
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 - LOCALIZAÇÃO DO TRABALHO	37
3.2 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO	37
3.3 - CARACTERÍSTICAS DO EMISSOR	39
3.4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.	40
3.5 - TRATAMENTOS APLICADOS	46
3.6 - CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	47
3.6.1 - Determinação da Umidade Inicial do Solo	47
3.6.2 - Cálculo do Volume de Água a Ser Aplicado	48
3.6.3 - Cálculo do Tempo de Irrigação	49

3.6.1	Aferição da Pressão e da Vazão do Emissor	49
3.6.2	Irrigação	50
3.6.3	Velocidade e Direção do Vento.	50
3.6.4	Retirada das Amostras.	51
3.7	- SUPERFÍCIE MOLHADA	51
3.8	- ANÁLISE DOS RESULTADOS.	51
3.8.1	- Distribuição da Água no Solo	52
3.8.2	- Volume de Água Infiltrada.	52
3.8.3	- Eficiência de Aplicação	53
CAPÍTULO IV		
4	- RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1	- CARACTERÍSTICAS DO SOLO.	55
4.1.1	- Distribuição das Partículas.	55
4.1.2	- Densidade Global	58
4.1.3	- Constantes Hídricas	60
4.1.4	- Curva de Retenção de Umidade.	60
4.1.5	- Velocidade de Infiltração.	64
4.2	- UMIDADE INICIAL DO SOLO.	64
4.3	- VOLUME DE ÁGUA APLICADO.	67

	Página
4.4 - VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO	67
4.5 - SUPERFÍCIE MOLHADA	70
4.6 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO SOLO	77
4.7 - VOLUME DE ÁGUA INFILTRADO	85
4.8 - EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO.	91
4.9 - ANÁLISE DAS LIMITAÇÕES DO BULBO EFETIVO . . .	92

CAPÍTULO V

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.	95
BIBLIOGRAFIA	97
ANEXO I	102
ANEXO II	106

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A região Semi-Árida do Nordeste, totalizando cerca de 850.000 Km², com uma densidade demográfica de 14 hab/Km², representa 52% da superfície do Nordeste. Esta região caracteriza-se por apresentar altos índices de evaporação e precipitações escassas e irregulares, resultando numa situação de déficit hídrico.

Nas regiões Semi-Áridas, onde a água é fator limitante ao desenvolvimento das culturas, BERNARDO (1986) recomenda que as irrigações sejam planejadas em termos de máxima produção por unidade de água aplicada. Neste sentido, o método de irrigação localizada vem despertando grande interesse, pois compatibiliza economia de água com aumento na produção das culturas.

A irrigação localizada compreende vários sistemas, tais como: gotejamento, microaspersão, tubos perfurados, cápsulas porosas e potes.

A microaspersão que, segundo o USA/SOIL CONSERVATION SERVICE (1978), é a aplicação de água por um pequeno jato ou neblina à superfície do solo, onde o ar se torna o principal instrumento na distribuição da água, vem-se apresentando bastante viável no Nordeste, principalmente na irrigação de fruteiras e hortaliças.

No entanto, o Nordeste encontra-se ainda muito dependente de equipamentos importados do exterior e/ou de outras regiões

do país, os quais são muitas vezes incompatíveis com a realidade sócio-econômica da região.

Levando em conta todos estes fatores, o Laboratório de Engenharia de Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, desenvolveu e testou o microaspersor denominado ED2.

Este microaspersor apresentou boas características hidráulicas quando testado em laboratório. No entanto, para que seja possível sua comercialização e posterior emprego em projetos de irrigação, faz-se necessário dar continuidade à pesquisa iniciada por REGO (1985). Assim, decidiu-se desenvolver um trabalho com o intuito de determinar alguns parâmetros deste microaspersor em campo, tais como área superficial molhada, conformação do bulbo úmido e sua distribuição no perfil do solo, volume infiltrado e eficiência de aplicação. Estes parâmetros são de suma importância na elaboração de projetos e manejo adequado do sistema.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Irrigação localizada é a lenta aplicação d'água na ou abaixo da superfície do solo, na forma de pequenas gotas, gotas contínuas, jatos delgados, ou pequenos borrifos, através de emissores ou aplicadores localizados em pontos selecionados ao longo da linha de distribuição de água (USA - Soil Conservation Service, 1978).

A irrigação localizada, como outros métodos de irrigação, não é apropriada para toda cultura, situação específica, ou objetivo. Assim, irrigação localizada tem maior potencial onde: (1) a água é escassa ou cara; (2) os solos são arenosos, rochosos, ou difíceis de nivelar; (3) culturas de alto valor são produzidas (BUCKS *et al*, 1982).

2.1.1 - Características da Irrigação Localizada

A irrigação localizada, segundo ABREU *et al* (1983), caracteriza-se por:

- a) Não molhar, em geral, a totalidade da área cultivada;
- b) Utilizar pequenas vazões e baixas pressões (geralmente variando de 2 a 30mca);

c) Aplicar a água na proximidade da planta, através de um número variável de pontos de emissão, que em alguns casos (gotejamento) pode ser alto;

d) Operar com a frequência necessária para manter um alto conteúdo de umidade, normalmente em torno da capacidade de campo, num volume de solo molhado denominado bulbo úmido.

A região umedecida (bulbo) é bem menor que quando se irriga com outros métodos, como aspersão e sulco. Halevy *et al* (1972), citados por SILVA & DUARTE (1980), desenvolveram pesquisas que revelam um desenvolvimento denso do sistema radicular nos limites do volume de solo úmido e uma grande atividade de absorção de água, concluindo que o umedecimento restrito não inibe o desenvolvimento das raízes, uma vez que o sistema radicular se concentra na região umedecida, desenvolvendo-se plenamente.

2.1.2 - Vantagens e Desvantagens da Irrigação Localizada.

Cada método de irrigação tem possíveis vantagens e limitações com respeito a fatores técnicos, econômicos e de produção.

Vários autores (KELLER & KARMELI, 1975; USA-Soil Conservation Service, 1978; NIR, 1982; BUCKS *et al*, 1982) têm listado as principais vantagens potenciais da irrigação localizada, comparada com outros métodos:

a) Eficiência no uso da água.

Os sistemas de irrigação localizada podem suprir as necessidades de uma determinada cultura com significativamente

menos água que a requerida por outros métodos de irrigação. Isso ocorre devido a aplicação localizada da água, que diminui acentuadamente as perdas por evaporação, escoamento superficial e percolação profunda, economizando cerca de 15 a 20% de água com relação ao método por aspersão.

b) Altos níveis de umidade no solo.

Em consequência da alta frequência de irrigação, permite flutuações mínimas no conteúdo de umidade do solo, mantendo uma condição de umidade, no sistema, próximo a capacidade de campo, resultando numa baixa tensão da água no solo. Com isto, facilita a absorção de água e nutrientes pela planta, sem causar deficiência de aeração. Esta condição de umidade reduz o perigo de salinização, em consequência da maior diluição dos sais na água do solo, tornando possível o uso de águas mais salinas que as usadas com outros métodos de irrigação.

c) Desenvolvimento limitado de ervas daninhas.

A infestação de erva daninha pode ser reduzida sob irrigação localizada porque só uma fração da superfície do solo é umedecida.

d) Aplicação de fertilizantes e outros produtos químicos.

A aplicação de fertilizantes pode, e deve, ser feita através da água de irrigação, tornando possível um suprimento constante de nutrientes, regulado na taxa e composição de acordo com a necessidade da cultura, com reduzida flutuação na disponibilidade e baixas perdas.

e) Facilidades de automação.

Os sistemas de irrigação localizadas podem ser facilmente automatizados onde a mão-de-obra é cara e/ou limitada. Além da economia obtida pela automação do sistema, os custos dos tratos culturais diminuem pelo fato dos mesmos poderem ser conduzidos enquanto as plantas estão sendo irrigadas. E fertilizantes, herbicidas, inseticidas e outros aditivos podem ser aplicados através do sistema de irrigação.

f) Diminuição no requerimento de energia.

A economia de água proporciona uma economia de energia, possibilitando a utilização de fontes não convencionais de energia, como biomassa, gasogênio, energia eólica e solar.

g) Uso em solos rochosos e de grande declividade.

Sistemas de irrigação localizada podem ser projetados para operar eficientemente em situações muito desvantajosas de solo e topografia.

Quanto às desvantagens do método, KELLER & KARMELI (1975), USA - Soil Conservation Service (1978), NIR (1982), BERNARDO (1986), e BUCKS *et al* (1982), citam as seguintes:

a) Sensibilidade a obstrução.

O principal problema na irrigação localizada é a obstrução dos emissores por materiais em suspensão (argila e silte), sais dissolvidos precipitados (principalmente carbonatos), e materiais orgânicos (incluindo raízes, organismos vivos - tais como algas e minúsculos animais - e material inerte). A obstru

ção dos emissores: pode afetar adversamente a taxa e a uniformidade da água aplicada, incrementar os custos de manutenção, e causar danos a cultura e decréscimo na produção, se o problema não for detectado e corrigido rapidamente. Para resolver este problema, todos concordam que manutenção preventiva (incluindo filtração, tratamento químico, nivelamento das linhas de irrigação, e inspeção no campo) é provavelmente a solução mais eficiente.

b) Acúmulo de sais próximos a planta.

Sempre que água com alto índice de salinidade é usada, a tendência dos sais é acumular-se na superfície do solo e próximo a periferia do volume de solo úmido. Isto constitui um perigo potencial, porque chuvas leves podem mover os sais acumulados para o interior da zona radicular e causar choque osmótico às plantas.

c) Distribuição da água no solo e desenvolvimento radicular restrito.

O pequeno volume de solo umedecido durante a irrigação localizada - comparado a outros métodos - restringe o desenvolvimento do sistema radicular, ficando as raízes dos vegetais concentradas na região delimitada pelo bulbo úmido. Quando o volume de solo úmido não é o mínimo necessário, a estabilidade das árvores frutíferas diminui, podendo as mesmas até tombarem em condições de vento intenso.

d) Limitações técnico-econômica.

Outro problema da irrigação localizada é o custo do sis

tema que, comparado com os métodos superficiais e a aspersão portátil, é geralmente mais alto. Entretanto, este custo varia consideravelmente com a cultura, dimensão dos tubos, equipamentos de filtragem, equipamentos de fertilização e nível de automação desejada. Geralmente, irrigação localizada é mais adaptada a culturas com grande espaçamento.

Além disto, o sistema é sensível ao desgaste pelo solo, pela passagem de veículos e implementos, pelos roedores e pelos pássaros. Materiais e projetos apropriados podem eliminar a maioria destes problemas.

2.2 - IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO

Irrigação por microaspersão é a aplicação de água por um pequeno jato ou neblina à superfície do solo, onde o ar se torna o meio principal na aplicação da água (USA - Soil Conservation Service, 1978).

MACHINI *et al* (1980) definem irrigação por microaspersores como sistemas que aplicam água em doses superiores a 12 l/h e inferiores a 120 l/h por ponto de emissão, e o ar é o principal responsável pela propagação da água. ABREU *et al* (1983) consideram que irrigação por microaspersores, são sistemas que aplicam água com vazão superior a 20 l/h e inferior a 120 l/h por ponto de emissão e que o emissor pode ser estacionário ou giratório.

OLITTA (1977) diz que os microaspersores compreendem uma categoria de aspersores de tamanho reduzido, do tipo esta

cionário, em que a pulverização do jato se faz através de bocais especiais abrangendo áreas pequenas e proporcionando pequenas precipitações.

Algumas características dos microaspersores são, segundo Karmeli & Smith (1977), citados por REGO (1985):

- A água atravessa o ar alguma distância antes de tocar o solo.
- Grandes áreas da superfície do solo são molhadas pelo modelo padronizado de emissão ou pelo modelo circular.
- Os emissores têm uma taxa de fluxo maior que os gotejadores.

Segundo MACHINI *et al* (1980), os microaspersores são mais indicados para solos de textura grossa, já que para se obter a mesma área molhada seria necessário um grande número de gotejadores. A Figura 1 mostra a comparação entre padrões de molhamento e áreas molhadas sob um gotejador e um microaspersor.

De acordo com o USA - Soil Conservation Service (1978), para um solo homogêneo de textura grossa, pode-se supor que a taxa de aplicação na periferia da superfície da área molhada é normalmente muito baixa, portanto o movimento lateral não pode ser muito grande. Mas solos com leve estratificação horizontal promovem um movimento lateral, o que pode aumentar o volume de solo molhado.

2.3 - MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO

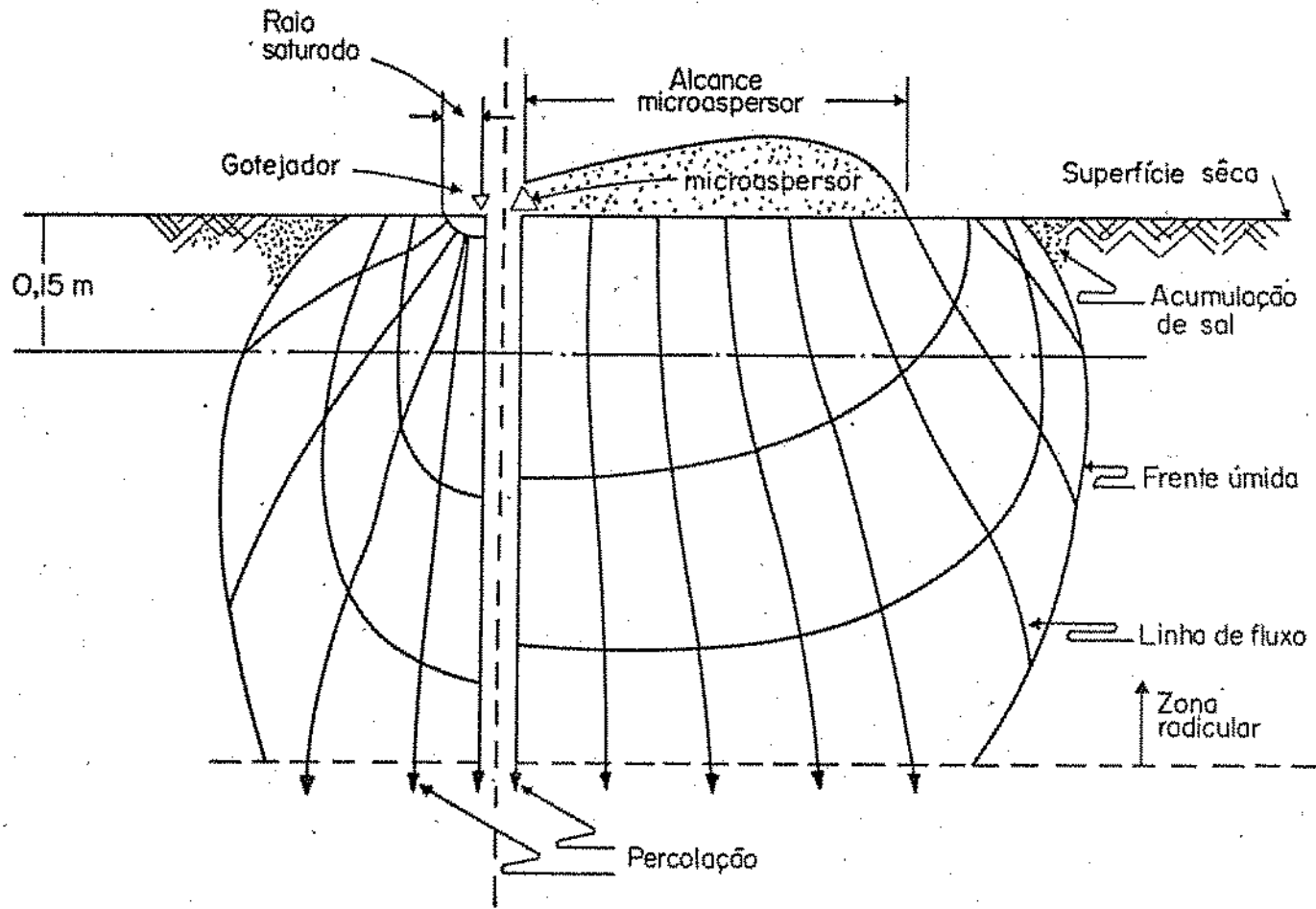


FIG. 1 - Bulbos úmidos formados em solo arenoso homogêneo por gotejador e microaspersor.

O primeiro estudo sobre o movimento da água no solo foi realizado por Henry Darcy em 1856. Nele Darcy estabelece que a água no estado líquido move-se sempre que existir diferenças de potencial hidráulico nos diferentes pontos do sistema, e que este movimento se dá no sentido do maior para o menor potencial (HILLEL, 1970). De maneira geral, a Lei de Darcy pode ser escrita na forma:

$$q = -K \frac{\Delta H}{L} \quad [1]$$

onde:

q = volume de água que flui por unidade de superfície transversal de solo e por unidade de tempo.

ΔH = diferença de potencial hidráulico entre os dois pontos em que se estuda o fluxo.

L = distância entre os pontos.

K = condutividade hidráulica.

Richards (1931), citado por HILLEL (1980), postulou que a Lei de Darcy pode ser estendida ao estado insaturado, assumindo que a condutividade hidráulica (K) pode ser tratada como uma função do potencial matricial (Ψ) ou do teor de umidade (θ), isto é, $K = K(\Psi)$ ou $K(\theta)$.

Existem algumas expressões empíricas para as relações (K vs. Ψ) ou (K vs. θ), tais como $K = a(b + \Psi)^{-1}$ ou $K = a \cdot \exp(-n\Psi)$, onde a , b , n são constantes derivadas empiricamente para um dado solo (HADAS, 1973).

A Lei de Darcy é suficiente para descrever escoamento

estável, onde o fluxo d'água é constante no tempo e no espaço. Entretanto, para escoamento instável ou transitório, onde o fluxo varia no tempo e no espaço, torna-se necessário, além da Lei de Darcy, utilizar-se a lei de conservação da massa expressa pela equação da continuidade (HILLEL, 1970).

Klute (1952), citado por ALMEIDA Jr. (1985), aplicando para meios homogêneos, a equação da continuidade na aproximação de Richards, obteve uma equação diferencial da forma:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla (K \nabla H) \quad [2]$$

onde:

$\partial \theta$ = variação do teor de umidade.

∂t = variação do tempo.

∇ = operador diferencial vetorial.

K = condutividade hidráulica usada para a situação de meios hidráulicos não saturados.

H = potencial total da água no solo.

2.3.1 - Aplicação na Irrigação

Na prática da irrigação, o movimento de água no solo pode ser classificado em três fases: (i) infiltração, na qual a água entra no solo; (ii) redistribuição, após a infiltração, normalmente terminando num quase-equilíbrio ou pouco movimento de distribuição; (iii) retirada, que é principalmente a absorção de água pelas raízes das plantas, apesar de, em certas ocasiões, a drenagem e a evaporação da superfície do solo

serem significativas (MILLER & KLUTE, 1967).

Serão abordados aqui apenas os fenômenos de infiltração e redistribuição, já que a fase de retirada da água do solo pelas plantas foge do alcance deste trabalho.

2.3.1.1 - Infiltração

Infiltração é o termo aplicado ao processo de entrada de água no solo, geralmente por um fluxo descendente, através da sua superfície. A velocidade deste processo, relacionada com a de suprimento de água, determina a quantidade de água que entra no solo e a quantidade que escorrerá sobre a superfície (HILLEL, 1980).

Alguns dos fatores que afetam a velocidade de infiltração, segundo MOMPÓ (1983), são:

- Tempo de infiltração. Quanto maior o tempo menor a velocidade de infiltração.
- Umidade inicial do solo. Solos mais secos inicialmente têm maiores velocidades de infiltração inicial.
- Condutividade hidráulica. Maior condutividade maior velocidade de infiltração.
- Condições superficiais do solo. Superfícies compactadas limitam a velocidade de infiltração.
- Presença de estrato de diferentes texturas. Tanto o estrato arenoso como o argiloso podem ser obstáculos para a infiltração.

Em geral, a velocidade de infiltração é inicialmente alta, especialmente quando o solo está seco, e vai diminuindo gradativamente até alcançar um valor praticamente constante. Neste ponto, onde a variação da velocidade de infiltração é muito pequena, ela é chamada velocidade de infiltração básica. O valor da velocidade de infiltração básica de um solo é um fator de grande importância em irrigação, pois é ele que indicará quais os métodos de irrigação possíveis de serem usados naquele solo, bem como determinará a intensidade de precipitação máxima que poderá ser permitida na irrigação por aspersão (BERNARDO, 1986).

EQUAÇÕES QUE DESCREVEM A INFILTRAÇÃO

Muitas expressões, algumas totalmente empíricas e outras baseadas teoricamente, foram desenvolvidas para descrever a dependência da velocidade de infiltração e da infiltração acumulada em relação ao tempo. Dentre elas, a mais empregada na prática é a de Kostiaikov (1932), citado por GRASSI (1972), da forma:

$$VI = aT^b \quad [3]$$

onde:

VI = velocidade de infiltração.

T = tempo de infiltração.

a = coeficiente que representa a velocidade de infiltração em T=1.

b = expoente, adimensional, sempre negativo, com valores que variam entre 0 a -1.

Integrando a equação [3], entre os limites $T=0$ e $T=T$ se obtém a infiltração acumulada:

$$I = \int_0^T VI \, dT = \int_0^T aT^b$$

$$I = AT^B \quad [4]$$

onde:

$$A = \frac{a}{b+1} \quad e \quad B = b + 1$$

AZEVEDO (1975) demonstrou que o coeficiente "A" da equação de infiltração diminui a medida que aumentou o conteúdo inicial de água no solo. Enquanto que o expoente "B" não foi afetado com o conteúdo inicial de água do solo.

PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO DE UMIDADE DURANTE A INFILTRAÇÃO.

O perfil típico da umidade do solo durante a infiltração foi descrito primeiramente por Bodman e Coleman (1944), citados por MILLER & KLUTE (1967). Nele observa-se quatro zonas distintas (Figura 2).

I - Zona de saturação: camada superficial do solo, de pequena profundidade, na qual o conteúdo de água rapidamente alcança o grau de saturação;

II - Zona de transição: região de rápido decréscimo da umidade do solo, alcançando também pequenas profundidades;

III - Zona de transmissão: nesta zona a umidade se mantém praticamente constante e é a zona que alcança maior espessura;

IV - Zona de umedecimento: o conteúdo de umidade decresce consideravelmente e esta fase termina com a frente de umedecimento que é o limite visível da penetração da água no solo.

Estudos posteriores levantaram a possibilidade da diferença que existe entre a zona de saturação e a zona de transmissão ser proveniente da instabilidade estrutural da superfície do solo (HILLEL, 1980).

2.3.1.2 - Redistribuição interna

O movimento de água dentro do perfil do solo, após a irrigação, persiste as vezes por muito tempo, e é denominado drenagem interna ou redistribuição. A importância deste movimento é evidente porque a velocidade e a duração do mesmo determinam a capacidade efetiva de armazenamento do solo, propriedade esta de vital importância na economia de água para as plantas (REICHARDT, 1985).

HILLEL (1980) estabeleceu que o movimento de água no perfil do solo, após a irrigação, na presença do lençol freático ou em perfis totalmente saturados, é denominado drenagem interna; e que o termo redistribuição é dado ao movimento que ocorre sem a presença do lençol freático.

MOMPÓ (1983), analisando o processo de redistribuição em perfis de solo úmido e não úmido, afirma que, para

perfis úmidos, os solos arenosos perdem água mais rapidamente no início que os solos franco e argiloso (na faixa de 2 vezes o franco e 5 vezes o argiloso, no fim de 2 dias), e que a re distribuição é afetada pela presença de estratos menos permeáveis. No caso de perfis não úmidos, a velocidade de redistribuição depende além das propriedades hidráulicas do solo, da profundidade da camada molhada pela infiltração e do teor de umidade das camadas mais profundas, sendo mais rápida no caso de camadas inicialmente molhada em pouca profundidade, com parte inferior bem seca, e mais lenta no caso de camada inicialmente molhada em maior profundidade, com parte inferior bem úmida. A Figura 3 mostra um perfil de umidade do solo durante o processo de redistribuição, logo após a irrigação.

Segundo HILLEL (1970), o processo de redistribuição decresce com o tempo, por duas razões:

a) Os gradientes de potencial existentes entre a zona úmida e a zona seca diminuem, na medida em que a umidade da primeira diminui e a da segunda aumenta;

b) Na medida em que a zona úmida sofre drenagem e sua umidade diminui, sua condutividade hidráulica diminui proporcionalmente. Como consequência da redução simultânea do gradiente e da condutividade, o fluxo decresce rapidamente.

2.3.2 - Aplicação à Irrigação Localizada.

A equação fundamental do fluxo de água, no solo não saturado (Eq. 2), pode ser aplicada para o movimento tridimensional que ocorre na irrigação localizada. Além disto, é possível

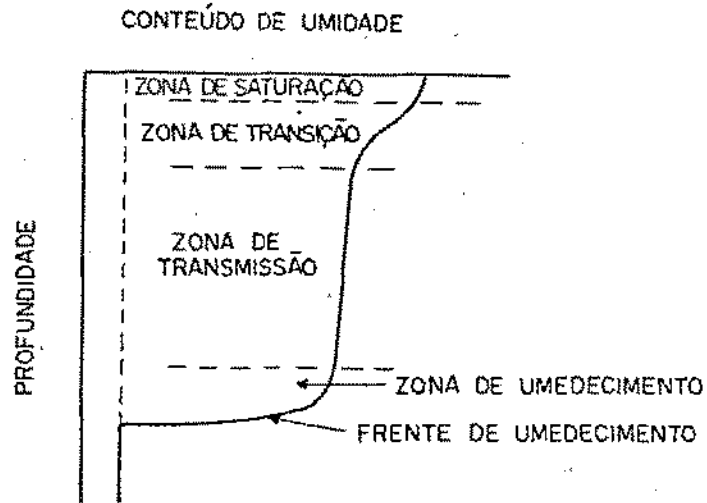


FIG. 2 - Zonas de infiltração delimitadas por Bodman e Coleman, 1944.

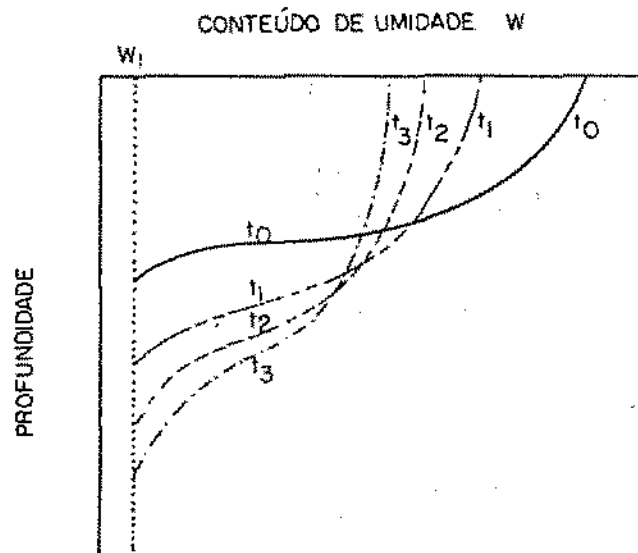


FIG. 3 - Perfil de umidade num solo de textura média durante o processo de redistribuição, em seguida a uma irrigação.

vel se adicionar um termo que considera a extração de água pelas raízes (MOMPO, 1983). A equação geral é da seguinte forma:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \nabla [K \nabla H] - S \quad [5]$$

onde S é a velocidade de absorção de água pelas raízes.

Segundo BUCKS *et al* (1982), o modelo matemático do fluxo de água no solo, na irrigação localizada, reduz-se à solução da Equação [5], sujeita a determinadas condições iniciais e de contorno. Estas condições são:

- a) as propriedades hidráulicas do solo;
- b) as condições iniciais;
- c) as condições de contorno;
- d) o modelo de absorção de água pelas raízes.

A solução desta equação não é simples, pois, na prática, os dados de entrada são muito difíceis de obter e, a quantidade e qualidade desses dados afetam a segurança dos resultados.

2.4 - PADRÃO DE UMEDECIMENTO EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Segundo MACHINI *et al* (1980), os maiores fracassos nos sistemas de irrigação localizada se apresentam quando se desconhece o comportamento específico do solo. O bulbo úmido que se forma a partir de um ponto de emissão, terá forma e tamanho diretamente influenciados pelas características do solo,

o volume de água aplicado de cada vez e a evapotranspiração da cultura.

Na irrigação localizada, a água entra no perfil do solo sob diversas formas: de um emissor pontual, linear, em círculo ou em faixa. A Figura 4 mostra algumas conformações típicas de aplicação de água em irrigação localizada (BUCKS *et al*, 1982).

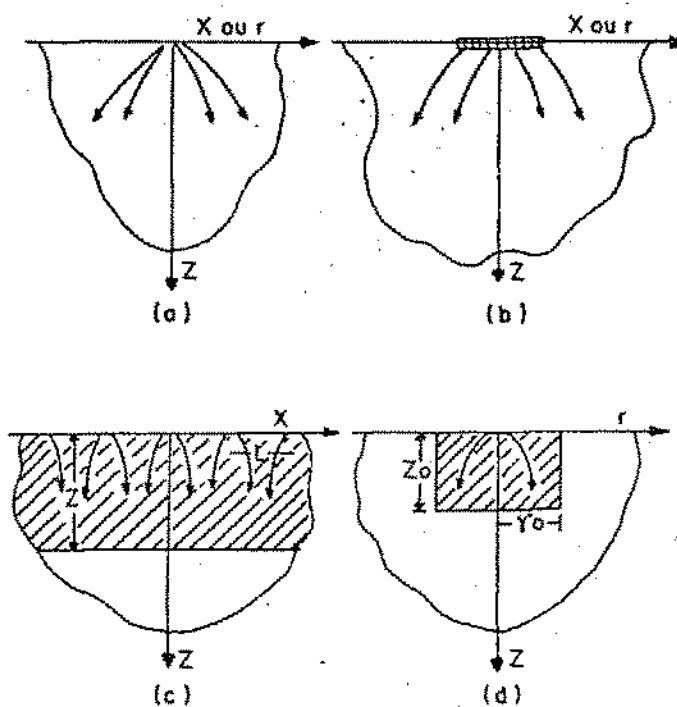


FIG. 4 - Quatro tipos comuns de geometria de fluxo na irrigação localizada: (a) emissor pontual ou linear; (b) emissor circular; (c) emissor linear bi-dimensional com retirada d'água numa zona radicular finita; (d) emissor pontual tri-dimensional com retirada d'água cilíndrica.

2.4.1 - Frente Úmida para Emissores Pontuais

BRESLER (1978), utilizando a solução diferencial finita apresentada por Brandt *et al* (1971) e Bresler (1975), para o caso bi e tri-dimensional, calculou a posição da "frente úmida" como uma função das coordenadas espaciais (r, z) e do volume total de água infiltrado. Os dados obtidos por eles (Figura 5) demonstraram que a vazão do emissor e as propriedades hidráulicas do solo têm um notável efeito na forma do bulbo úmido. Aumentando a vazão e decrescendo a condutividade hidráulica saturada, a componente horizontal do bulbo úmido cresce e a componente vertical diminui.

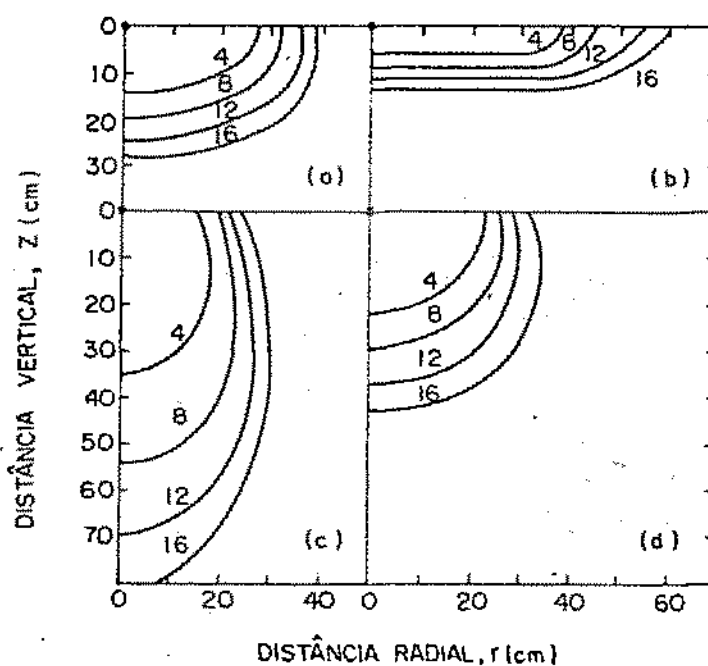


FIG. 5 - Posição da frente de umedecimento como uma função do tempo de infiltração para dois tipos de solos e volume total infiltrado em litros (os números próximos as linhas).

LEVIN *et al* (1979) determinaram o padrão de distribuição quantitativa da água no solo, sob diversos tratamentos, utilizando o modelo matemático apresentado por Bresler (1975). Depois compararam os dados obtidos, com medições realizadas em laboratório e em condições de campo. Os resultados mostraram uma boa aproximação entre os dados teóricos e os experimentais. Analisando estes resultados, os autores concluíram que: os tratamentos com vazões menores retiveram mais água na camada de 0-60cm de profundidade que os tratamentos de vazões maiores, para o solo estudado; o deslocamento horizontal da água, logo após a irrigação, foi menor no caso de vazões menores. Porém, esta diferença foi praticamente eliminada após um período de redistribuição de 12 horas.

KAUL & MICHAEL determinaram o avanço da frente de umedecimento a partir de uma fonte pontual, num solo arenoso, profundo e bem drenado, para 09 (nove) combinações de vazão e volume total aplicado, e concluíram que o padrão de umedecimento resultante de uma aplicação pontual é da forma semi-elíptica, e o avanço horizontal e vertical da frente de umedecimento versus tempo pode ser descrito pelas seguintes equações:

$$bH_a^2 + b_1T^2 + b_2T + C = 0 \quad [6]$$

onde:

H_a = avanço horizontal

T = tempo

b , b_1 , b_2 e C são constantes.

$$V_a = bT^{b_1}$$

[7]

onde:

V_a = avanço vertical

T = tempo

b e b_1 são constantes.

KAUL & MICHAEL observaram ainda que a taxa de avanço da frente de umedecimento na direção vertical é maior que na direção horizontal, e que ambas decrescem com o tempo. Verificaram também que o espalhamento da frente de umedecimento no solo, na aplicação pontual, é uma função da vazão de aplicação, mas que, no entanto, o volume de solo umedecido é função do volume total aplicado de água, que é independente da vazão.

LOCKINGTON *et al* (1984) apresentam uma fórmula geral que determina a posição da frente saturada e da frente úmida. Esta fórmula foi desenvolvida, utilizando a técnica apresentada por Parlange (1979). Comparando a fórmula com uma solução numérica exata, LOCKINGTON *et al* (1984) encontraram uma boa aproximação no caso de fluxo aproximadamente constante.

2.4.2 - Frente Úmida para Fonte Linear

HACHUM *et al* (1976) estudaram o movimento e a distribuição da água em dois tipos de solo (argilo-siltoso e areno-argiloso) sob várias taxas de aplicação de água, para uma fonte linear localizada e concluíram que: (1) Num solo areno-argiloso,

o movimento horizontal da água durante a irrigação decai com o tempo e tende a aproximar-se de um limite (Figura 6), enquanto que, para um solo argilo-siltoso, o movimento da água é igual nas duas direções (Figura 7); (2) Para o mesmo volume d'água aplicado, um incremento na taxa de aplicação provoca um acréscimo no avanço horizontal e um decréscimo no avanço vertical; (3) O padrão de umedecimento de uma fonte linear aproxima-se de uma semi-elipse, do ponto de vista prático; (4) Após a irrigação, o movimento de água em solos de textura fina é limitado, e em solos de textura grossa o movimento vertical pode ser significativo.

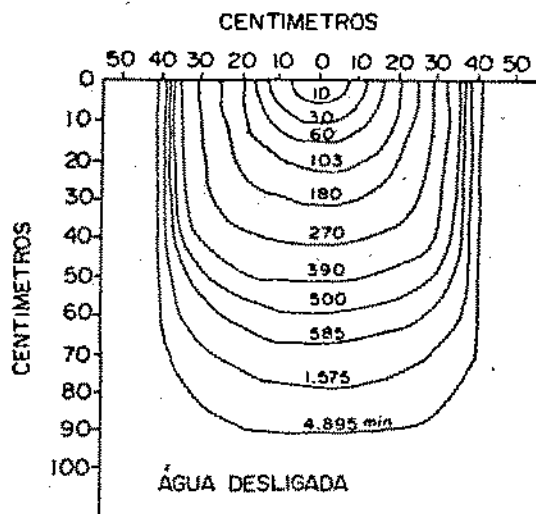


FIG. 6 - Avanço da frente úmida com o tempo para um solo areno-argiloso.

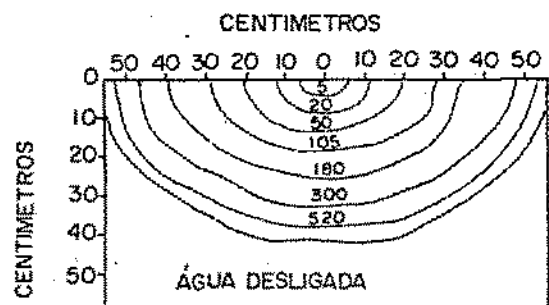


FIG. 7 - Avanço da frente úmida com o tempo num solo argilo-siltoso.

2.4.3 - Aplicação a Problemas de Projeto

Um projeto de irrigação localizada envolve a determinação da vazão e espaçamento dos emissores, tanto quanto do diâmetro e o comprimento da lateral, para um determinado solo, cultura e outras condições de campo. KAUL & MICHAEL lembram que a otimização destes parâmetros está diretamente relacionada com a hidráulica da frente de umedecimento, o desenvolvimento da cultura a ser irrigada, e sua tolerância ao encharcamento.

BRESLER (1978) calculou o espaçamento entre emissores pontuais, em função da vazão e da pressão desejada entre emissores, para dois tipos de solos. O autor observou (Figura 8) que os maiores espaçamentos eram obtidos em solos com pequenos valores de condutividade hidráulica e em culturas pouco sensíveis ao déficit hídrico e que, em solos com grandes valores de condutividade hidráulica e culturas sensíveis ao déficit hídrico, os espaçamentos eram menores. Observou também que o espaçamento entre emissores pode crescer com o aumento da vazão.

HACHUM *et al* (1976), utilizando resultados obtidos de distribuição de umidade no solo, a partir de uma fonte linear, apresentam um método para estimar alguns parâmetros envolvidos no projeto de sistemas de irrigação localizada, tais como: duração da irrigação, taxa de aplicação de água e espaçamento entre linhas.

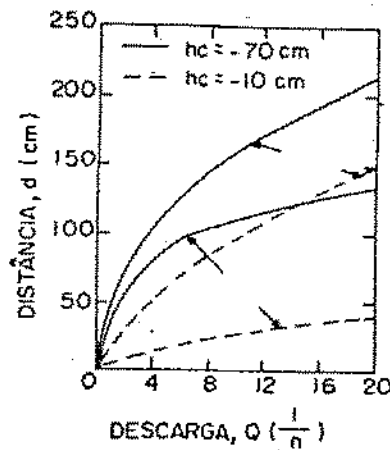


FIG.8 - Distância entre emissores como uma função da vazão para os dois tipos de solo das figuras 6 e 7.

2.5 - VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO.

A aplicação prática das propriedades básicas da física do solo à irrigação depende da variabilidade espacial das propriedades físico-hídricas do solo no campo (MOMPÓ, 1982).

NIELSEN *et al* (1973), estudando a variação espacial das propriedades físico-hídricas do solo, numa área considerada uniforme, verificou que os valores de condutividade hidráulica tiveram grande variação, enquanto os valores de textura, densidade global e umidade tiveram uma variação menor. Isto levou-os a dizer que as predições sobre uma grande área, a partir de um só ponto, pode variar de boa a insatisfatória, dependendo do rigor na predição do parâmetro de interesse. Neste estudo, os autores observaram ainda que as variações no conteúdo de água têm distribuição normal e as variações na condutividade hidráulica e na difusividade têm distribuição log-normal; e que as

medições de laboratório mais importantes, para prever o comportamento da água no solo, são a curva característica e o valor da condutividade hidráulica saturada.

RUSSO & BRESLER (1981), considerando que as propriedades hidráulicas do solo têm uma certa disposição espacial no campo, propõem que os parâmetros hidráulicos do solo sejam caracterizados estatisticamente por uma função de densidade de probabilidade (normal ou log-normal) independente da posição espacial, e por uma função de autocorrelação, que depende só da dimensão do vetor que separa a distância entre dois pontos no campo.

WARRICK & NIELSEN (1980) agrupam os parâmetros físico-hídricos do solo, de acordo com sua variabilidade relativa, expressa pelo coeficiente de variação (CV), em três classes: baixa, média e alta. Na classe baixa estão a densidade global e a porosidade, com CV variando entre 7 e 10%; a classe média, composta pela granulometria e curva de retenção de umidade, tem CV de 10 a 100%; e os parâmetros que compõem a classe alta, com CV acima de 100%, são a condutividade hidráulica saturada e não saturada, o coeficiente de difusão aparente, a velocidade do fluxo d'água no solo, a condutividade elétrica e o fator de escala.

2.6 - EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO

Estimar a eficiência de irrigação é uma das mais importantes e difíceis decisões para os que atualmente planejam pro

jetos de irrigação.

Segundo ISRAELSEN & HANSEN (1965), a eficiência de irrigação está relacionada com o custo e qualidade do trabalho, facilidade de manipulação da água, cultivos irrigados e características do solo.

Em todo sistema de irrigação, produzem-se perdas e desperdícios de água que devem ser considerados, a fim de determinar a viabilidade técnica, econômica e social do projeto. A eficiência de uso da água de um projeto de irrigação, depende não só das condições edafo-climáticas da área, construção e operação da obra, mas de fatores de ordem agrícola, econômica, social, legal e institucional (GRASSI, 1968).

DAKER (1984) define eficiência de irrigação como sendo a relação entre o volume de água evapotranspirado e o volume desviado da fonte de suprimento, ou seja:

$$E_i = \frac{V_{et}}{V_d} \quad [8]$$

Onde:

E_i = eficiência de irrigação.

V_{et} = volume d'água evapotranspirado.

V_d = volume d'água desviado da fonte de suprimento.

Esta definição de eficiência de irrigação está relacionada com as perdas d'água que ocorrem num sistema de irrigação de modo global. Entretanto, em alguns casos, é necessário avaliar a eficiência em alguns trechos específicos do sistema. Assim, JENSEN *et al* (1967) define eficiência de acumulação, efi

ciência de transporte, e eficiência de aplicação.

A eficiência de acumulação está relacionada com as perdas d'água no reservatório de água para irrigação, e é obtida pela expressão:

$$E_{ac} = \frac{V_{ac}}{V_d} \times 100 \quad [9]$$

Onde:

E_{ac} = eficiência de acumulação.

V_{ac} = volume d'água acumulado para irrigação.

V_d = volume d'água desviado da acumulação.

Eficiência de transporte está relacionada com as perdas d'água que ocorrem no transporte de água do reservatório para a área a ser irrigada, ou seja:

$$E_t = \frac{V_{ap}}{V_t} \times 100 \quad [10]$$

Onde:

E_t = eficiência de transporte.

V_{ap} = volume d'água aplicado.

V_t = volume d'água transportado.

A eficiência de aplicação é definida como a relação entre o volume d'água usado na evapotranspiração (V_{et}), numa determinada área, mais o volume necessário para manter níveis favoráveis de sais no solo (V_t), menos a precipitação efetiva

(P_e) e o volume d'água aplicado na mesma área (V_{ap}):

$$E_{ap} = \frac{V_{et} + V_t - P_e}{V_{ap}} \times 100 \quad [11]$$

GUROVICH (1979), considerando que apenas a eficiência de aplicação não era suficiente para indicar uma boa irrigação, propôs, para avaliar o uso de água a nível de parcela, o conceito de eficiência de uso da água, que é a interação da eficiência de aplicação com duas outras eficiências: a de armazenamento e a de distribuição, conforme a expressão:

$$E_u = E_{ap} \times E_{ar} \times E_d \quad [12]$$

Onde:

E_u = eficiência do uso da água

E_{ap} = eficiência de aplicação

E_{ar} = eficiência de armazenamento

E_d = eficiência de distribuição.

A eficiência de armazenamento (E_{ar}) é a relação entre a água armazenada no perfil do solo para efeito de irrigação, e a água necessária para elevar a umidade deste mesmo perfil de seu valor inicial ao nível de capacidade de campo, isto é:

$$E_{ar} = \frac{V_{ar}}{V_{cc}} \times 100 \quad [13]$$

Onde:

V_{ar} = volume armazenado no perfil do solo.

V_{cc} = volume necessário para elevar a umidade do solo de seu valor inicial ao nível de capacidade de campo.

A eficiência de distribuição (E_d) é a relação entre a profundidade média alcançada pela água no perfil do solo durante a irrigação, e o desvio da média de um número específico de amostra:

$$E_d = \left(1,0 - \frac{\sum |x|}{n \cdot m}\right) \times 100 \quad [14]$$

Onde:

$\sum |x|$ = soma dos valores absolutos dos desvios das observações individuais, com respeito a profundidade média.

m = profundidade média

n = número de observações.

2.6.1 - Fatores que Afetam a Eficiência de Irrigação

Segundo GUROVICH (1979), a eficiência com que os agricultores aplicam a água de irrigação ao solo, depende de dois fatores fundamentais: a) o manejo da água durante a irrigação; b) as características hídricas do solo irrigado.

Dentro do manejo da água durante a irrigação, os aspectos que mais influem na eficiência de aplicação da água de irrigação são:

a) O projeto do sistema de irrigação (dimensões e orien

tação do campo irrigado, declividade, infraestruturas de abastecimento d'água, controle da água, etc...);

b) As vazões utilizadas e a direção do fluxo d'água sobre a superfície do solo durante a irrigação;

c) A frequência de irrigação;

d) O tempo de irrigação utilizado.

Entre as características hídricas dos solos irrigados, os parâmetros mais importantes são: velocidade de infiltração, capacidade de retenção d'água do solo, profundidade do perfil e suas condições de estratificação, densidade global das diversas camadas do perfil do solo.

2.6.2 - Eficiência em Irrigação Localizada

Segundo FERRERES (1981), os sistemas de irrigação localizada são potencialmente capazes de satisfazer as necessidades hídricas dos cultivos com um mínimo de perdas adicionais, pelo que podem alcançar uma eficiência muito alta.

De acordo com Karmeli e Smith (1977), citados por REGO (1985), o uso de microaspersores pressupõe uma perda de água devido a um aumento na evaporação, em fase da maior superfície molhada estabelecida pelos emissores. A extensão deste aumento é estimada em 5 a 15%, dependendo de vários fatores climáticos e do próprio emissor.

LOPEZ (1983) diz que num sistema de irrigação localizada, como as perdas na rede de distribuição são praticamente nulas, dentro da unidade de irrigação a água que sai dos emissores é a mesma que chega à parcela, e, portanto, a eficiência

cia de irrigação é definida como a percentagem de água aplicada que é armazenada na zona radicular e que está à disposição das plantas.

Supondo um manejo de irrigação ótimo, a eficiência é definida, por LOPEZ (1983), como:

$$E_a = K \cdot CU \quad \text{quando } K > (1 - LR) \quad \text{ou;} \\ E_a = (1 - LR) CU \quad \text{quando } K < (1 - LR) \quad [15]$$

Onde:

K = perdas inevitáveis por percolação.

LR = requerimento de lavagem.

CU = coeficiente de uniformidade de irrigação.

2.6.3 - Coeficiente de Uniformidade de Irrigação

A uniformidade de irrigação, segundo LOPEZ (1983), depende de:

- diferenças de pressão que se produzem na rede, devido a perdas de carga e a topografia do terreno.
- uniformidade de fabricação dos emissores.
- número de emissores por planta.
- variação das características do emissor, com o uso, pelas possíveis obstruções e/ou envelhecimento.
- temperatura.
- efeito do vento, quando se usa microaspersores.
- variação de fabricação dos reguladores de pressão quan

do existem.

O primeiro coeficiente de uniformidade de irrigação foi definido por Christiansen para a irrigação por aspersão, sendo:

$$CU = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right] \quad [16]$$

Onde:

CU = coeficiente de uniformidade, %

X_i = precipitações observadas em cada pluviômetro

\bar{X} = média das precipitações

n = número de pluviômetros.

O USA/Soil Conservation Service (1978) recomenda, para avaliar o coeficiente de uniformidade (CU), num sistema de irrigação localizada, a nível de campo, a seguinte relação:

$$CU = \frac{q^1}{q_a} \cdot 100 \quad [17]$$

Onde:

q^1 = média dos 25% de volumes de água mais baixos que a planta recebe num determinado tempo.

q_a = volume médio que as plantas recebem.

Considerando a necessidade de estimar o coeficiente de uniformidade, ao se projetar um sistema de irrigação localizada, define-se CU como:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{1,27 CV}{\sqrt{e}} \right) \frac{q_n}{q_a} \quad [18]$$

Onde:

CV = coeficiente de variação de fabricação do emissor.

e = número de emissores das quais uma planta recebe água
(≥ 1)

q_n = vazão mínima do emissor, que corresponde a pressão mínima na linha.

q_a = vazão média de todos os emissores considerados.

KELLER & KARMELI (1975) definiram um coeficiente de uniformidade absoluto que é uma função da vazão mínima, média e máxima, e é expresso como:

$$CU_a = 100 \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{q'}{q_a} + \frac{q_a}{q'_{\max}} \right) \quad [19]$$

Onde:

CU_a = coeficiente de uniformidade absoluto, em %.

q' = média de 25% dos valores de vazão mais baixos, medidos.

q'_{\max} = média de 12,5% dos valores de vazão mais altos, medidos.

q_a = média geral.

Para estimar o valor de CU_a num projeto, utiliza-se a expressão:

$$CU_a = 100 \left(1 - \frac{1,27 \text{ CV}}{\sqrt{e}} \right) \frac{1}{2} \left(\frac{q_n}{q_a} + \frac{q_a}{q_{\text{m\`{a}x}}} \right) \quad [20]$$

Onde:

$q_{\text{m\`{a}x}}$ = vaz\~{a}o que corresponde a press\~{a}o m\`{a}xima.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - LOCALIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho de pesquisa, a nível de campo, foi realizado no Sítio Prensa, no município de Souza, Estado da Paraíba. Esta propriedade é assistida pelo sub-programa Geração e Adaptação de Tecnologia - GAT, da sub-unidade de execução do projeto SUEP/UFPb do PDCT/NE.

Geograficamente a região está localizada a $6^{\circ} 45' 18''$ de latitude Sul, $38^{\circ} 13' 42''$ de longitude Oeste de Greenwich e a uma altitude de 225 metros acima do nível do mar, na microregião denominada Depressão do Alto Piranhas.

Pela classificação de Köppen, o clima da região é AW' - quente e úmido, com chuvas de verão - outono. As características climáticas da região constam no Quadro 1.

3.2 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Os estudos morfológicos do perfil do solo, segundo as normas do Manual de Método de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação, foram efetuados numa trincheira aberta pró

Quadro 1: Características climáticas do município de Souza-PB*.

MES	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITAÇÃO (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm)
Jan	27,3	78	154
Fev	26,4	138	130
Mar	26,0	205	134
Abr	26,0	149	129
Maio	25,6	66	132
Jun	25,1	27	109
Jul	25,3	12	121
Ago	26,1	2	132
Set	26,7	2	135
Out	27,4	5	151
Nov	27,4	16	148
Dez	27,6	32	156
Média Anual	26,4		
Total		732	1631

*FONTE: Departamento de Climatologia e Meteorologia da UFPb.

ximo a área do experimento.

Levando em conta a necessidade de se conhecer, de maneira precisa, as características físico-hídricas do solo nos locais onde se formavam os bulbos úmidos, decidiu-se retirar amostras de solo nos locais onde foram realizados os testes. As amostras foram retiradas em intervalos de 25cm até a profundidade de 50, 75 e 100cm.

As características estudadas nestas amostras foram densidade aparente, pelo método do anel volumétrico de Uhlund (1949); capacidade de campo, pelo método da panela de pressão de Richards (1954); e textura, pelo método do densímetro (Ranzani, 1959; Vettori e Pierantoni, 1968; Forsythe, 1975). Estes três métodos estão citados no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1979).

As curvas de retenção de umidade do solo, em incrementos de 25cm, até a profundidade de 100cm, foram determinadas em amostras de solo obtidas em três pontos aleatórios da área do experimento, utilizando-se a metodologia da panela de pressão (RICHARDS, 1982).

A velocidade de infiltração da água no solo foi determinada em cinco pontos aleatórios na área do experimento. Os testes de velocidade de infiltração, utilizando anéis infiltrômetros, foram realizados segundo a metodologia descrita por BERNARDO (1986).

3.3 - CARACTERÍSTICAS DO EMISSOR

O microaspersor utilizado no experimento foi o microas
persor ED₂, com distribuição setorial em leque duplo, desenvolv
ido e testado no Laboratório de Engenharia de Irrigação (LEI),
do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e
Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Este microasper
sor é composto basicamente por três partes: a base, o defletor
e os suportes (Figuras 9 e 10). As características da peça, com
todas as dimensões em mm são mostradas na Figura 11.

O microaspersor ED₂, trabalhando com uma pressão de 6
m.c.a, apresenta uma vazão de 62,13 l/h, uma área superficial
molhada de 9,4 m² e um coeficiente de uniformidade de Christiansen
de 74,24 e 77,09 para os espaçamentos entre emissores de 1,20
e 1,50m respectivamente (REGO, 1985).

3.4 - DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os testes foram realizados numa área plana, sem cultura,
que não tinha sido irrigada recentemente, com aproximadamente
324 m², na qual foram instaladas 09 (nove) unidades experiment
ais (Figura 12).

Cada unidade experimental tinha 4,20m de comprimento e
3,60m de largura, com uma área de 15,12 m². Esta área foi divid
ida em quadrículas de 60 x 60cm, no centro das quais eram re
tiradas as amostras. Um esquema da unidade experimental é most
rada na Figura 13.

Os microaspersores, instalados diretamente nas laterais,
estavam a uma altura do solo de 0,50m (REGO, 1985). Tomou-se

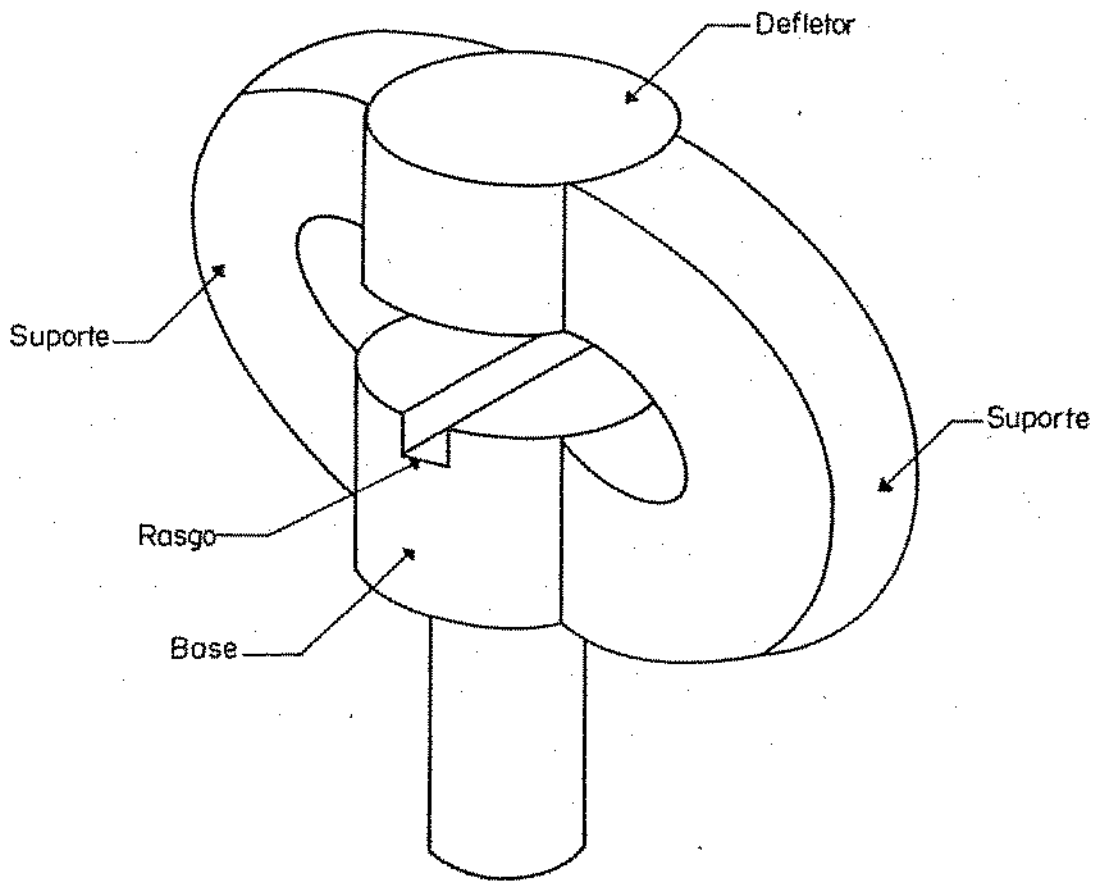


FIG.9 - Corpo básico do microaspersor ED2. (REGO, 1985).

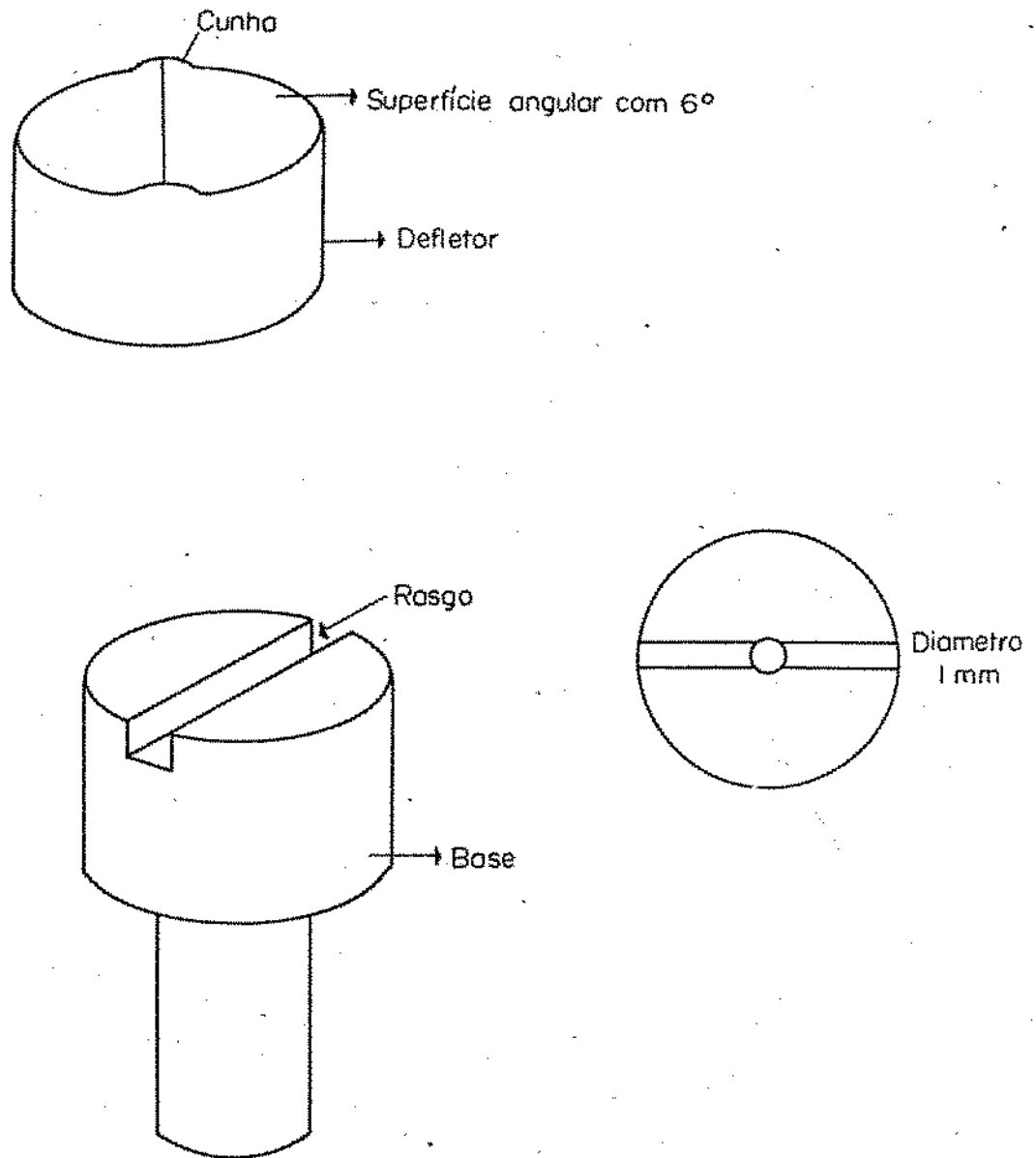


FIG.10 - Detalhes da base e do defletor do microaspersor ED2.
(REGO, 1985).

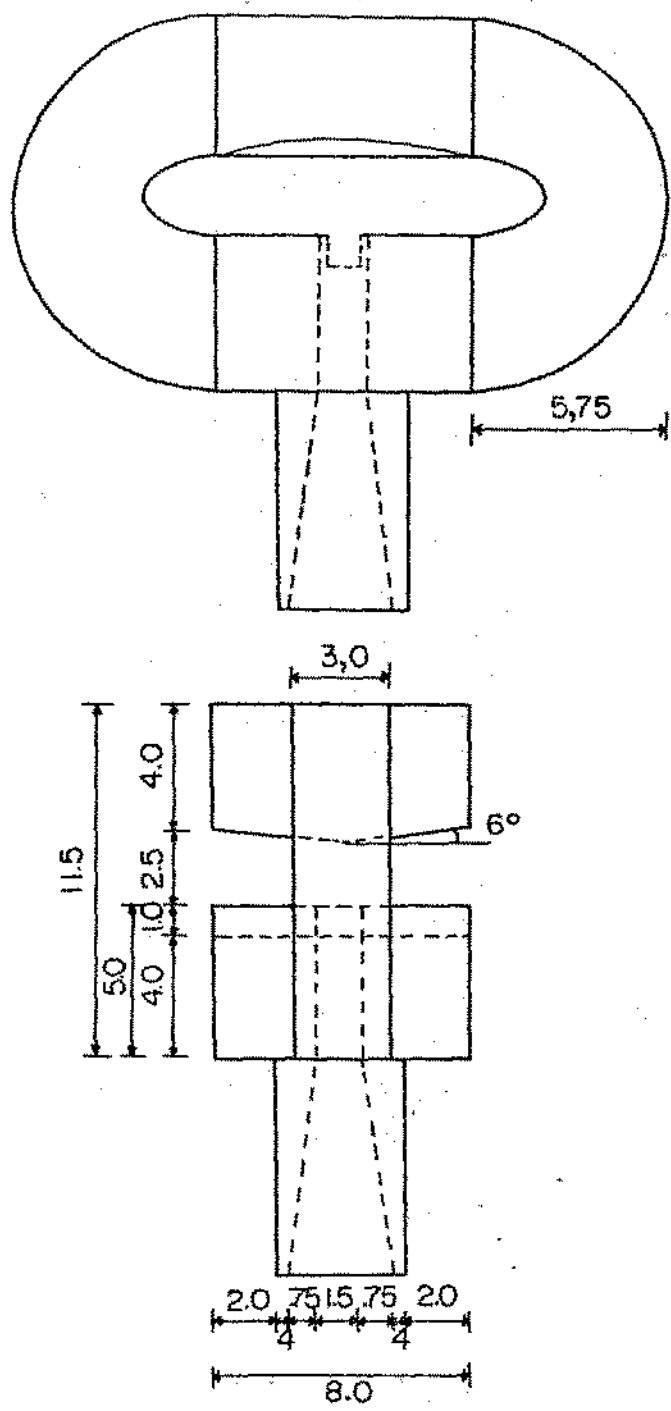


FIG. 11 - Dimensões do microaspirador ED2. (REGO, 1985).

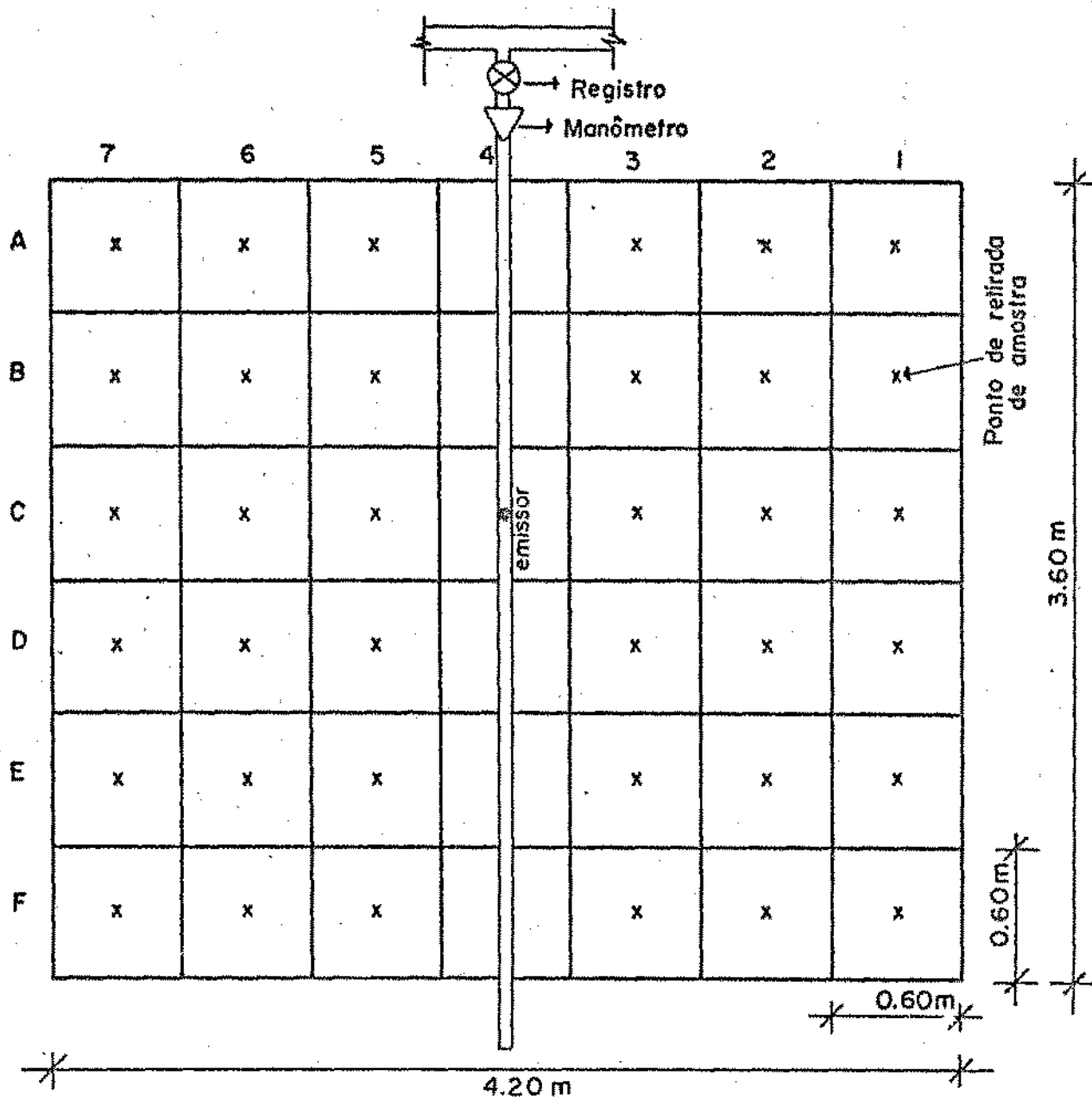


FIG.13- Esquema de uma unidade experimental.

o cuidado de locar a direção do jato d'água na saída do mi croaspersor perpendicular à direção do vento predominante.

O fornecimento de água ao sistema foi feito a partir de um conjunto motor-bomba de 2,0 CV, adaptado a gás butano, ins talado num poço Amazonas, a uma distância de aproximadamente 400 m da área do experimento.

Como a vazão de recalque da bomba era superior a requeri da no experimento, foram instalados três extravasores com re gistro de gaveta, para eliminar o excesso de vazão. Os extravaso res foram instalados na linha secundária e na terciária.

A análise de qualidade da água (apresentada no Anexo I) foi realizada em dezembro de 1984. Esta análise apesar de não ser da época do experimento, mostra que a água da proprieda de, neste período, é da classe C_3S_1 . Apresentado, portanto, um certo grau de salinidade.

3.5 - TRATAMENTOS APLICADOS

No experimento foram aplicados 03 (três) tratamentos com 03 (três) repetições. Cada tratamento consistia na aplicação de um volume de água calculado para elevar a umidade do solo ao nível de capacidade de campo até as profundidades de 25cm, 50cm e 75cm.

A aplicação dos volumes calculados não foi efetuada de uma só vez, porque o tempo de irrigação, neste caso, seria mui to longo. Optou-se pela aplicação em etapas, nas quais um volu me capaz de umedecer 25cm de solo era aplicado de cada vez. O Quadro 2 mostra a descrição dos tratamentos e das etapas realizadas.

Quadro 2: Tratamentos e etapas aplicadas.

TRATAMENTO	PROFUNDIDADE UTILIZADA PREVISTA	QUANTIDADE DE ÁGUA VISADA POR ETAPA		
		1ª	2ª	3ª
A	25 cm	0 - 25	-	-
B	50 cm	0 - 25	25 - 50	-
C	75 cm	0 - 25	25 - 50	50 - 75

Cada etapa de irrigação era efetuada em intervalos de 24 horas, considerando que neste período o movimento de redistribuição da água no solo já tinha diminuído sensivelmente. Entre cada etapa de irrigação e no fim das aplicações, a unidade experimental era coberta com lona plástica para evitar perdas por evaporação.

3.6 - CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Os tratamentos foram aplicados utilizando-se a seguinte sequência:

3.6.1 - Determinação da Umidade Inicial do Solo

Para determinar a umidade do solo antes da irrigação, retirou-se amostras de solo em quatro pontos circunvizinhos à unidade experimental, em incrementos de 25cm até a profundidade de 50,75 e 100cm para os tratamentos A, B e C, respectivamente.

O teor de água dessas amostras foi determinado pelo método

do gravimétrico. Este método consiste em se pesar as amostras de solo e levá-los à estufa com uma temperatura de 105 a 110°C, e após 24 horas pesá-las novamente. O teor de água das amostras, em base de peso seco, é obtido pela expressão:

$$U = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad [21]$$

Onde:

U = umidade do solo (%)

P_u = peso do solo úmido (g)

P_s = peso do solo seco (g).

Considerou-se como percentual de umidade inicial do solo, numa dada profundidade, a média de valores obtidos nas quatro amostras.

Após a retirada das amostras, a unidade experimental era coberta com lona plástica para evitar mudanças na umidade do solo, causadas pela evaporação.

3.6.2 - Cálculo do Volume de Água a Ser Aplicado.

O volume de água a ser aplicado em cada etapa da irrigação foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$V = (C_c - U_i) \times 10 \times D_a \times P \times A \quad [22]$$

Onde:

V = volume de água a ser aplicado (l)

C_c = capacidade de campo (% peso)

U_i = umidade inicial (% peso)

D_a = densidade aparente (g/cm^3)

P = profundidade (m)

A = área superficial molhada (m^2).

Os dados de capacidade de campo e densidade global usados no cálculo do volume de água a ser aplicado, foram fornecidos pelo GAT (ver Tabela 1 no Anexo I). Estes dados foram usados porque as análises de solo não tinham sido realizadas até o momento dos testes.

3.6.3 - Cálculo do Tempo de Irrigação

O tempo de irrigação era calculado pela equação:

$$T = V/q \quad [23]$$

Onde:

T = tempo de irrigação (h)

V = volume a aplicar (l)

q = vazão do emissor (l/h).

3.6.4 - Aferição da Pressão e da Vazão do Emissor

Antes de cada etapa da irrigação, a pressão de serviço do emissor era aferida com o auxílio de um manômetro de mercúrio

rio, instalado a uma distância de aproximadamente 1,50m do emissor. Usou-se no trabalho a pressão de 6 m.c.a por ser, entre as pressões estudadas por RÉGO (1985), a que apresentou os maiores valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, apesar deste autor não ter encontrado diferença significativa entre eles.

A vazão do microaspersor ED₂ foi determinada no início e no fim de cada etapa da irrigação, pelo método volumétrico. Este método consiste em se coletar o volume durante 30 segundos e ler este volume em provetas graduadas de 1000mℓ, com precisão de 10mℓ. As leituras foram efetuadas com a ajuda de uma tampa concentradora de jato.

3.6.5 - Irrigação

As irrigações eram realizadas sempre pela manhã (das 7 às 11 horas). Este horário foi escolhido em função da velocidade do vento e da taxa de evaporação, que constituem os principais fatores que afetam a eficiência de aplicação e a uniformidade de aplicação num sistema de irrigação por microaspersão.

Após a aplicação do volume calculado no tempo estabelecido, a irrigação era suspensa. Depois de 24 horas, caso todo o volume correspondente àquele tratamento tivesse sido aplicado, retirava-se as amostras de solo. Caso contrário, voltava-se a calcular um novo volume a ser aplicado e repetia-se todo o procedimento.

3.6.6 - Velocidade e Direção do Vento

O comportamento dos ventos na área foi caracterizado através de medições de velocidade e direção do vento, realizadas

no local. Estas medições foram feitas, em cada teste, durante todo o tempo de irrigação, em intervalos de 10 minutos, com a ajuda de um anemômetro de concha, portátil, com leitura digital.

3.6.7 - Retirada das Amostras

As amostras de solo, 24 horas após o término da irrigação, eram retiradas com o auxílio de trado tipo holandês, nos pontos pré-estabelecidos, em incrementos de 25cm até a profundidade de 50, 75 e 100cm para os tratamentos A, B e C, respectivamente.

Estas amostras foram colocadas em recipientes fechados e lacrados com fita adesiva, para evitar evaporação. Posteriormente, foram levadas para laboratório onde foi determinado a umidade pelo método gravimétrico.

3.7 - SUPERFÍCIE MOLHADA

Os contornos da superfície molhada pelo microaspersor foram obtidos através de medições realizadas no campo com uma trena. Estas medições foram feitas para todos os tratamentos e todas as repetições, e eram realizadas no instante da retirada das amostras. Com os dados das medições de campo, traçou-se os limites da superfície molhada para cada repetição nos três tratamentos e em seguida determinou-se o limite médio. A área da superfície molhada foi obtida através de planímetro.

3.8 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os dados de umidade obtidos nos testes de campo, analisou-se os seguintes parâmetros: distribuição da água no solo; volume d'água infiltrada e eficiência do sistema.

3.8.1 - Distribuição da Água no Solo

Para caracterizar a distribuição de água no solo, traçou-se os limites do bulbo efetivo e da frente de umedecimento em perfis de solo passando pelas seções 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e C, mostradas na Figura 14. Considerou-se como bulbo efetivo os contornos do volume de solo com umidade a nível de capacidade de campo, e frente de umedecimento os contornos do volume de solo umedecido durante a irrigação (SAMPAIO, 1976).

A localização das linhas de contorno tanto do bulbo efetivo como a frente de umedecimento, foram obtidas por interpolação, considerando que a distribuição da água no solo na vertical e na horizontal é linear.

3.8.2 - Volume de Água Infiltrada

Para o cálculo do volume d'água infiltrada no solo durante a irrigação, dividiu-se o volume de solo investigado em quadrículas de 60 x 60cm de lado e 25cm de profundidade. Duas amostras de solo, para a determinação do conteúdo de umidade, foram pegas por quadrícula, e o valor médio tomado como representativo de toda quadrícula.

O volume de água acumulado em cada quadrícula foi calculado subtraindo-se a umidade inicial do solo da umidade da qua

drícula e multiplicando-se o resultado pelo volume da mesma. A soma de todos os volumes parciais dava o volume de água infiltrado no solo.

Nas quadrículas onde passava o limite do contorno da frente de umedecimento, o volume de solo úmido foi obtido planimetrando-se a área molhada horizontal e multiplicando-se esta área pela profundidade média.

3.8.3 - Eficiência de Aplicação

A eficiência de aplicação do sistema de irrigação utilizando o microaspersor ED₂ foi obtida pela expressão:

$$E_f = \frac{V_{in}}{V_{ap}} \times 100 \quad [24]$$

Onde:

E_f = eficiência de aplicação (%)

V_{in} = volume d'água infiltrado e armazenado na profundidade de sejada (l)

V_{ap} = volume d'água aplicado (l).

Além da eficiência de aplicação foi determinado também as perdas por evaporação e por percolação.

a) Perdas por Percolação

Para obter as perdas por percolação calculou-se o volume de água acumulado no solo abaixo da profundidade de 25, 50 e 75cm para os tratamentos A, B e C respectivamente. Este volume

foi determinado usando-se a mesma metodologia empregada no cálculo do volume infiltrado durante a irrigação;

b) Perdas por Evaporação

As perdas por evaporação foram estimadas subtraindo-se o volume d'água infiltrado durante a irrigação do volume aplicado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Através de estudos pedológicos realizados no local por AZEVEDO & BATISTA ^{II}, verificou-se que o solo da área é um Rego sol Eutrófico com Fragipan, que apresenta quatro camadas pedológicas distintas denominadas Ap, C1, C2 e C3. A descrição deste estudo encontra-se no Anexo I. Este perfil apresenta uma camada adensada com muitos poros pequenos, a aproximadamente 22cm de profundidade.

4.1.1 - Distribuição das Partículas

Os valores percentuais de argila, silte e areia, e a classificação textural do solo, por profundidade, nos locais onde se realizaram os testes, são encontrados na Tabela 2. Analisando esta tabela, observa-se que o solo estudado apresenta a mesma classificação textural (franco arenoso) em todos os pontos e profundidades, para as repetições I, II e III, de cada tratamento.

Os coeficientes de variação das percentagens de argila, silte e areia, em cada profundidade, mostrados na Tabela 3, encontram-se dentro do intervalo de 10 a 100%, considerado, por WARRICK & NIELSEN (1980) como normal. Os valores médios das percentagens de argila e areia decrescem com a profundidade, enquanto os de silte aumentam.

^{II} AZEVEDO, N.C. & BATISTA, M.A.F. (comunicação pessoal).

TABELA 2: Distribuição das partículas e classificação textural do solo, por profundidade, para cada ponto estudado.

LOCAL	PROFUNDIDADE	DISTRIBUIÇÃO DAS PARTÍCULAS			CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL
		ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	
AI	0 - 25	10,39	19,72	69,89	Franco Arenoso
	25 - 50	10,40	29,98	59,62	Franco Arenoso
AII	0 - 25	10,36	19,67	69,97	Franco Arenoso
	25 - 50	10,40	21,80	67,80	" "
AIII	0 - 25	8,34	13,56	78,10	Franco Arenoso
	25 - 50	8,27	15,49	76,24	" "
BI	0 - 25	8,71	22,11	69,18	Franco Arenoso
	25 - 50	8,70	24,14	67,16	" "
	50 - 75	1,84	34,04	64,12	" "
BII	0 - 25	11,74	19,01	69,25	Franco Arenoso
	25 - 50	10,79	24,26	64,95	" "
	50 - 75	0,53	36,56	62,91	" "
BIII	0 - 25	13,18	18,58	68,24	Franco Arenoso
	25 - 50	8,99	24,93	66,08	" "
	50 - 75	1,57	37,81	60,62	" "
CI	0 - 25	11,04	28,34	60,62	Franco Arenoso
	25 - 50	9,01	19,09	71,90	" "
	50 - 75	7,96	20,03	72,01	" "
	75 - 100	4,91	27,24	67,85	" "
CII	0 - 25	7,97	24,18	67,85	Franco Arenoso
	25 - 50	10,57	25,49	63,94	" "
	50 - 75	1,85	36,37	61,78	" "
	75 - 100	2,88	43,46	53,66	" "
CIII	0 - 25	10,27	23,36	66,37	Franco Arenoso
	25 - 50	9,07	29,13	61,80	" "
	50 - 75	2,88	37,37	59,74	" "
	75 - 100	2,90	43,80	53,30	" "

TABELA 3: Média, desvio padrão e coeficiente de variação das percentagens de argila, silte e areia, por profundidade.

PROFUN- DIDADE	DISTRIBUIÇÃO DAS PARTÍCULAS			
	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	
0 - 25	\bar{X}	10,22	20,95	68,83
	σ	1,68	4,17	4,52
	CV	16,44	19,90	6,57
25 - 50	\bar{X}	9,58	23,81	66,61
	σ	0,95	4,56	5,06
	CV	9,92	19,15	7,60
50 - 75	\bar{X}	2,77	33,70	63,53
	σ	2,65	6,82	4,44
	CV	95,67	20,24	7,00
75 - 100	\bar{X}	3,56	38,17	58,27
	σ	1,17	9,46	8,30
	CV	32,86	24,78	14,24

\bar{X} = média; σ = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

O teste do χ^2 , ao nível de 5% de probabilidade, revelou que a variação na percentagem de areia, para toda a área até a profundidade de 100cm, tem distribuição normal, descrita pela equação [25], com valores de m e σ iguais a 65,74 e 5,86, respectivamente.

$$f = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[- \frac{(x - m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad [25]$$

onde:

f = frequência

m = média

σ = desvio padrão.

As distribuições de frequência das percentagens de argila e silte foram muito irregulares para serem descritas pela equação [25].

4.1.2 - Densidade Global

Observa-se, na Tabela 4, que a densidade global do solo apresenta, em alguns pontos, valores bastante altos (ex: 1,836 e 1,793 g/cm³), que, segundo Russel & Russel (1973), citados por CHOUDHURY *et al* (1986) restringe o desenvolvimento do sistema radicular na maioria das culturas. No entanto, as médias de 1,567; 1,598; 1,533 e 1,656 g/cm³, para as profundidades de 25,50, 75 e 100cm respectivamente, encontram-se dentro dos intervalos usuais, segundo ISRAELSEN & HANSEN (1965).

Os coeficientes de variação de 4,34; 3,50; 9,79 e 7,18%

TABELA 4: Densidade global do solo por profundidade, para cada ponto estudado, e a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação por profundidade.

LOCAL	PROFUNDIDADE DO SOLO			
	25	50	75	100
AI	1,594	1,653	-	-
AII	1,697	1,543	-	-
AIII	1,483	1,561	-	-
BI	1,615	1,618	1,836	-
BII	1,575	1,544	1,529	-
BIII	1,579	1,630	1,504	-
CI	1,547	1,672	1,577	1,793
CII	1,476	1,643	1,480	1,588
CIII	1,541	1,521	1,392	1,587
MÉDIA	1,567	1,598	1,553	1,656
σ	0,068	0,056	0,152	0,119
CV	4,34	3,50	9,79	7,18

para as respectivas profundidades, são considerados normais por WARRICK & NIELSEN (1980).

O teste do χ^2 revelou que a distribuição de frequência da densidade global é muito irregular para ser descrita pela equação [25].

4.1.3 - Constantes Hídricas

Na Tabela 5, observa-se que os valores de capacidade de campo e ponto de murcha aumentam com a profundidade. Isto é uma consequência natural do aumento de partículas finas (argila + silte) e diminuição de partículas grossas (areia) mostrado na Tabela 3.

4.1.4 - Curva de Retenção de Umidade

As curvas de retenção de umidade do solo, para as profundidades estudadas, apresentadas na Figura 14, assemelham-se entre si, visto que tem a mesma inclinação, diferenciando-se apenas na magnitude da umidade. Nestas curvas, a umidade no início varia sensivelmente com pequenas variações de tensão da água no solo, contudo, a partir da tensão de 3 atm, a umidade permanece praticamente constante até 15 atm.

Os dados médios de umidade para cada tensão (pressão negativa) de água no solo e para cada profundidade, com seus respectivos desvios padrão e coeficiente de variação, são mostrados na Tabela 6. A umidade, numa determinada pressão, cresce entre as profundidades de 25 e 50 cm, decresce ligeiramente na

TABELA 5: Constantes hídricas do solo, por profundidade, para cada ponto estudado, e a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação por profundidade.

LOCAL	P R O F U N D I D A D E S							
	25		50		75		100	
	CC	Pm	CC	Pm	CC	Pm	CC	Pm
AI	10,62	5,42	10,82	5,51	-	-	-	-
AII	8,98	4,92	10,05	6,16	-	-	-	-
AIII	8,27	4,88	8,88	4,85	-	-	-	-
BI	13,30	6,33	12,53	5,95	14,05	7,33	-	-
BII	12,30	5,83	14,11	7,22	14,77	7,63	-	-
BIII	12,99	6,67	14,35	7,73	15,32	8,60	-	-
CI	12,28	6,78	10,92	6,32	11,70	5,91	13,13	7,33
CII	12,01	6,62	13,36	7,10	13,76	7,67	15,29	8,17
CIII	13,46	7,00	15,70	7,20	15,45	8,03	18,55	10,48
MEDIA	11,58	6,05	12,30	6,45	14,17	7,53	15,66	8,66
σ	1,88	0,81	2,26	0,94	1,39	0,90	2,73	1,63
CV	16,23	13,39	18,36	14,57	9,81	11,95	17,43	18,82

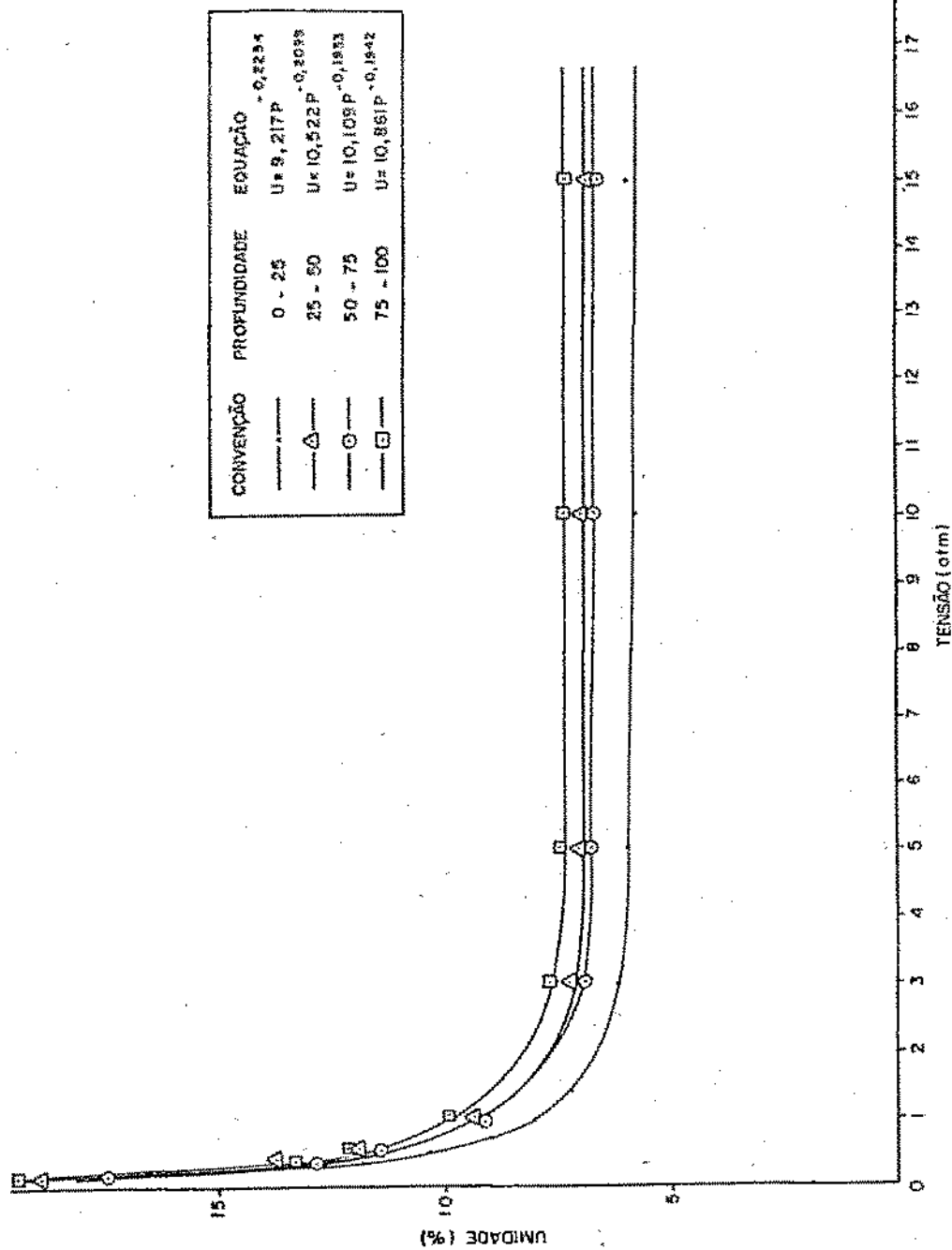


FIG. 14 - Curvas de retenção de umidade de solo para as profundidades de 25, 50, 75 e 100 cm.

TABELA 6: Média, desvio padrão e coeficiente de variação da umidade do solo, para cada tensão aplicada, nas profundidades de 25, 50, 75 e 100cm.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DA ÁGUA NO SOLO (ATM)	PROFUNDIDADE DO SOLO			
		0 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
- 0,1	\bar{X}	18,17	19,06	17,51	19,44
	σ	0,18	1,29	1,50	2,99
	CV	0,99	6,78	8,57	15,38
-0,33	\bar{X}	11,84	13,70	12,90	13,26
	σ	0,15	0,34	0,74	1,26
	CV	1,27	2,48	5,74	9,50
-0,5	\bar{X}	10,36	11,93	11,47	12,03
	σ	0,61	0,33	1,14	1,51
	CV	5,89	2,77	9,94	12,55
-1,0	\bar{X}	8,04	9,33	9,27	9,89
	σ	0,63	0,45	0,90	1,13
	CV	7,83	4,82	9,71	11,43
-3,0	\bar{X}	6,22	7,22	7,09	7,72
	σ	0,48	0,42	0,79	0,92
	CV	7,72	5,82	11,14	11,92
-5,0	\bar{X}	5,99	7,02	6,85	7,44
	σ	0,57	0,48	1,00	0,65
	CV	9,52	6,84	14,60	8,74
-10,0	\bar{X}	5,80	6,98	6,78	7,40
	σ	0,49	0,49	0,96	0,57
	CV	8,45	7,02	14,16	7,70
-15,0	\bar{X}	5,99	6,85	6,73	7,36
	σ	0,54	0,42	0,83	0,80
	CV	9,01	6,13	12,33	10,87

\bar{X} = média; σ = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

de 75cm e volta a crescer na de 100cm.

4.1.5 - Velocidade de Infiltração

A equação que representa a infiltração acumulada em função do tempo, obtida através de regressão linear, com dados de cinco repetições, é representada por:

$$I = 1,206 \cdot T^{0,56} \quad [26]$$

Onde:

I = infiltração acumulada, em mm

T = tempo acumulado, em minutos

e a velocidade de infiltração, obtida pela derivação da mesma, é da forma:

$$VI = 40,52 \cdot T^{-0,44} \quad [27]$$

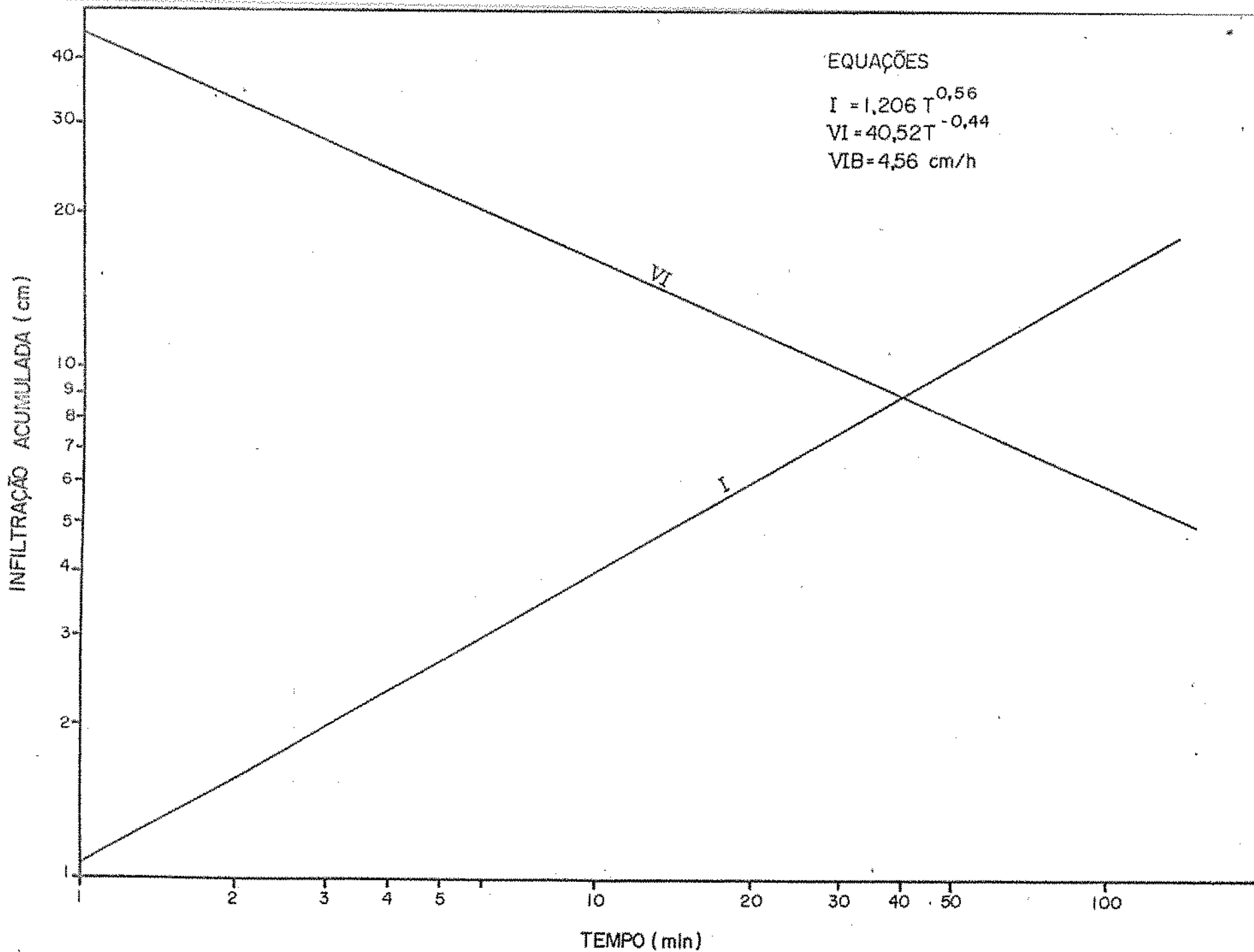
Onde:

VI = velocidade de infiltração, em cm/h.

A Figura 15, mostra o gráfico da velocidade de infiltração e infiltração acumulada, em função do tempo. A velocidade de infiltração básica, média de cinco dados, é 4,56 cm/h.

4.2 - UMIDADE INICIAL DO SOLO

A umidade do solo antes da irrigação, mostrada na Tabela 7, apresenta, em todos os tratamentos, valores superficiais



VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO (cm/h)

TABELA 7: Umidade inicial do solo, por profundidade, para os tratamentos A, B e C.

TRATAMENTO	REPETIÇÃO	P R O F U N D I D A D E				
		5	25	50	75	100
A	I	1,14	2,49	6,06	-	-
		0,75	6,18	6,40	-	-
		1,64	4,61	5,55	-	-
		-	4,34	5,96	-	-
	II	0,39	3,20	7,67	-	-
		0,59	2,44	4,09	-	-
		1,40	4,16	4,38	-	-
	III	0,93	4,95	8,51	-	-
		1,48	4,81	7,25	-	-
		0,30	4,41	6,88	-	-
		0,49	1,75	4,88	-	-
	MEDIA	0,92	3,89	6,08	-	-
B	I	0,91	5,33	5,70	13,15	-
		0,99	6,28	7,06	5,85	-
		1,52	6,37	10,02	10,34	-
		0,84	4,72	5,10	5,23	-
	II	0,62	4,02	8,77	14,58	-
		0,64	9,00	7,92	10,16	-
		0,76	4,94	10,44	14,07	-
		0,58	6,19	5,30	-	-
	III	1,16	5,43	8,25	8,52	-
		0,88	4,89	6,00	7,09	-
		1,19	4,21	7,01	8,24	-
		0,93	4,95	8,51	6,89	-
MEDIA	0,92	5,53	7,51	9,75	-	
C	I	0,98	8,10	9,40	6,10	8,68
		0,58	2,76	4,59	13,15	10,81
		1,16	5,35	7,27	9,04	14,11
		0,91	5,33	5,10	5,90	12,39
	II	0,68	7,16	5,70	8,32	11,92
		0,57	4,65	5,92	8,89	11,29
		0,58	6,28	5,92	8,07	11,95
	III	0,88	6,94	4,55	8,75	5,17
		1,35	3,66	6,92	4,63	8,01
		0,89	5,57	5,83	4,58	6,21
		1,16	5,43	8,25	8,52	10,14
	MEDIA	0,86	5,54	6,28	7,87	10,20

muito abaixo do ponto de murcha. Estes valores, entretanto, aumentam com a profundidade, chegando a apresentar valores acima do ponto de murcha, a partir de 75cm.

As variações da umidade entre pontos, numa mesma profundidade e entre tratamentos, deve-se à molhação efetuada na área, dois meses antes do início do experimento, para facilitar os trabalhos de preparação do solo (aração).

4.3 - VOLUME DE ÁGUA APLICADO.

Os volumes de água aplicados em cada etapa da irrigação, obtidos pela equação [22], diminuem à medida em que a camada de solo visada vai se aprofundando (Tabela 8). Isto ocorre em função do aumento da umidade inicial do solo mostrado na Tabela 7.

4.4 - VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO.

Os valores médios da velocidade do vento, em cada etapa da irrigação, variou de 1,13 m/s a 2,87 m/s, com média geral nos tratamentos A, B e C de 1,9; 1,9 e 1,96 m/s respectivamente, conforme mostra a Tabela 9. Estas variações são consequências do fato das etapas da irrigação e repetições, de um mesmo tratamento, terem sido realizadas em dias diferentes, e, conseqüentemente, com diferentes velocidades de vento. No entanto, quando se analisa a velocidade média por tratamento observa-se que a mesma varia muito pouco.

TABELA 8: Volumes de água aplicados em cada tratamento.

REPETIÇÃO	ETAPAS	T R A T A M E N T O S					
		A		B		C	
		P/ETAPA	TOTAL	P/ETAPA	TOTAL	P/ETAPA	TOTAL
I	1º	282,07		261,55		269,56	
	2º		282,07	200,31	461,86	211,34	587,05
	3º					106,15	
II	1º	309,04		262,68		263,67	
	2º		309,04	175,06	433,95	199,75	629,09
	3º					165,67	
III	1º	319,54		260,74		265,56	
	2º		319,54	206,33	467,07	214,52	667,27
	3º					187,19	
TOTAL		303,55		454,29		627,80	

TABELA 9: Velocidade média e direção predominante do vento em cada etapa de irrigação, em todas as repetições e tratamentos.

TRATAMENTO	REPETIÇÃO	ETAPA	V E N T O		
			VELOCIDADE	DIREÇÃO	
A	I	1ª	1,84	NOROESTE	
	II	1ª	1,37	NOROESTE	
		2ª	2,50	SUDOESTE	
	III	1ª	2,50	SUDOESTE	
	MÉDIA		1,90		
B	I	1ª	2,87	SUDOESTE	
		2ª	2,37	"	
	II	1ª	1,44	SUDOESTE	
		2ª	1,13	"	
	III	1ª	1,37	OESTE	
		2ª	2,23	SUDOESTE	
		MÉDIA		1,90	
	C	I	1ª	2,87	SUDOESTE
			2ª	2,37	"
			3ª	2,37	"
II		1ª	1,44	SUDOESTE	
		2ª	1,13	"	
		3ª	1,37	NOROESTE	
		1ª	1,37	OESTE	
		2ª	2,23	SUDOESTE	
		3ª	2,50	SUDOESTE	
		MÉDIA		1,96	

A direção do vento variou de Noroeste a Sudoeste durante a irrigação e entre etapas da irrigação, sendo Sudoeste a direção mais predominante.

4.5 - SUPERFÍCIE MOLHADA

As Figuras 16, 18 e 20 mostram os contornos da área superficial molhada pelo microaspersor nas três repetições, e as Figuras 17, 19 e 21 os contornos da área média. A distribuição de água, em forma de duplo leque, do microaspersor ED₂, provoca uma contração de superfície molhada na seção perpendicular a direção do jato d'água, abaixo do microaspersor.

Os valores das áreas, obtidas planimetrando-se as figuras 16, 18 e 20, são apresentadas no Quadro 3.

QUADRO 3: Área superficial molhada pelo microaspersor ED₂, em m².

REPETIÇÃO	TRATAMENTOS		
	A	B	C
I	12,57	12,62	12,54
II	11,87	13,03	12,93
III	11,23	12,72	14,81
MÉDIA	11,89	12,79	13,43
DESVIO	0,67	0,21	1,21

As áreas médias, para os tratamentos A, B e C, são 11,89;

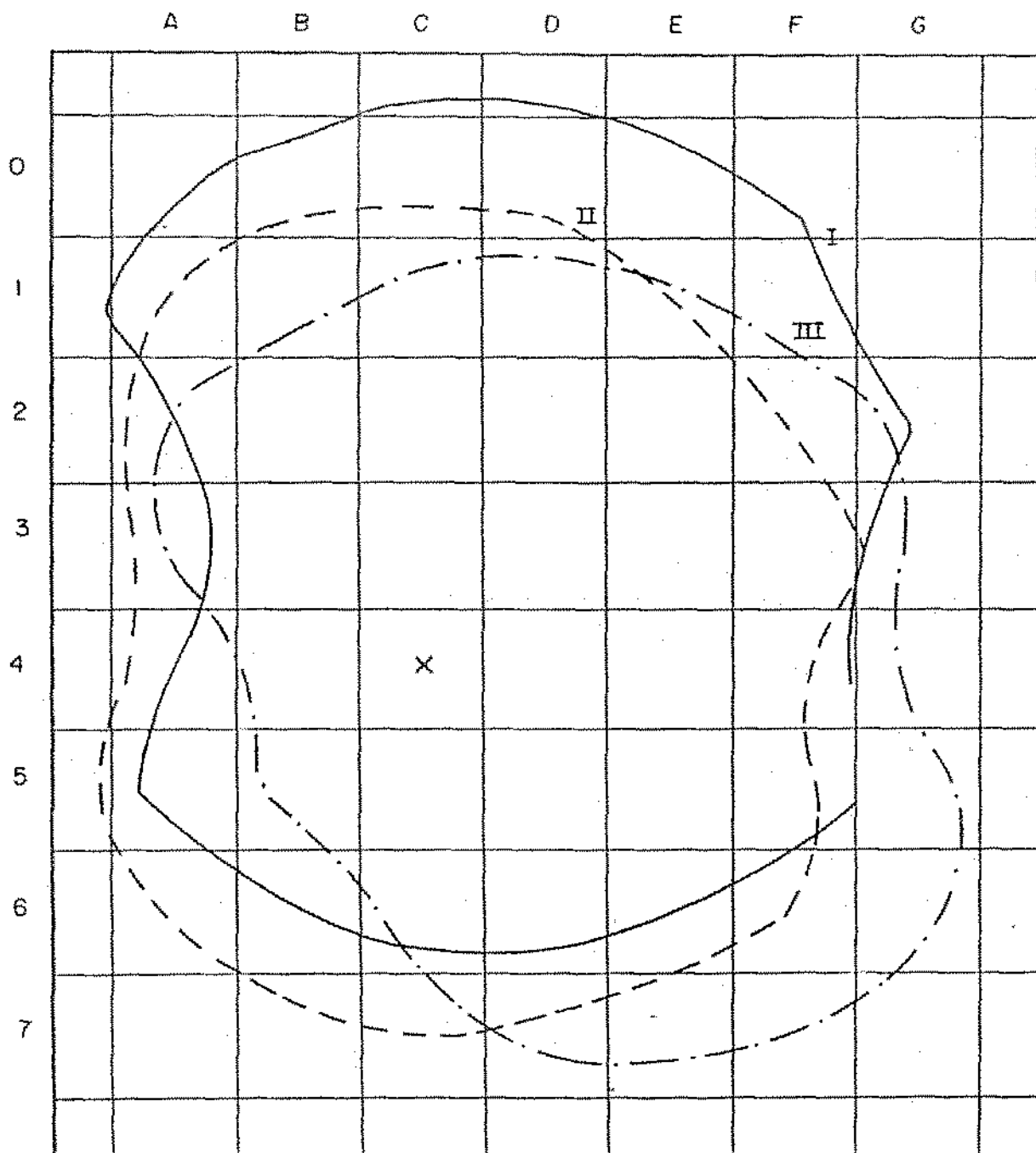


FIG.16 - Área superficial molhada para as tres repetições no tratamento A.

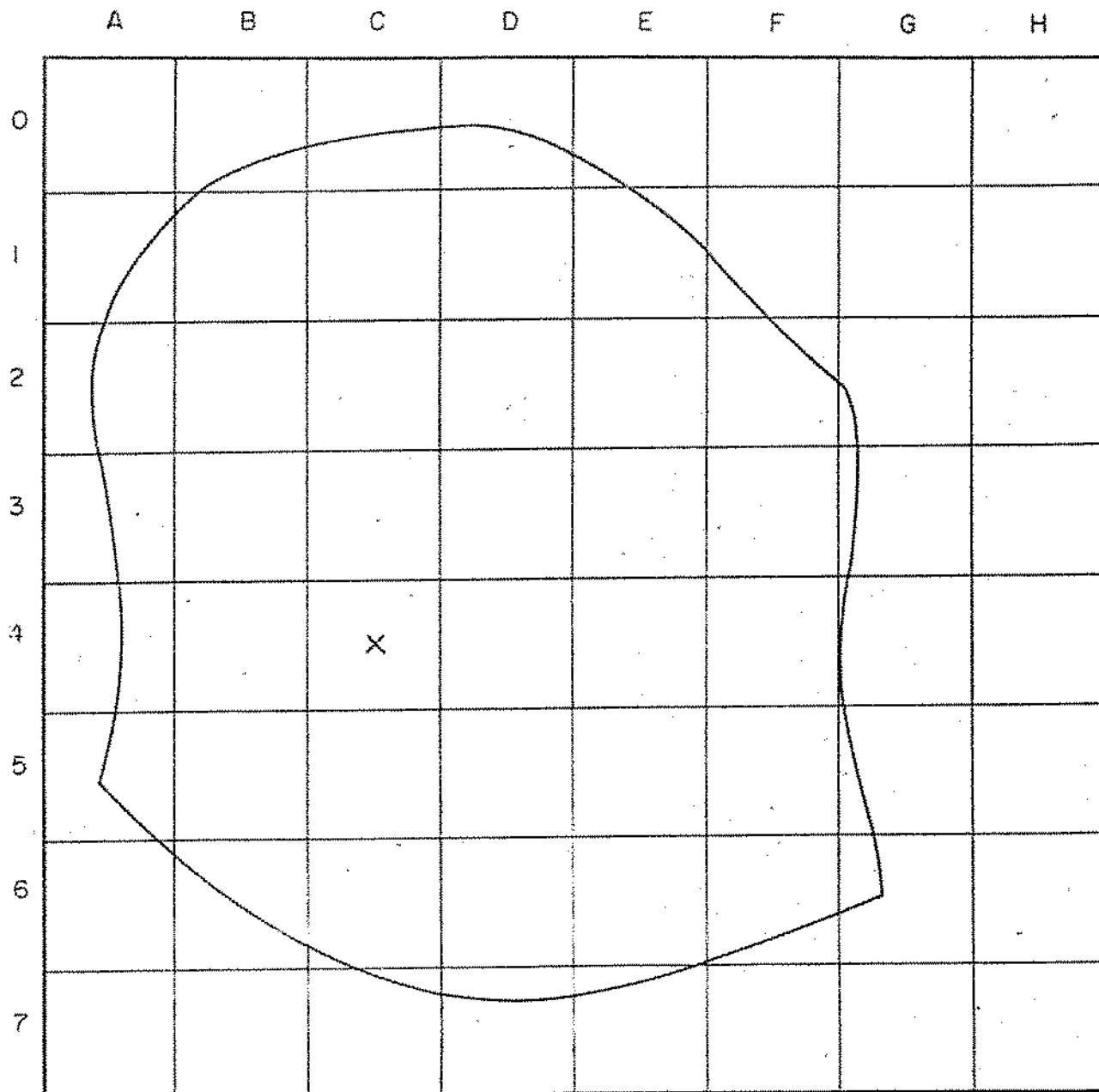


FIG. 17 - Área superficial molhada média no tratamento A.

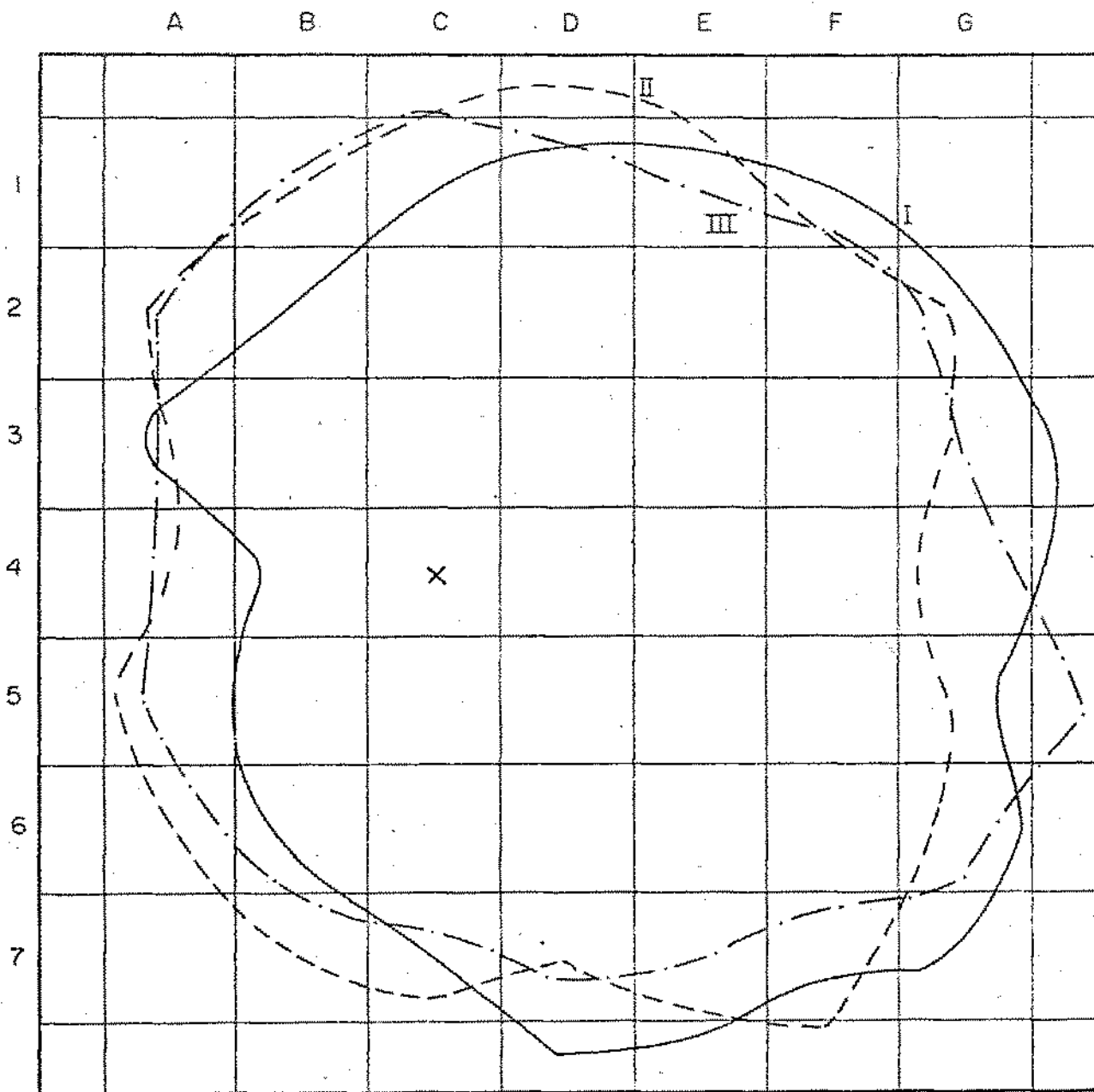


FIG. 18 - Área superficial molhada para as tres repetições no tratamento B.

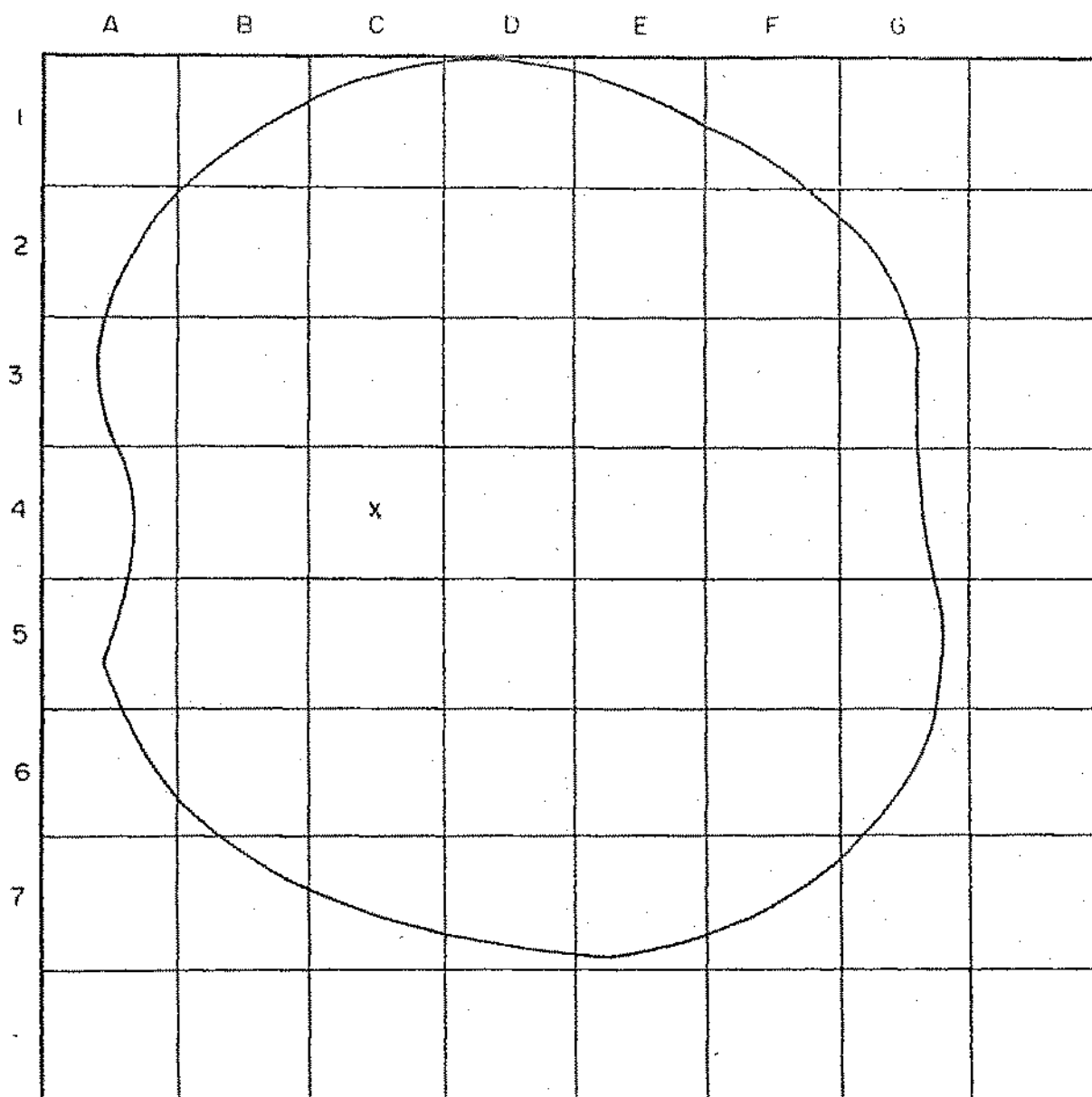


FIG. 19 - Área superficial molhada média no tratamento B.

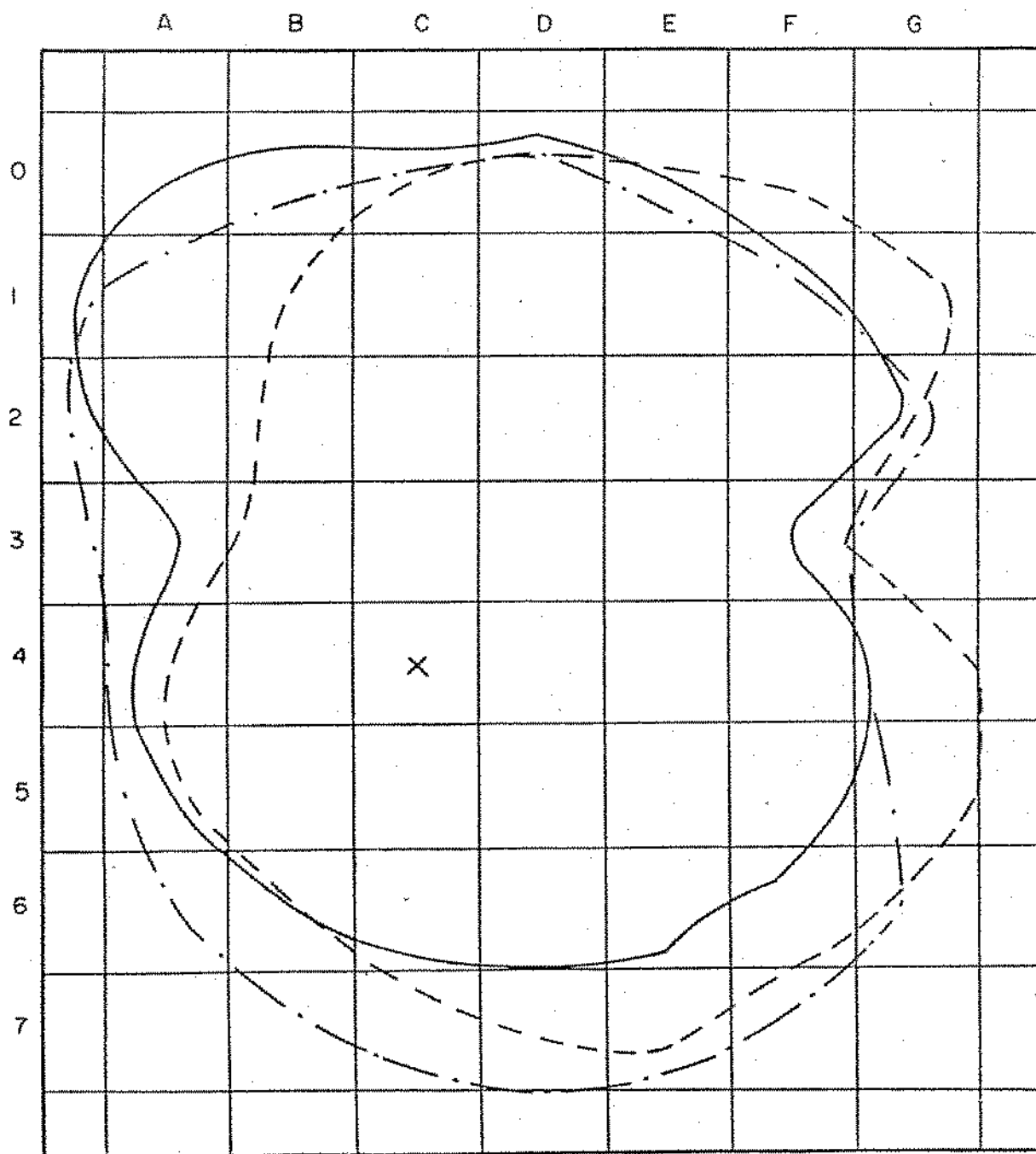


FIG. 20 - Área superficial molhada para as tres repetições no tratamento C.

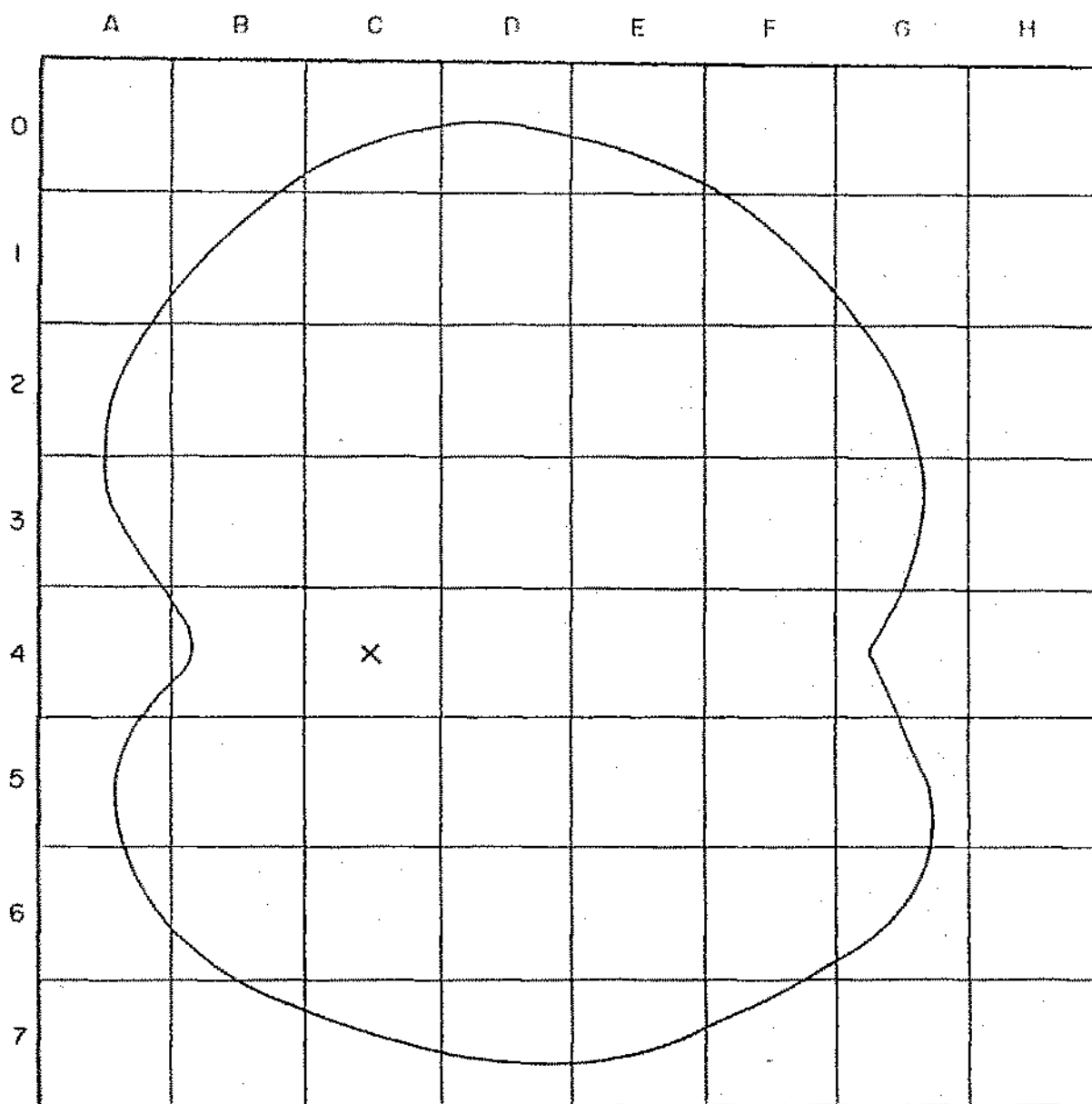


FIG. 21 - Área superficial molhada média no tratamento C.

12,79 e 13,43, respectivamente. Os valores médios da área molhada são, em todos os três tratamentos, superiores ao apresentado por REGO (1985). Este incremento se deve à presença do vento, pois os testes realizados por aquele autor foram em condição de ausência de vento.

Para quantificar as distorções na superfície molhada pelo ED₂, causadas pelo vento, planimetrou-se as áreas de um lado e do outro do microaspersor. Os valores percentuais destas distorções são mostrados no Quadro 4.

QUADRO 4: Distorção na área molhada, em percentagem.

REPETIÇÃO	TRATAMENTO		
	A	B	C
I	67,74	255,82	201,70
II	24,60	96,64	72,83
III	200,91	110,04	177,54
MEDIA	97,75	154,17	150,69

Analisando concomitantemente o Quadro 4 e a Tabela 9, observa-se que velocidades de vento relativamente baixas (ex: 2,62 m/s) provocam distorções bem acentuadas (255,82%), o que caracteriza uma grande pulverização do jato d'água.

4.6 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

Os dados de umidade do solo, após a aplicação dos trata

mentos A, B e C, em cada ponto de retirada de amostra, são mostrados nas Tabelas 10, 11 e 12 do Anexo II, respectivamente. Além da umidade por repetição, estas tabelas mostram também a média e o desvio padrão. Os altos valores de desvio padrão observados são resultantes de vários fatores: variação na umidade inicial do solo; variação nas características físico-hídricas do solo; e variação na velocidade e direção do vento.

As Figuras 22 a 28; 29 a 36 e 37 a 44, mostram os limites do bulbo efetivo e da frente de umedecimento, para as seções 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e C, nos tratamentos A, B e C, respectivamente. Nestas figuras o eixo X representa a distância do ponto ao emissor, e o eixo Y a profundidade do solo.

Analisando-se as figuras apresentadas acima, pode-se fazer as seguintes observações:

- a) O bulbo efetivo não alcança a profundidade desejada (25,50 e 75cm) em nenhum tratamento. As profundidades médias alcançadas pelo bulbo efetivo foram de 8, 12 e 19cm, com valores máximos de 22,31 e 37cm para os tratamentos A, B e C, respectivamente. A profundidade máxima do bulbo efetivo ocorre sempre no ponto localizado abaixo do microaspersor;
- b) A frente de umedecimento ultrapassa a profundidade desejada em quase todos os perfis no tratamento A; alcança-a em apenas alguns no tratamento B; e não a alcança no tratamento C. As profundidades médias da frente de umedecimento, para os tratamentos A, B e C são 31, 40 e 48cm respectivamente, com valores má

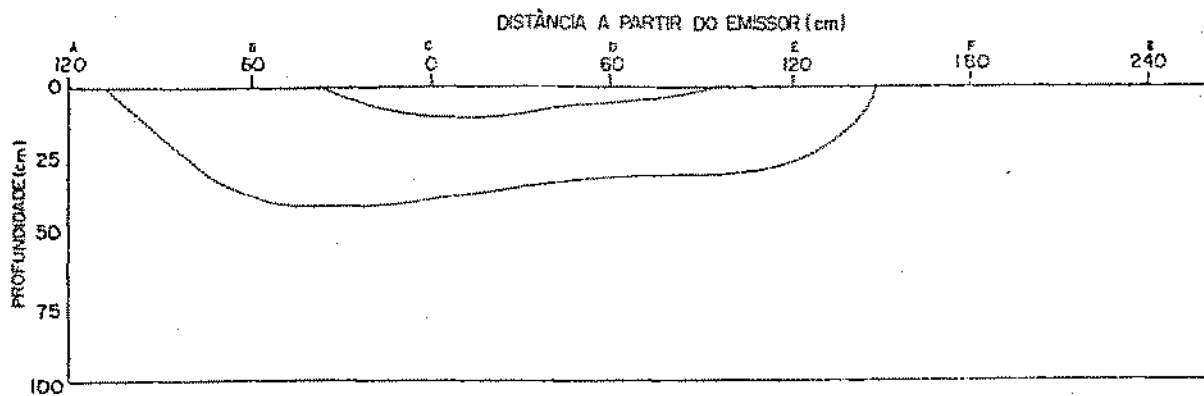


FIG. 22 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento A (na seção 1).

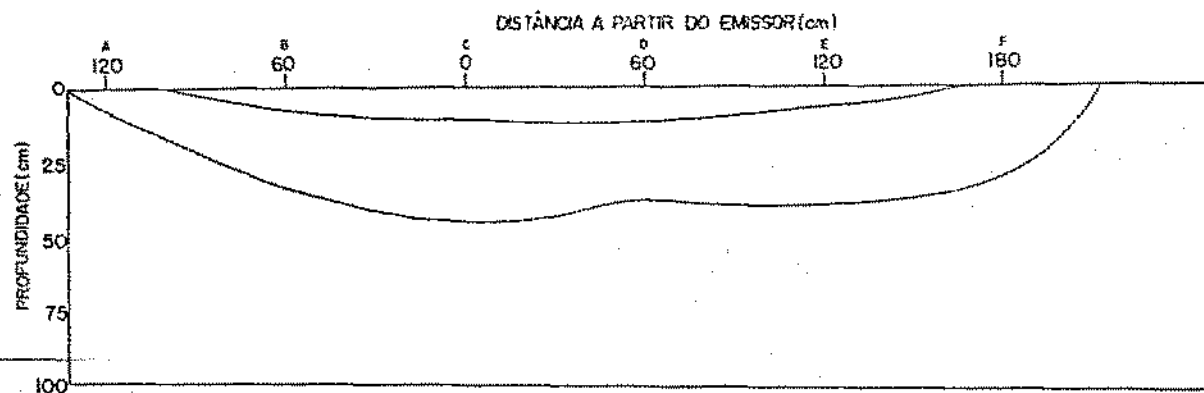


FIG. 23 - Limites do bulbo efetivo da frente úmida para o tratamento A (na seção 2).

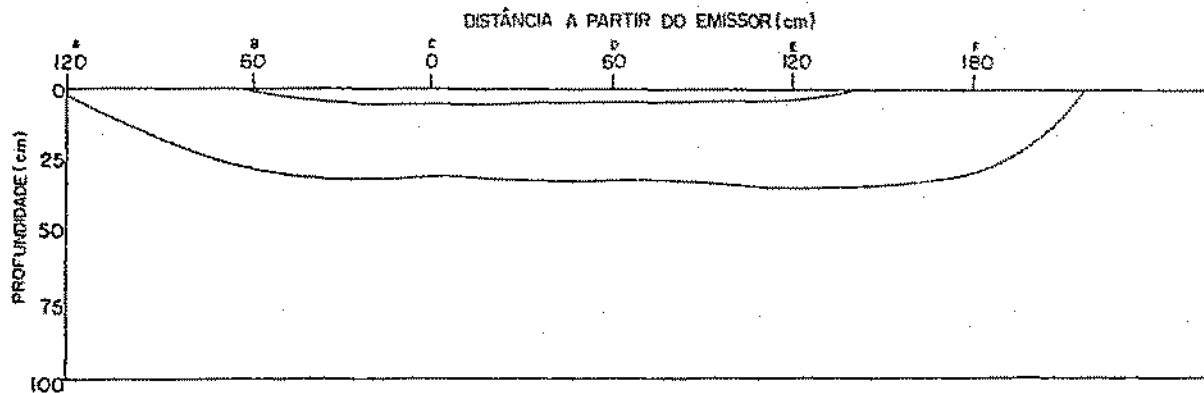


FIG. 24 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento A (na seção 3).

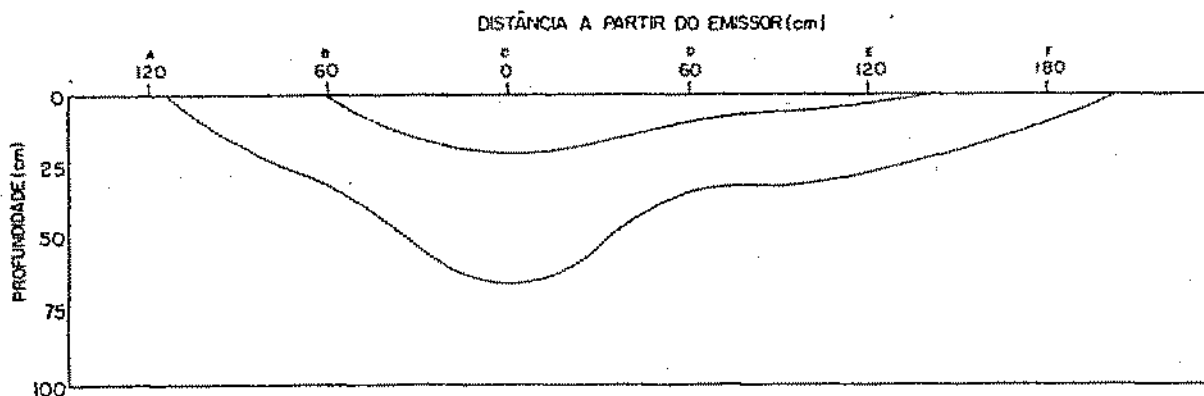


FIG. 25 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento A (na seção 4).

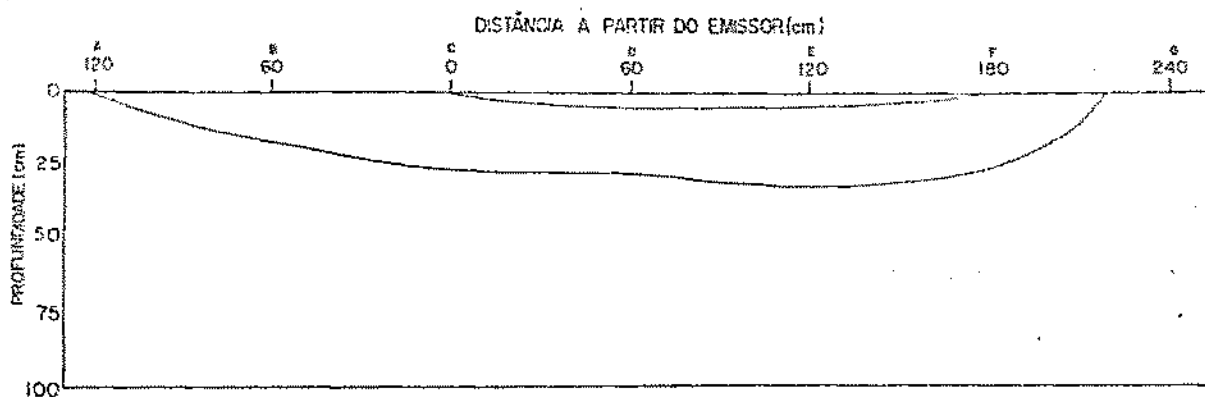


FIG. 26 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento A (na seção 5).

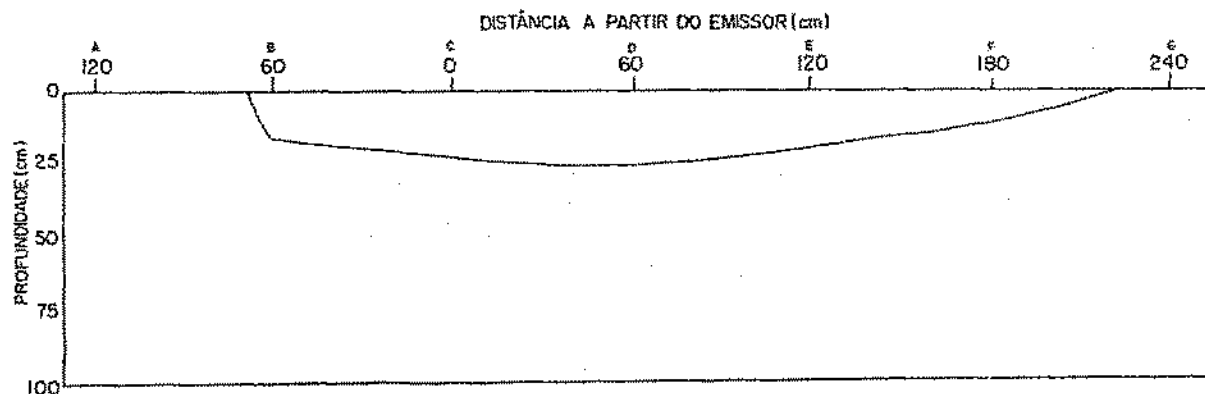


FIG. 27 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento A (na seção 6).

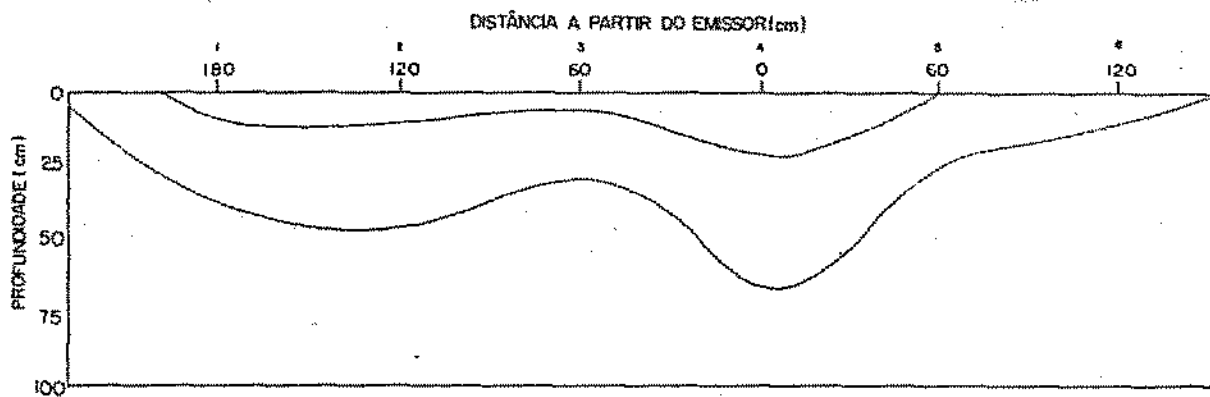


FIG. 28 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento A (na seção C).

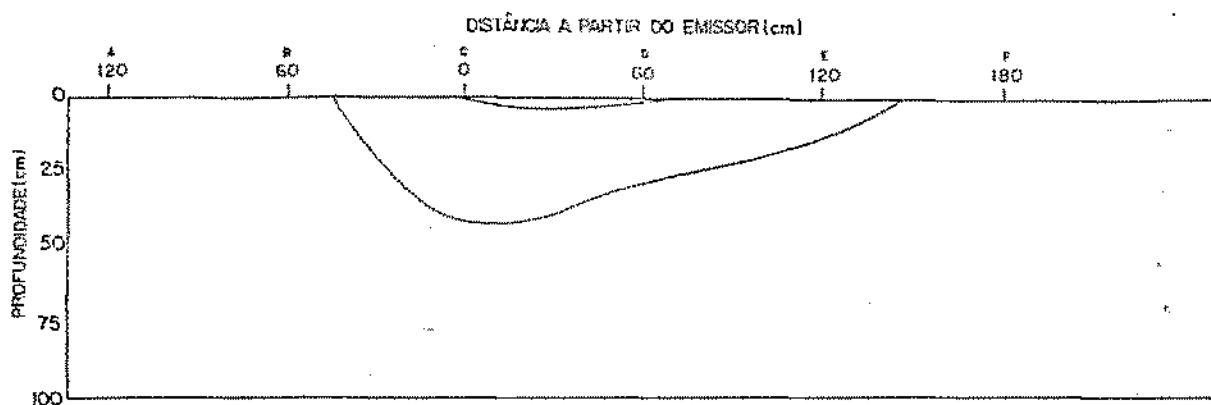


FIG. 29 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 1).

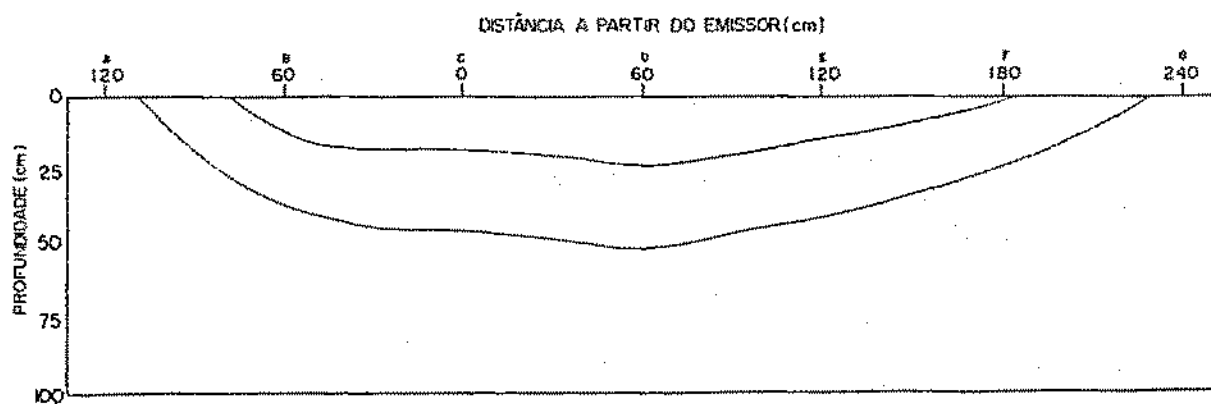


FIG. 30 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 2).

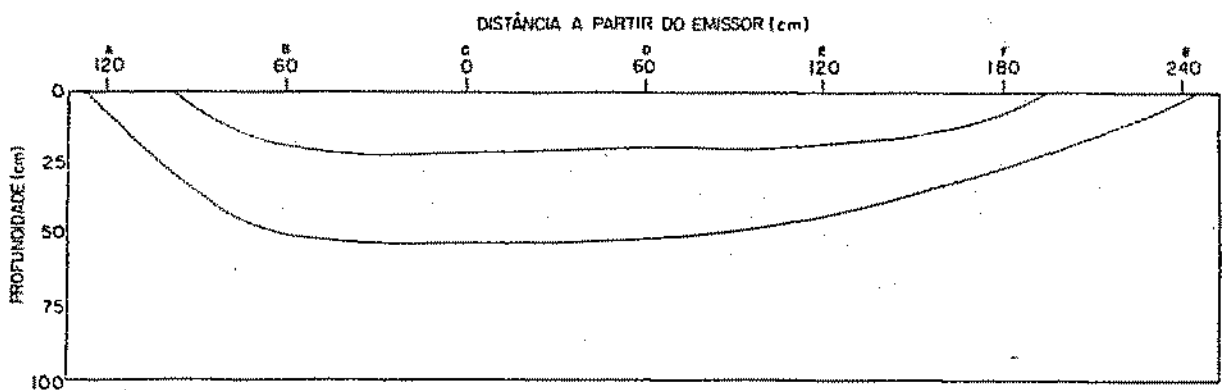


FIG. 31 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 3).

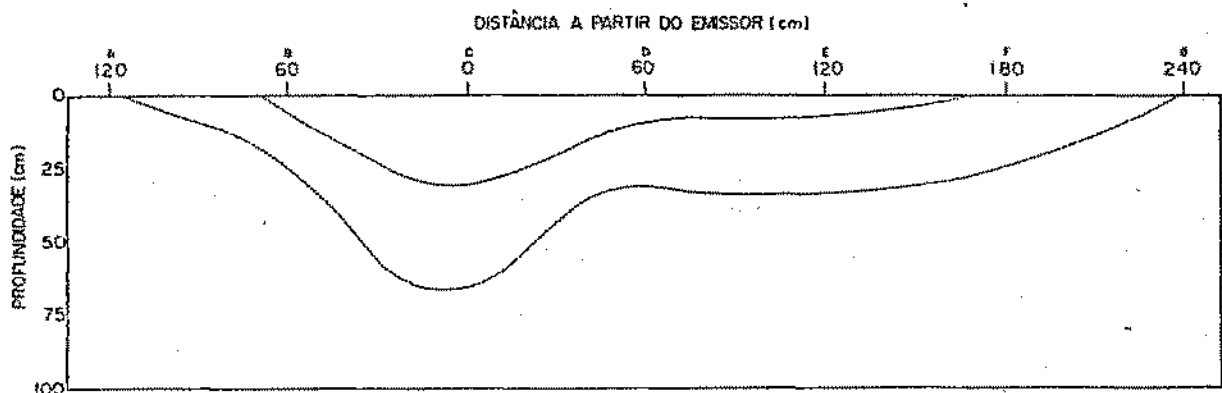


FIG. 32 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 4).

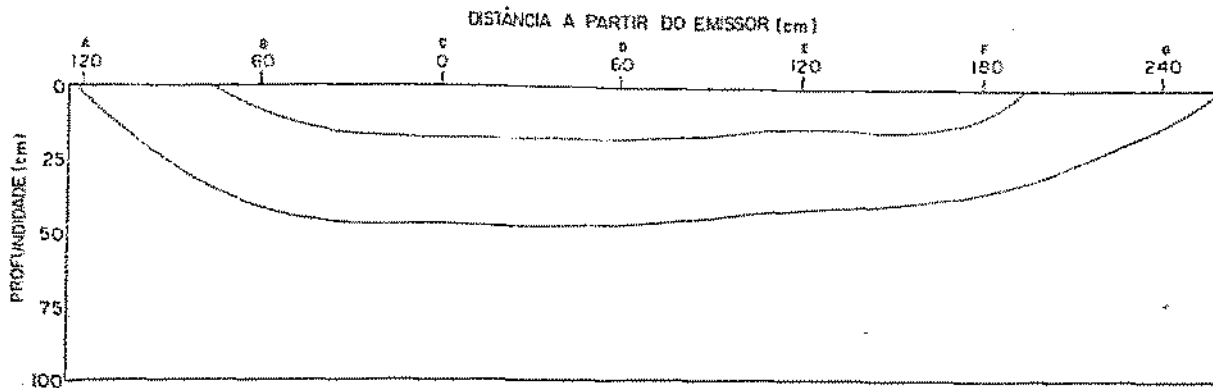


FIG. 33 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 5).

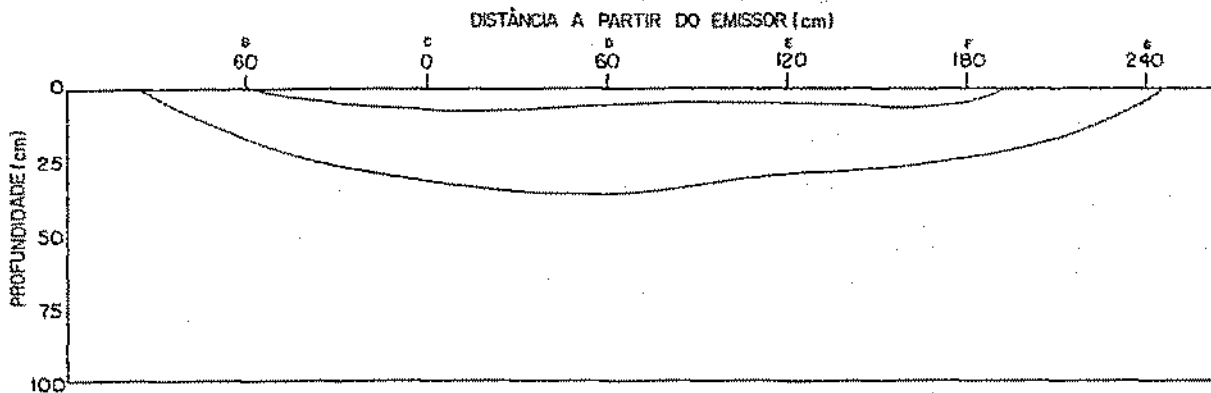


FIG. 34 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 6).

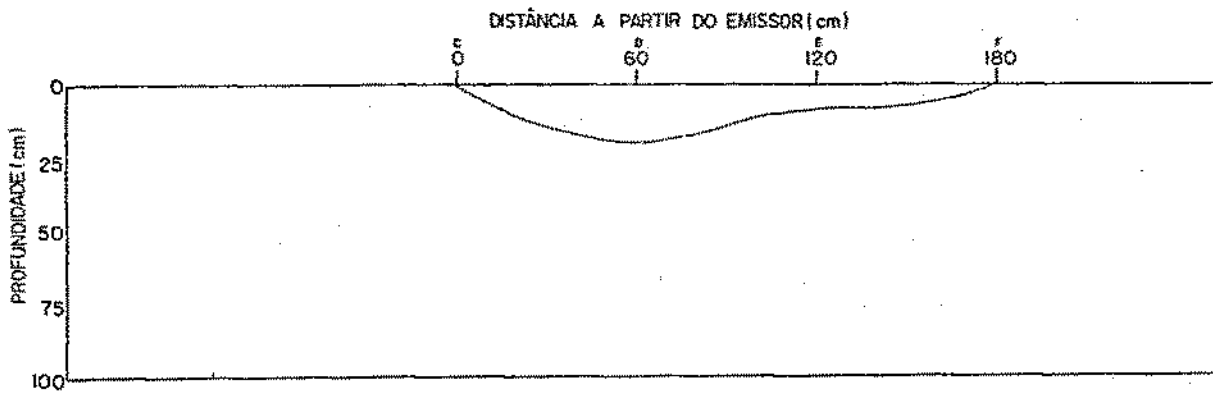


FIG. 35 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção 7).

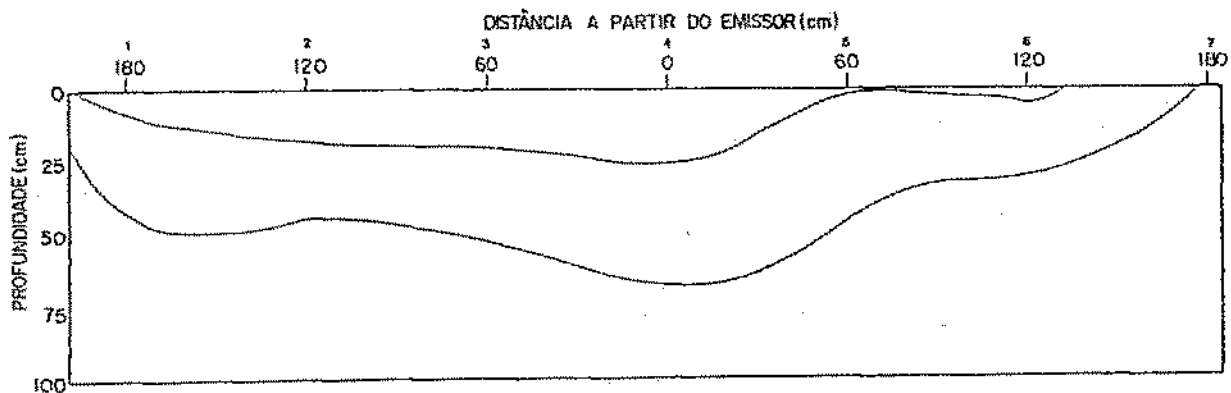


FIG. 36 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento B (na seção C).

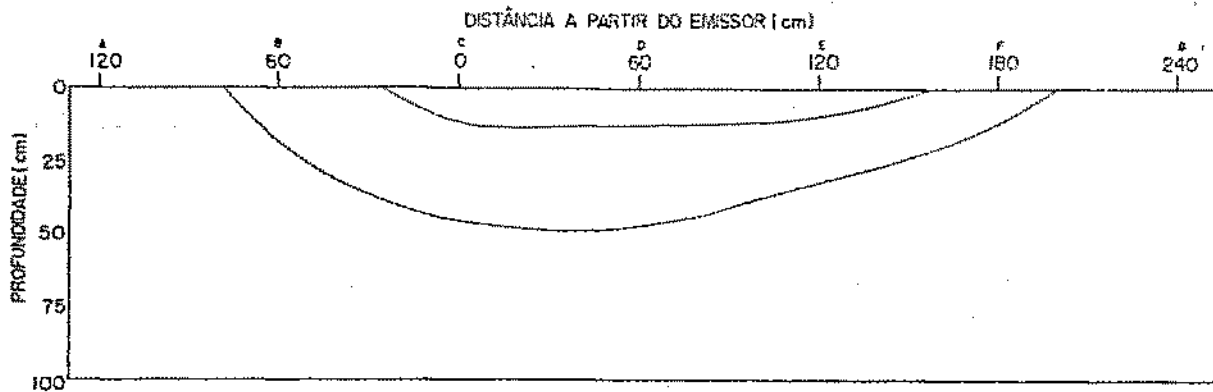


FIG. 37 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 1).

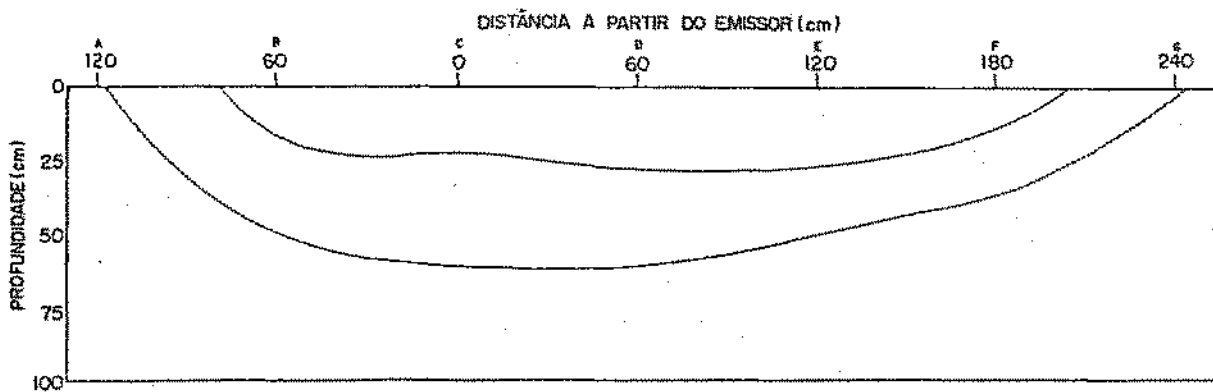


FIG. 38 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 2).

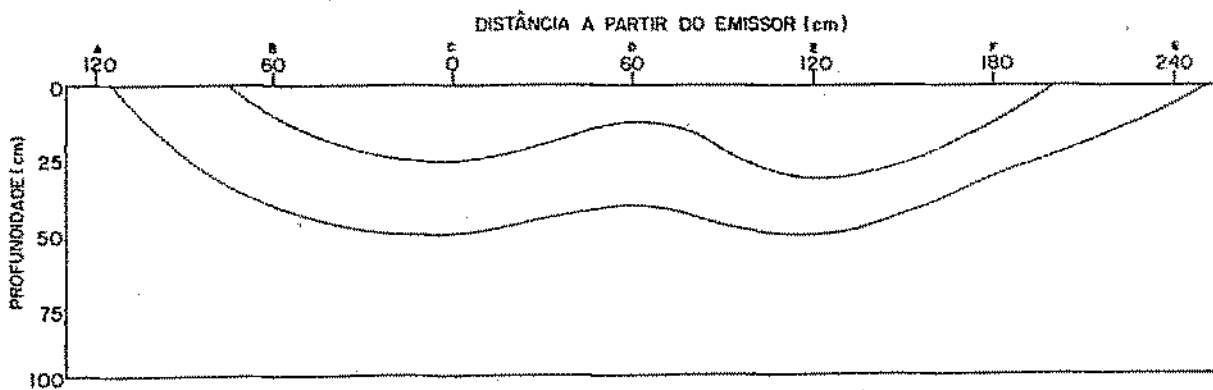
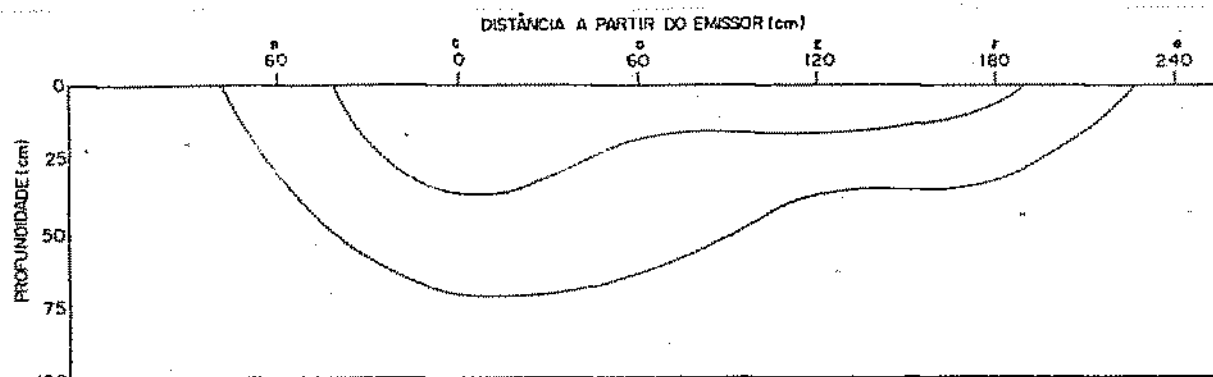


FIG. 39 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 3).



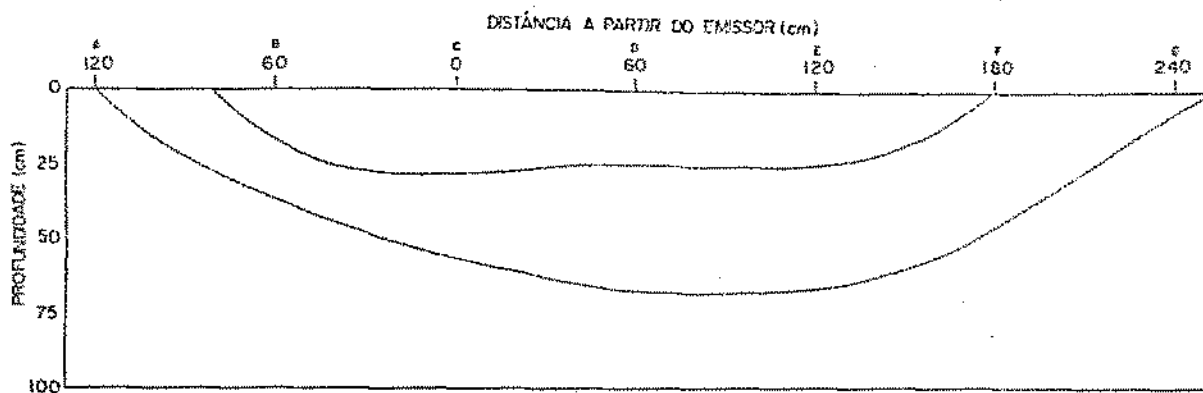


FIG. 41 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 5).

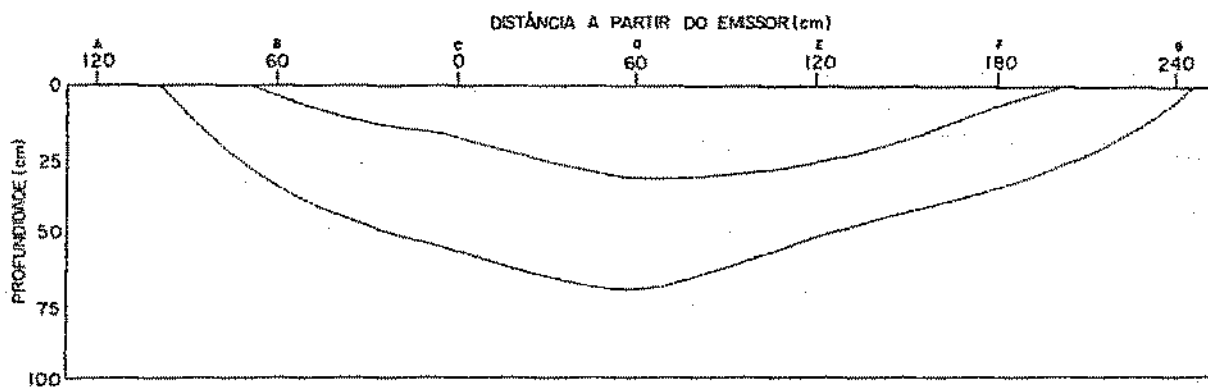


FIG. 42 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 6).

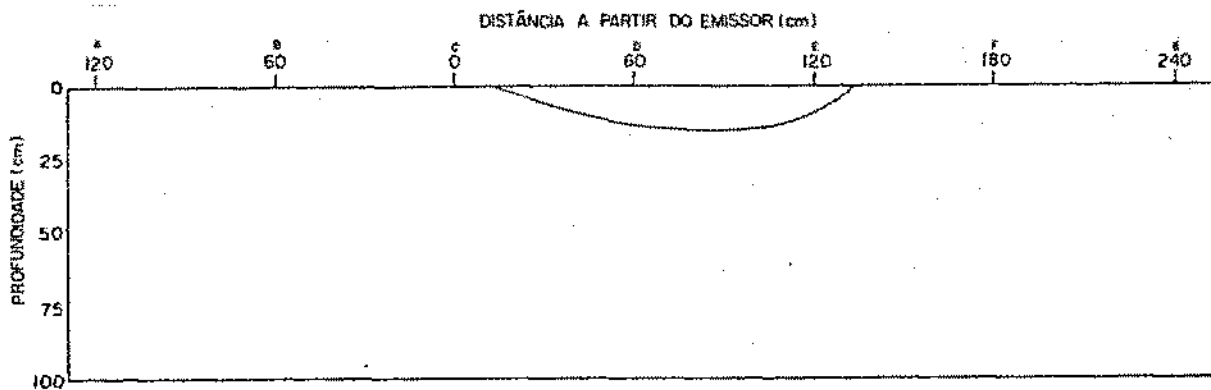


FIG. 43 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 7).

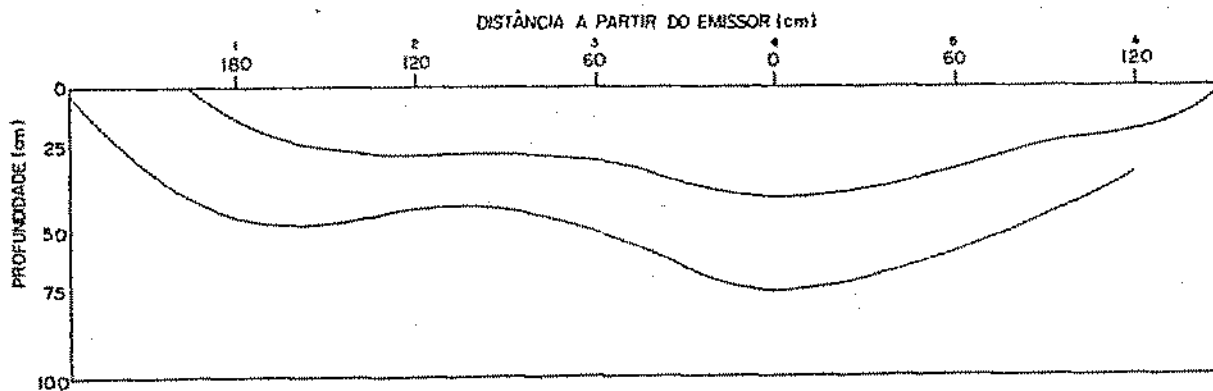


FIG. 44 - Limites do bulbo efetivo e da frente úmida para o tratamento C (na seção 8).

- ximos de 66,68 e 70cm, localizados abaixo do emissor;
- c) Existe, em todos os perfis uma grande distância entre os limites do bulbo efetivo e da frente de umedecimento;
- d) Tanto o bulbo efetivo como a frente de umedecimento sofreram distorções provocadas pelo vento. A quantificação destas distorções, em função da velocidade do vento, são dadas no Quadro 5.

QUADRO 5: Distorções no bulbo úmido.

VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	DISTORÇÕES (%)
2,62	215
2,54	281
2,03	216
1,80	50*
1,31	134
1,28	83

(*) Direção do vento variando do oeste a sudoeste.

Observa-se, no Quadro 5, uma distorção bem acentuada com ventos relativamente fracos.

7 - VOLUME DE ÁGUA INFILTRADO

Apesar da frente de umedecimento ser comumente usada para descrever a extensão da distribuição de umidade no solo,

ela não fornece informações a respeito da distribuição quantitativa da água no solo, ou seja, da quantidade de água acumulada a diferentes profundidades e distâncias do emissor. Para se ter uma idéia desta distribuição, calculou-se os volumes de água infiltrada no solo, por quadrícula, para cada tratamento (Tabelas 13, 14 e 15 do Anexo II).

Objetivando representar a distribuição da água numa base comparável para todos os tratamentos, os volumes de água armazenada, em cada quadrícula, foram expressos como percentagem do volume total infiltrado no solo. Os Quadros 6, 7 e 8 mostram estes valores percentuais para os tratamentos A, B e C, respectivamente. Estes quadros foram construídos de forma a representar a planta baixa da área experimental (Figura 5), onde o encontro de uma coluna com uma linha representa uma determinada quadrícula.

Somando-se as percentagens do volume total infiltrado nas quadrículas limitadas pelas colunas B e F e as linhas 1 e 6, do Quadro 6, obtém-se um total de 97,76%. Estas quadrículas representam uma área de 3,6m de comprimento e 3,0m de largura, na qual infiltrou-se uma lâmina média de 25,4mm, com máximo de 66,89mm e mínimo de 0,47mm.

As quadrículas limitadas pelas colunas B e F e pelas linhas 2 e 6, do Quadro 7, representam uma área de 3,0m de comprimento e 3,0m de largura. Nesta área acumulou-se 89,82% do volume de água infiltrado no solo no tratamento B. A lâmina média infiltrada foi de 35,96mm, com valores máximos e mínimos de 62,91 e 14,22mm, respectivamente.

QUADRO 6 - Distribuição percentual de água acumulada em cada quadrícula no tratamento "A".

Quadrícula	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
0	0	0,04	0,42	0,19	0,02	0	0	0,67
1	0,15	2,99	4,92	3,71	2,05	0,06	0	13,88
2	0,71	4,23	5,53	5,31	4,65	2,55	0	22,98
3	0,10	3,17	3,77	3,90	4,12	3,29	0	18,35
4	0,40	3,50	8,57	4,83	3,37	1,07	0	21,74
5	0,12	2,00	3,00	3,82	3,96	2,91	0	15,81
6	0	0,43	1,80	2,48	1,41	0,36	0,02	6,50
7	0	0	0,01	0,04	0,02	0	0	0,07
TOTAL	1,48	16,36	28,02	24,28	19,60	10,24	0,02	100

QUADRO 7 - Distribuição percentual de água acumulada em cada quadrícula no tratamento "B".

Quadrícula	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
1	0	0,15	2,32	1,93	0,54	0,05	0	4,99
2	0,19	3,67	4,75	5,72	4,03	1,98	0,10	20,42
3	0,63	3,66	4,72	4,77	4,57	2,65	0,36	21,36
4	0,05	1,68	6,28	3,66	3,19	2,41	0,98	17,75
5	0,52	3,48	4,58	4,62	3,89	3,27	0,69	21,05
6	0	1,42	2,90	3,05	2,66	2,23	0,39	12,65
7	0	0	0,22	1,23	0,27	0,06	0	1,78
TOTAL	1,39	14,06	25,77	24,98	19,13	12,65	2,02	100

QUADRO 8 - Distribuição percentual de água acumulada em cada quadrícula no tratamento "C".

Quadrícula	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
0	0	0	0,20	0,21	0,07	0	0	0,48
1	0	0,64	2,87	3,00	2,27	0,56	0	9,34
2	0,33	3,41	4,33	4,70	4,24	2,92	0,20	20,13
3	0,20	2,62	3,94	2,78	4,23	2,39	0,10	16,26
4	0	1,13	5,88	3,95	3,18	2,01	0,11	16,26
5	0,20	3,15	4,44	4,45	5,04	2,63	0,43	20,34
6	0,03	0,54	4,08	5,02	4,16	2,18	0,25	16,26
7	0	0	0,06	0,60	0,24	0,03	0	0,93
TOTAL	0,76	11,49	25,8	24,71	23,43	12,72	1,09	100

No Quadro 8, a região limitada pelas linhas 1 e 6 e pelas colunas B e F, acumulou 96,74% da água infiltrada no tratamento C, com uma lâmina média de 42,53mm, máxima de 77,54 e mínima de 7,12mm.

A distribuição quantitativa da água, nos três tratamentos, foi praticamente a mesma. Apenas no tratamento B a água distribuiu-se numa área menor, e, conseqüentemente, a percentagem média de água infiltrada, por quadrícula, foi um pouco maior (3,59%) que as dos tratamentos A e C (3,26 e 3,22%). Isto causou uma melhor distribuição da água tornando este tratamento o que apresenta o maior coeficiente de uniformidade de distribuição. A uniformidade de distribuição para os tratamentos A, B e C foi 61,52; 72,82 e 65,43%, respectivamente.

Observa-se ainda, nos Quadros 6, 7 e 8, que em média 75% da água aplicada ficou armazenada em aproximadamente 50% da área molhada. Isto mostra uma tendência do microaspersor de aplicar mais água próximo ao centro com relação à periferia. Esta tendência se acentua ainda mais, ao analisar-se as precipitações do microaspersor ED₂, que no terço central da área molhada apresenta uma precipitação média de 8mm/h, no terço seguinte uma precipitação média de 6,3 mm/h, e no terço final uma precipitação média de 1,6 mm/h, enquanto que a precipitação média total é 4,26 mm/h.

A Tabela 16 apresenta os volumes de água infiltrados, por camada de solo, nos tratamentos A, B e C. Observa-se que em todas as três camadas de solo consideradas, o volume de água aumenta entre os tratamentos A, B e C. Isto se dá em fun

ção do aumento no volume de solo umedecido e na umidade média em cada camada, como já era esperado devido ao aumento da lâmina aplicada entre os respectivos tratamentos.

TABELA 16: Volumes totais da água infiltrada, em litros, por profundidade e por tratamento.

CAMADA DE SOLO	TRATAMENTOS		
	A	B	C
0 - 25	260,44	321,20	371,87
25 - 50	19,72	39,09	94,53
50 - 75	0,65	0,35	8,35
TOTAL	280,81	360,64	474,75

8 - EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO

A eficiência de aplicação, as perdas por "percolação" e as perdas por evaporação são mostradas na Tabela 17.

TABELA 17: Eficiência de aplicação, perdas por percolação e perdas por evaporação.

TRATAMENTO	E_a (%)	P_p (%)	P_e (%)
A	85,80	6,71	7,49
B	79,39	0	20,61
C	75,62	0	24,38
MÉDIA	80,27	2,24	17,49

A análise da Tabela 17 mostra que a eficiência de apli

cação decresce e as perdas por evaporação aumentam, entre os tratamentos A, B e C. Isto ocorreu porque os tratamentos foram aplicados em diferentes etapas, o que favoreceu a evaporação, pois sempre que se iniciava uma nova etapa de irrigação a umidade relativa do ar, nas vizinhanças do emissor encontrava-se bastante baixa. Por isto, o tratamento C, que foi aplicado em três etapas, apresenta as maiores perdas por evaporação.

Observa-se ainda que o tratamento A apresentou perda por evaporação de apenas 7,49%, um valor razoável e consideravelmente menor que nos outros casos. Além disso, ocorreu perda por percolação inferior a 10%, que é o limite normalmente aceito para irrigação localizada. Ao se considerar a presença de sais na água de irrigação utilizada (Classe C_3S_1), essa percolação torna-se desejável para manutenção do equilíbrio na Condutividade Elétrica da solução do solo, desde que, naturalmente, se criem condições de drenagem de percolação. Entretanto, convém ressaltar que a "percolação" ocorreu apenas na frente de umedecimento, o que descaracteriza o termo, no seu conceito clássico.

Outro aspecto favorável ao tratamento A é o tempo de aplicação que é menor. Caso a lâmina aplicada seja suficiente para uma cultura qualquer, esse tratamento permitirá cobrir um maior número de sub-umidades de irrigação.

O valor médio de eficiência de aplicação (80,27%) sugere uma irrigação satisfatória. Entretanto, a eficiência de armazenamento de 62,95; 50,46 e 41,15% para os tratamentos A, B e C respectivamente, indicam que o volume de solo efetivamente irrigado ficou muito aquém do esperado.

4.9 - ANÁLISE DAS LIMITAÇÕES DO BULBO EFETIVO

A primeira vista, a conformação do bulbo úmido, mostrado nas Figuras 15 a 37, parece surpreender, pois esperava-se uma elevação de umidade do solo, ao nível de capacidade de campo, até as profundidades de 25, 50 e 75cm, e obteve-se apenas uma profundidade média de 8, 12 e 19cm, nos tratamentos A, B e C, respectivamente.

Os cálculos iniciais sobre os volumes necessários foram feitos com base em parâmetros (densidade global e capacidade de campo) obtidos anteriormente para a propriedade, cedidos pelo GAT (ver Tabela 1 do Anexo 1). Contudo, ao se medir esses mesmos parâmetros no local, após os testes, verificou-se que foram aplicados apenas 89,85; 92,04 e 77,73% do volume d'água necessário para elevar o perfil do solo ao nível de capacidade de campo nos tratamentos A, B e C, respectivamente.

Aliando-se a isto o fato de que 7,49; 20,61 e 24,38% deste volume aplicado se perdeu por evaporação, verifica-se que apenas 83,12; 73,06 e 58,78% do volume necessário realmente infiltrou-se no solo. Lembrando ainda que este volume d'água infiltrou-se numa área 35% maior que a considerada, pode-se concluir que a profundidade média do bulbo efetivo esperada passa a ser 15,38; 24,13 e 29,46cm para os tratamentos A, B e C, respectivamente.

Estas profundidades, no entanto, não foram alcançadas por que o solo estudado apresenta uma barreira adensada a aproximadamente 22cm de profundidade, conforme pode-se verificar na des

crição pedológica do perfil no Anexo I. Esta barreira, por apresentar poros muito pequenos, dificultou o movimento da água, impedindo assim que o bulbo descesse.

Aliado a isto, a pequena precipitação do microaspersor (4,26 mm/h) também contribuiu para que o movimento de água no solo fosse mais influenciado pelo potencial matricial, e, consequentemente, que a frente de umedecimento (movimento de água por microporos) se deslocasse mais rapidamente que o bulbo efetivo (movimento de água predominantemente por macroporos). Isto torna a precipitação do microaspersor ED_2 pouco eficaz na formação do bulbo úmido em solos com grande predominância de poros pequenos.

A metodologia de tradagem usada na retirada das amostras para determinar a umidade do solo, antes e após a aplicação dos tratamentos, pode ter ocasionado um certo erro. Além disto, a interpolação usada na determinação dos limites do bulbo efetivo e da frente de umedecimento, dá um erro de $\pm 12,5$ cm.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A área superficial molhada pelo microaspersor ED₂, nas condições de vento estudada, foi de 11,89; 12,79 e 13,43 m² nos tratamentos A, B e C, respectivamente. Estas áreas são, em média, 35% maior que a obtida em condição de ausência de vento.

- Para as condições de velocidade do vento observadas (de 1,13 a 2,87 m/s) as distorções na área superficial molhada pelo microaspersor ED₂, foi de 24,6 a 255,82%. Tais condições de vento são consideradas amenas e bastante frequentes, em condições de campo.

- A profundidade média do bulbo efetivo foi de 8, 12 e 19cm, com valores máximos de 22,31 e 37cm, nos tratamentos A, B e C, respectivamente, ficando aquêm das profundidades esperadas.

- A frente de umedecimento alcançou, nos tratamentos A, B e C, uma profundidade média de 31, 40 e 48cm, respectivamente, apresentando-se distanciada do bulbo efetivo.

- A uniformidade de distribuição foi de 61,52; 72,82 e 65,43%, nos tratamentos A, B e C, respectivamente.

- Nas condições de clima estudado, a eficiência de aplicação média foi de 80,27%, chegando a 85,80% para o tratamento A.

- Nos tratamentos A, B e C, as eficiências de armazenamen

to foram de 65,71; 50,51 e 41,15%, respectivamente.

- A presença de barreira pouco permeável no perfil do solo pode comprometer seriamente a formação de bulbo na irrigação por microaspersão.

- O microaspersor ED₂ apresentou grande sensibilidade ao efeito de ventos, mesmo amenos, apresentando considerável tendência a pulverização de jato d'água.

- Com o objetivo de obter-se mais informações sobre o desempenho do microaspersor ED₂ sob condições de campo, recomenda-se:

- . Conduzir estudos similares para diferentes tipos de solo.
- . Proceder a determinação da umidade do solo de preferência com o uso de tensiômetro e/ou sonda de neutrons.
- . Determinar a umidade do solo em intervalos de profundidade os menores possíveis, para diminuir o erro de interpolação.
- Recomenda-se que sejam realizados estudos sobre efeitos de ventos na uniformidade de aplicação e na eficiência de aplicação, num sistema de irrigação por microaspersão.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, J. M. H.; LOPEZ, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. Componentes de la Instalación. In: III Curso Internacional de Riego Localizado. Centro Regionas de las Islas Canárias, Tenerife, INIA/ESPANÑA, 1983.

ALMEIDA Jr. H. S. C. Propagação tridimensional da frente úmida por cápsulas porosas. Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba, 1985, 136p (Tese de Mestrado).

AZEVEDO, H. M. Características de infiltração em sulcos abertos e fechados. Campina Grande. Universidade Federal da Paraíba, 1975. 56p (Tese de Mestrado).

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária, 1985.

BRESLER, E. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. Irrigation Science, 1: 3-17, 1978.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; WARRICK, A. W. Principles, practices, and potentialities of trickle (drip) irrigation, In: Hillel, D. Advances in irrigation. Academic Press. 1982.

CHOUHDURY, T. N.; MORGADO, L. B. & ANIOS, J. B. dos. Efeito do manejo do solo na compactação e produção de melancia irrigada

da. Boletim de Pesquisa Nº 29, CPATSA, Petrolina, PE, 1986 ,
24p.

DAKER, A. A água na agricultura: irrigação e drenagem. 6^a. ed.
Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1984, 3^o Vol, 453p.

EMBRAPA - SNLCS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de
Janeiro, 1979.

FERRERES, E. C. Papel de la fisiología vegetal en la
microirrigación; recomendación para o manejo mejorado. In:
II Congreso Latino Americano de Microirrigación, Barquisi-
meto, Venezuela. 1981.

GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua y
requerimientos de riego con fines de formulación y diseño
de proyectos. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 1968. 96p.

_____. Métodos de riego. CIDIAT. Documento 72 - Mérida,
Venezuela, 1972, 270p.

GUROVICH, L. A. Eficiência de riego. Petrolina, PE, EMBRAPA /
CPATSA, 1979.

HADAS, A. Water retention and flow in soils. In: Ecological
Studies 5 - Arid zone irrigation. 1973.

HACHUM, A. Y.; ALFARO, J. F. & WILLARDSON, L. S. Water movement
in soil from trickle source. Journal of the Irrigation and
Drainage Division. 102(2): 179-192. 1976.

HILLEL, D. Solo e água - fenômenos e princípios físicos. Porto

Alegre, UFRGS, 1970.

_____. The field-water cycle and its management. In: HILLEL, D. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980.

ISRAELSEN, O. E. & HANSEN, V. E. Principios e aplicaciones del regadío. 2.^a ed. Barcelona, Reverté, 1965. 393p.

JENSEN, M. E.; SWARNER, L. R.; PHELAN, J.T. Improving Irrigation Efficiencies. In: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R. & EDMINSTER, T. W., ed. Irrigation of agricultural lands. Madison, American Society of Agronomy, 1967.

KAUL, R. K. & MICHAEL, A. M. Moisture front advances under a point source of water application. Journal of Agricultural Engineering. 19(2): 1 - 8.

KELLER, J. & KARMELI, D. Trickle irrigation design First edition. California, Rain Bird Manufacturing Company. 1975. 133p.

LEVIN, I.; VAN ROOYEN, P. C. & VAN ROOYEN, F. C. The effect to discharge rate and intermittent water application by point - source irrigation on the soil moisture distribution pattern. Soil Sci. Soc. Am. J., 43: 8-16. 1979:

LOCKINGTON, D.; PARLANGE, J. Y. & SURIN, A. Optimal prediction of saturation and wetting fronts during trickle irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 488-494. 1984.

LOPEZ, J. R. Diseño Hidráulico. In: III Curso Internacional de

Riego Localizado, Tomo I, Vol. 3, INIA/ESPAÑA, Tenerife, 1983.

MACHINI, F. L.; ULLOA, A. C.; MARTIN - GAMERO, E.B.; POMPA, P.G.; PEON, J. A.; BALMAGEDA, A.G.; RODRIGO, J. L. & QUERO, R.N. Memória de riego localizado. Comisión de Estudios de la Instrucción sobre Riego a Presión (Aspersión y Localizado). IRIDA/MA, España, 1980.

MILLER, E. E. & KLUTE, A. The dynamics of soil water-mechanical forces. In: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R. & EDMINSTER, T. W. ed. Irrigation of agricultural lands. Madison, American Society of Agronomy, 1967.

MOMPÓ, C. R. Água - Suelo. In: III Curso Internacional de Riego Localizado. Tomo II, Vol. 1, INIA/ESPÑA, Tenerife, 1983.

NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. & ERD, K. T. Spatial variability of field-measured soil-water properties. Hilgardia. 43: 219-259. 1973.

NIR, D. Drip irrigation. In: FINKEL, H. J. CRC Handbook of irrigation technology. Flórida, CRC Press, 1982, 247-298.

OLITTA, A. F. L. Os métodos de irrigação. São Paulo. Ed. Nobel, 1977.

REGO, G.M.A.M. Desenvolvimento de um microaspersor fixo, de baixa pressão e distribuição setorial, para irrigação localizada. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1985. (Tese de Mestrado).

- RICHARDS, L. A. ed. Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos. México, Ed. Limusa, 1982, 172p.
- REICHARDT, K. Processos de transferencia no sistema solo-planta - atmosfera. 4.^a ed., Campinas, Fundação Cargill, 1985.
- RUSSO, D. & BRESLER, E. Soil hydraulic properties as stochastic processes: I. An analysis of field spatial variability. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 682-687. 1981.
- SAMPAIO, F. M. A. S. Distribuição da água em solos irrigados por gotejamento, Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1976. 45p (Tese de Mestrado).
- SILVA, A. T. & DUARTE, E. F. Irrigação: Fundamentos e métodos. UFRJ, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, 1980.
- USA - Soil Conservation Service. Trickle irrigation National Engineering Handbook, section 15, chapter 7 (Draft). 1978.
- WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. Spatial variability Soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980.

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE
CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

Interessado: GAT / SUEP
Propriedade: Prensa/Souza-PB
Proprietário: João Arsênio dos Santos
N.º da(s) Amostra(s): 383/Poço da Bomba
Data de Entrega: 19/12/84

ANÁLISE DE ÁGUA

Condutividade Elétrica — μ mhos/cm a 25°C

1.093

Potencial Hidrogeniônico (p^H)

7,0

meq / l	Cloretos	5,50
	Sulfatos	Presença
	Carbonatos	0,00
	Bicarbonatos	3,85
	Cálcio	2,60
	Magnésio	3,42
	Sódio	6,80
	Potássio	0,03

Recomendações

Água da classe C_3S_1 , de alta salinidade e baixo teor de sódio. Poderá ser usada sempre e quando há um grau moderado de lixiviação, para as plantas tolerantes aos sais.

Analista

Visto
Marcos Antonio Firmino Batista
Chefe do Laboratório de Irrigação e Salinidade

PERFIL Nº _____

DATA: 22/11/85

PROJETO: GAT - Propriedade Prensa - Souza - PB

CLASSIFICAÇÃO: REGOSOL EUTRÓFICO COM FRAGIPAN FASE CAATINGA HIPERXERÓFILA RELEVO PLANO

LOCALIZAÇÃO: SOUZA-PB, Propriedade Prensa, em área irrigada

SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Trincheira aberta em área plana (0-3%) a 350m da casa sede

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA:

MATERIAL ORIGINÁRIO: Saprolito de granito (?)

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL: Plano a ondulado

DRENAGEM: Moderadamente drenado

EROSÃO: Laminar ligeira

VEGETAÇÃO LOCAL:

VEGETAÇÃO REGIONAL: Caatinga hiperxerófila

PEDREGOSIDADE/ROCHOSIDADE: Ausente

USO ATUAL:

A_p - 0-22 cm; _____ (10 YR 3/5, U); franco arenoso, maciça não coerente; muitos poros pequenos a médios; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.

C₁ - 22-72 cm; _____ (10 YR 5/5, U); franco arenoso; maciça muito coerente, muitos poros pequenos; extremamente duro, friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

C₂ - 72-106 cm; _____ (10 YR 5/6, U); mosqueado pequeno difuso _____ (7,5 YR 4/6, U); muitos poros pequenos; extremamente duro, friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

C_{3x} - 106-120 cm+; _____ (10 YR 6/4m U); mosqueado pequeno difuso _____ (7,5 YR 4/6, U); areia franca; maciça muito coerente; poros comuns pequenos; extremamente duro, muito firme, não plástico e não pegajoso.

Raízes: Poucas finas no A_p; raras finas no C₁.

TABELA 1: Características físico-hídricas do solo do Sítio Prensa (cedidas pelo GAT).

CARACTERÍSTICA	PROFUNDIDADE	AMOSTRAS			MÉDIA	
		I	II	III		
GRANULOMETRIA (%)	AREIA	0 - 30	71,14	68,06	73,25	70,82
		30 - 60	68,94	66,98	65,02	66,98
		60 - 90	66,97	69,03	62,98	66,33
	SILTE	0 - 30	24,33	24,35	22,23	23,64
		30 - 60	22,42	28,47	28,41	26,43
		60 - 90	26,44	24,39	28,42	26,42
	ARGILA	0 - 30	4,53	7,59	4,52	5,55
		30 - 60	8,64	4,55	6,57	6,59
		60 - 90	6,59	6,58	8,60	7,26
CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL	0 - 30	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	FRANCO ARENOSO	-	
	30 - 60	" "	" "	" "	-	
	60 - 90	" "	" "	" "	-	
DENSIDADE GLOBAL (g/cm ³)	0 - 30	1,36	1,56	1,58	1,50	
	30 - 60	1,38	1,40	1,49	1,42	
	60 - 90	1,33	1,36	1,41	1,37	
CAPACIDADE DE CAMPO	0 - 30	12,42	10,85	9,12	10,80	
	30 - 60	13,11	12,45	11,38	12,31	
	60 - 90	12,57	11,81	12,63	12,34	

ANEXO 11

TABELA 10: Umidade do solo, em percentagem, após a aplicação do tratamento A.

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
OB	0	10,83	0,79	0,8	4,14	5,79
	25	5,96	3,27	3,98	4,40	1,39
OC	0	14,48	0,79	0,8	5,36	7,90
	25	6,26	3,27	3,98	4,50	1,56
	50	8,09	5,38	6,88	6,78	1,36
OD	0	12,54	0,79	0,8	4,71	6,78
	25	7,61	3,27	3,98	4,95	2,33
	50	7,63	5,38	6,88	6,63	1,14
OE	0	10,53	0,79	0,8	4,04	5,62
	25	5,70	3,27	3,98	4,32	1,25
IA	0	7,58	8,36	0,8	5,58	4,16
	25	3,80	4,51	3,98	4,09	0,37
IB	0	13,36	16,10	0,8	10,09	8,16
	25	7,85	5,80	3,98	5,88	1,94
	50	8,10	5,98	6,88	6,99	1,06
IC	0	16,49	15,89	11,95	14,78	2,47
	25	6,85	7,30	8,49	7,55	0,85
	50	9,32	5,07	6,50	6,96	2,16
ID	0	15,09	13,14	12,34	13,52	1,41
	25	6,49	4,74	NÃO	5,61	1,24
	50	4,90	4,57	7,84	5,77	1,80
IE	0	13,70	7,52	10,17	10,46	3,10
	25	5,24	2,62	4,69	4,18	1,38
	50	4,07	5,38	8,12	5,85	2,07
IF	0	10,26	0,79	0,8	3,95	5,46
	25	5,03	3,27	3,98	4,09	0,88

Continuação da TABELA 10.

LOCAL	PROFUNDIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
2A	0	9,67	12,92	8,72	10,44	2,20
	25	3,90	5,72	4,53	4,72	0,92
2B	0	12,71	17,11	12,45	14,09	2,62
	25	4,57	9,85	5,08	6,5	2,91
	50	5,99	7,42	7,84	7,08	0,97
2C	0	13,32	15,12	14,41	14,28	0,91
	25	6,03	9,57	10,18	8,59	2,24
	50	6,47	6,66	8,00	7,04	0,83
2D	0	14,66	16,51	14,70	15,29	1,06
	25	5,08	8,19	10,36	7,88	2,65
	50	5,16	5,69	10,68	7,14	2,99
2E	0	14,13	9,70	16,00	13,28	3,23
	25	6,18	4,13	12,32	7,54	4,26
	50	3,89	4,97	8,60	5,82	2,47
2F	0	14,09	7,53	12,51	11,38	3,42
	25	6,98	3,00	6,56	5,51	2,19
	50	5,83	5,38	7,64	6,28	1,20
3A	0	1,18	8,25	8,06	5,83	4,03
	25	4,41	5,35	3,58	4,45	0,89
3B	0	11,32	13,97	12,12	12,47	1,36
	25	3,84	5,42	4,81	4,69	0,80
	50	5,99	6,76	4,79	5,85	0,99
3C	0	13,05	16,01	12,46	13,84	1,9
	25	4,80	5,23	6,33	5,45	0,79
	50	5,99	5,38	6,11	5,83	0,39
3D	0	12,97	14,19	14,01	13,72	0,66
	25	6,33	4,49	6,86	5,89	1,24
	50	6,77	6,75	6,93	6,82	0,1

Continuação da TABELA 10.

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
3E	0	13,77	12,83	NÃO	13,30	0,66
	25	6,05	4,97	8,95	6,66	2,06
	50	6,79	9,92	6,99	7,9	1,75
3F	0	10,48	8,9	10,92	10,1	1,06
	25	4,88	3,89	8,15	5,64	2,23
	50	5,99	5,38	7,49	6,29	1,09
4A	0	1,18	5,64	0,8	2,54	2,69
	25	4,41	4,98	3,98	4,45	0,50
	50	5,99	7,62	6,88	6,83	0,82
4B	0	13,42	13,72	8,61	11,92	2,87
	25	5,85	8,37	3,08	5,77	2,65
	50	6,66	8,07	6,88	7,20	0,76
4C	0	15,42	18,83	13,97	16,07	2,49
	25	12,18	12,59	9,19	11,32	1,85
	50	8,75	8,19	7,59	8,18	0,58
4D	0	17,27	13,16	14,86	15,10	2,06
	25	7,40	4,76	9,17	7,11	2,22
	50	5,79	7,28	7,29	6,79	0,86
4E	0	14,60	11,59	13,18	13,12	1,51
	25	6,32	3,96	4,08	4,79	1,33
	50	4,57	5,38	6,08	5,34	0,76
4F	0	10,68	8,48	11,71	10,29	1,65
	25	4,43	3,09	6,08	4,53	1,50
	50	5,99	5,38	5,53	5,63	0,32
5A	0	8,99	9,11	0,8	6,3	4,76
	25	4,93	3,83	3,98	4,25	0,60

Continuação da TABELA 10.

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
5B	0	12,19	12,97	8,61	11,26	2,33
	25	5,17	5,26	2,60	4,34	1,51
	50	6,63	7,74	6,88	7,08	0,58
5C	0	14,30	11,93	9,49	11,91	2,40
	25	4,94	5,96	3,0	4,63	1,50
	50	5,99	5,47	6,88	6,11	0,71
5D	0	13,01	17,57	12,31	14,30	2,86
	25	5,41	4,22	6,20	5,28	1,00
	50	4,98	5,38	4,64	5,00	0,37
5E	0	14,10	10,75	15,31	13,39	2,36
	25	6,24	4,40	8,12	6,25	1,86
	50	5,70	5,38	5,71	5,6	0,19
5F	0	11,40	NÃO	13,77	12,59	1,67
	25	4,81	3,49	5,47	4,59	1,01
	50	4,67	5,38	4,64	4,90	0,42
5G	0	1,18	0,79	5,44	2,47	2,58
	25	4,41	3,27	4,82	4,17	0,80
6A	0	1,18	8,02	0,8	3,33	4,06
	25	4,41	3,48	3,98	3,96	0,46
6B	0	8,01	10,03	0,8	6,28	4,85
	25	2,53	4,01	3,98	3,51	0,84
6C	0	9,45	10,00	8,19	9,21	0,93
	25	4,33	4,98	3,12	4,14	0,94
	50	5,99	4,78	6,88	5,88	1,05
6D	0	10,31	10,20	9,62	10,04	0,37
	25	6,46	3,92	3,63	4,67	1,56

Continuação da TABELA 10.

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
6E	0	4,53	7,89	12,00	8,14	3,74
	25	4,36	3,41	4,05	3,94	0,48
	50	5,99	5,21	5,97	5,72	0,44
6F	0	1,18	0,79	13,59	5,19	7,28
	25	4,41	3,27	5,49	4,39	1,11
	50	5,99	5,38	5,84	5,74	0,32
6G	0	1,18	0,79	7,76	3,24	3,92
	25	4,41	3,27	3,82	3,83	0,57
7C	0	1,18	3,83	0,8	1,94	1,65
	25	4,41	2,79	3,98	3,73	0,84
7D	0	1,18	0,79	6,29	2,75	3,07
	25	4,41	3,27	2,85	3,51	0,81
7E	0	4,18	0,79	6,63	2,87	3,26
	25	4,41	3,27	2,12	3,27	1,14

TABELA 11: Umidade do solo, em porcentagem, após a aplicação do tratamento B.

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
1B	0	0,05	9,18	11,40	6,88	6,01
	25	5,46	3,40	4,87	4,58	1,06
	50	5,93	8,11	7,44	7,16	1,12
	75	5,50	12,94	7,68	8,71	3,82
1C	0	5,67	12,47	18,23	12,12	6,29
	25	5,25	9,25	10,39	8,30	2,70
	50	5,46	5,32	4,46	5,08	0,54
	75	3,71	12,94	7,68	8,11	4,63
1D	0	9,76	13,47	14,52	12,58	2,50
	25	4,73	8,38	7,28	6,80	1,87
	50	5,17	4,70	4,75	4,87	0,26
	75	3,87	12,94	7,68	8,16	4,55
1E	0	12,15	10,97	1,04	8,05	6,10
	25	5,50	4,08	4,87	4,82	0,71
	50	4,80	8,11	7,44	6,78	1,75
1F	0	11,31	0,65	1,04	4,33	6,04
	25	4,75	6,04	4,87	5,22	0,71
2A	0	1,06	8,17	13,40	7,54	6,19
	25	5,67	3,63	6,44	5,25	1,45
	50	6,97	8,11	5,81	6,96	1,15
2B	0	8,58	15,38	16,55	13,50	4,30
	25	5,48	11,62	12,37	9,82	3,78
	50	6,97	5,42	11,03	7,81	2,90
	75	8,64	12,94	6,01	9,20	3,50
2C	0	14,38	17,80	16,78	16,32	1,76
	25	5,53	12,37	12,84	10,25	4,09
	50	4,65	5,52	12,97	7,71	4,57
	75	8,64	12,94	5,52	9,03	3,73

Continuação da TABELA 11:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
2D	0	18,33	16,29	19,12	17,91	1,46
	25	10,69	12,27	11,33	11,43	0,79
	50	4,52	6,41	9,36	6,76	2,44
	75	2,78	12,94	5,78	7,17	5,22
2E	0	16,65	13,97	14,88	15,17	1,36
	25	5,97	10,36	11,41	9,25	2,89
	50	6,97	5,06	6,57	6,20	1,01
	75	8,64	12,94	5,76	9,11	3,61
2F	0	17,56	11,21	9,03	12,60	4,43
	25	5,70	4,38	3,97	4,68	0,90
	50	4,98	4,59	7,44	5,67	1,54
2G	0	9,09	0,65	1,04	3,59	4,76
	25	4,98	6,04	4,87	5,30	0,65
	50	5,03	8,11	7,44	6,86	1,62
	75	4,74	12,94	7,68	8,45	4,15
3A	0	8,63	8,38	12,05	9,69	2,05
	25	5,28	4,48	5,53	5,10	0,55
	50	6,97	5,76	7,44	6,72	0,87
3B	0	13,94	15,29	16,14	15,12	1,11
	25	6,98	11,78	13,66	10,81	3,44
	50	5,01	5,30	5,66	5,32	0,33
	75	5,73	8,00	8,52	7,42	1,48
3C	0	16,27	16,02	16,32	16,20	0,16
	25	10,35	10,92	12,23	11,16	0,97
	50	4,49	5,26	9,85	6,53	2,90
	75	5,85	7,61	6,93	6,80	0,89

Continuação da TABELA 11:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
3D	0	17,36	15,05	16,89	16,43	1,22
	25	9,29	10,45	12,79	10,84	1,78
	50	4,98	5,14	11,87	7,33	3,93
	75	5,29	7,77	8,73	7,26	1,77
3E	0	16,86	14,76	14,56	15,39	1,27
	25	10,53	9,85	11,30	10,56	0,72
	50	6,83	6,09	5,98	6,30	0,46
	75	6,00	8,95	8,52	7,82	1,59
3F	0	18,08	12,03	13,76	14,62	3,12
	25	5,63	7,21	5,53	6,12	0,94
	50	6,27	5,11	6,00	5,79	0,61
	75	4,52	12,94	7,68	8,38	4,25
3G	0	10,82	0,65	1,04	4,17	5,76
	25	3,60	6,04	4,87	4,84	1,22
	50	5,49	8,11	7,44	7,01	1,36
4A	0	0,8	0,65	8,93	3,46	4,74
	25	5,67	6,04	3,63	5,11	1,30
4B	0	10,17	12,27	13,54	11,99	1,70
	25	5,14	5,97	4,30	5,14	0,83
	50	6,97	5,07	6,04	6,03	0,95
4C	0	NÃO	18,60	16,91	17,75	1,19
	25	13,52	11,39	11,42	12,11	1,22
	50	10,91	8,44	6,33	8,56	2,29
	75	6,08	12,94	7,68	8,90	3,59
4D	0	17,42	15,52	14,52	15,82	1,47
	25	7,09	8,42	8,31	7,94	0,74
	50	5,77	4,83	7,44	6,01	1,32
	75	6,03	12,94	7,68	8,88	3,61

Continuação da Tabela 11:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
4E	0	15,43	13,19	12,70	13,77	1,45
	25	7,10	8,50	8,12	7,91	0,72
	50	6,97	4,09	6,02	5,69	1,47
4F	0	13,95	10,28	12,36	12,20	1,84
	25	6,56	3,80	8,82	6,39	2,51
	50	6,84	8,11	6,03	6,99	1,05
	75	6,24	7,44	7,68	7,12	0,77
4G	0	9,03	0,65	9,12	6,27	4,86
	25	4,53	6,04	3,71	4,76	1,18
	50	7,86	8,11	7,44	7,80	0,34
	75	5,58	12,94	7,68	8,73	3,79
5A	0	1,06	10,52	9,60	7,06	5,22
	25	5,67	5,38	3,91	4,99	0,94
	50	6,97	6,49	7,44	6,97	0,47
5B	0	12,96	13,22	14,35	13,51	0,74
	25	6,13	11,26	8,78	8,72	2,56
	50	7,09	5,35	7,44	6,63	1,12
	75	5,88	12,94	7,68	8,83	3,67
5C	0	15,91	14,08	16,30	15,43	1,18
	25	6,44	11,53	12,43	10,13	3,23
	50	5,23	5,31	7,44	5,99	1,25
	75	4,90	12,94	7,02	8,29	4,17
5D	0	18,35	13,80	14,70	15,62	2,41
	25	10,40	10,00	NÃO	10,20	0,28
	50	7,61	5,63	7,27	6,84	1,06
	75	11,45	12,94	7,68	10,69	2,71

Continuação da TABELA 11:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
5E	0	17,27	13,59	13,46	14,77	2,16
	25	7,45	9,60	10,19	9,08	1,44
	50	7,61	4,90	6,58	6,36	1,37
	75	10,36	12,94	7,68	10,33	2,63
5F	0	17,82	13,94	10,54	14,10	3,64
	25	NÃO	9,04	6,97	8,00	1,46
	50	NÃO	5,19	6,56	5,87	0,97
	75	NÃO	12,94	7,68	10,31	3,72
5G	0	NÃO	0,65	6,99	3,82	4,48
	25	NÃO	6,04	3,92	4,98	1,50
6B	0	NÃO	14,56	9,29	11,92	3,73
	25	NÃO	7,11	4,33	5,72	1,96
	50	NÃO	5,28	4,85	5,06	0,30
6C	0	16,04	12,61	12,48	13,71	2,02
	25	6,97	9,31	5,09	7,12	2,11
	50	5,60	5,49	7,44	6,18	1,09
	75	6,69	8,10	7,68	7,49	0,72
6D	0	16,68	12,64	9,92	13,08	3,40
	25	11,25	7,84	4,55	7,88	3,35
	50	7,09	7,83	7,44	7,45	0,37
	75	6,58	10,29	7,68	8,18	1,90
6E	0	18,39	12,77	8,74	13,30	4,85
	25	11,64	4,46	3,22	6,44	4,54
	50	7,44	5,93	7,44	6,94	0,87
	75	6,71	10,12	7,68	8,17	1,76

Continuação da TABELA II:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
6F	0	18,74	13,07	8,52	13,44	5,12
	25	8,16	5,11	2,56	5,28	2,80
	50	8,00	5,46	7,44	6,97	1,33
	75	9,15	12,94	7,68	8,44	2,51
6G	0	11,10	0,65	NÃO	5,87	7,39
	25	5,88	6,04	3,11	5,01	1,65
	50	5,86	8,11	7,44	7,14	1,15
7G	0	11,16	8,37	1,04	6,86	5,23
	25	5,34	4,53	4,87	4,91	0,41
	50	6,97	5,24	7,44	6,55	1,16
7D	0	14,77	7,07	8,22	10,02	4,15
	25	4,22	4,88	4,04	4,38	0,44
	50	6,97	7,05	7,44	7,15	0,25
	75	8,64	9,00	7,68	8,44	0,68
7E	0	12,87	0,65	1,04	4,85	6,94
	25	5,52	6,04	4,87	5,48	0,59
	50	5,34	8,11	7,44	6,96	1,44
7F	0	10,18	0,65	1,04	3,96	5,39
	25	5,72	6,04	4,87	5,54	0,60
	50	6,43	8,11	7,44	7,33	0,85

TABELA 12: Umidade do solo, em porcentagem, após a aplicação do tratamento C.

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
OC	0	0,91	7,61	8,49	5,67	4,14
	25	5,38	4,30	4,96	4,88	0,54
	50	6,59	5,85	7,40	6,61	0,77
OD	0	0,91	5,50	1,07	2,49	2,60
	25	5,38	5,55	5,40	5,44	0,09
OE	0	0,91	0,61	9,26	3,59	4,91
	25	5,38	5,84	3,94	5,05	0,99
1B	0	2,03	10,50	13,44	8,65	5,92
	25	5,95	4,36	NÃO	5,15	1,12
	50	4,21	5,85	NÃO	5,03	1,16
	75	5,97	8,43	7,41	7,27	1,24
1C	0	10,13	16,16	16,03	14,11	3,44
	25	4,73	11,81	11,29	9,28	3,95
	50	4,42	4,72	5,30	4,81	0,45
	75	8,55	6,20	4,56	6,44	2,01
1D	0	13,14	14,24	15,09	14,16	0,98
	25	6,71	9,64	12,37	9,57	2,83
	50	7,22	5,66	7,48	6,79	0,98
	75	6,08	4,97	6,77	5,94	0,91
1E	0	13,23	14,43	15,50	14,39	1,13
	25	5,89	5,06	11,08	7,34	3,26
	50	8,58	5,46	8,07	7,37	1,67
	75	10,02	8,43	8,96	9,14	0,81
1F	0	9,73	8,22	12,93	10,29	2,40
	25	5,96	6,18	7,57	6,57	0,87
	50	8,81	5,85	4,57	6,41	2,17

Continuação da TABELA 12:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
2A	0	0,91	12,63	1,07	4,87	6,72
	25	5,38	8,00	5,40	6,26	1,51
	50	6,59	4,52	6,39	5,83	1,14
2B	0	11,95	16,81	16,77	15,18	2,79
	25	6,62	11,92	12,77	10,44	3,33
	50	4,76	4,69	5,76	5,07	0,60
	75	6,40	8,43	4,51	6,45	1,96
2C	0	14,16	18,41	16,45	16,34	2,13
	25	10,60	11,95	11,91	11,49	0,77
	50	7,66	4,96	11,00	7,87	3,03
	75	6,64	6,21	5,36	6,07	0,65
2D	0	15,32	17,97	15,98	16,42	1,38
	25	11,64	13,46	12,21	12,44	0,93
	50	6,42	13,47	4,83	8,24	4,60
	75	6,35	5,67	6,62	6,21	0,49
	100	11,30	7,65	7,38	8,78	2,19
2E	0	17,67	17,84	14,53	16,68	1,87
	25	10,01	13,71	13,32	12,35	2,03
	50	7,77	5,25	5,03	6,02	1,52
	75	6,75	4,91	6,31	5,99	0,96
2F	0	17,24	16,94	13,58	15,92	2,03
	25	6,89	11,05	9,34	9,09	2,09
	50	8,54	5,15	4,83	6,17	2,05
	75	6,82	4,54	7,38	6,25	1,50
2G	0	7,40	0,61	10,87	6,29	5,22
	25	5,01	5,84	3,07	4,64	1,42
3A	0	0,91	11,53	1,07	4,50	6,08
	25	5,38	4,14	5,40	4,97	0,72

Continuação da TABELA 12:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
3B	0	11,72	14,74	15,16	13,87	1,88
	25	6,21	11,62	8,45	8,76	2,72
	50	5,03	6,24	4,52	5,26	0,88
	75	8,55	8,69	6,62	7,95	1,16
3C	0	14,19	15,96	17,34	15,83	1,58
	25	10,20	12,15	13,18	11,84	1,51
	50	5,88	5,76	5,65	5,76	0,11
	75	6,07	8,43	6,62	7,04	1,23
3D	0	16,09	16,31	10,92	14,44	3,05
	25	10,72	13,09	2,90	8,90	5,33
	50	4,82	6,82	6,39	6,01	1,05
	75	5,00	5,68	6,62	5,77	0,81
3E	0	15,04	17,90	15,26	16,07	1,59
	25	NÃO	13,62	11,77	12,69	1,31
	50	6,45	4,85	4,46	5,25	1,05
	75	7,01	8,43	6,62	7,35	0,95
3F	0	17,35	15,63	14,19	15,72	1,58
	25	5,24	11,88	4,88	7,33	3,94
	50	7,31	5,92	6,39	6,54	0,71
	75	7,39	7,22	6,62	7,08	0,40
3G	0	10,71	0,61	1,07	4,13	5,70
	25	5,07	5,84	5,40	5,44	0,39
4B	0	5,88	10,00	13,75	9,88	3,94
	25	5,91	4,80	5,08	5,26	0,58
4C	0	14,87	16,03	18,06	16,32	1,61
	25	11,91	13,67	14,38	13,32	1,27
	50	8,45	12,45	13,51	11,47	2,67
	75	5,61	9,98	6,29	7,29	2,35
	100	11,50	7,82	7,33	8,88	2,28

Continuação da TABELA 12:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
4D	0	14,19	17,42	16,56	16,06	1,67
	25	5,68	12,86	12,25	10,26	3,98
	50	4,60	10,78	8,31	7,90	3,11
	75	5,22	6,37	7,78	6,46	1,28
4E	0	17,50	17,48	15,43	16,80	1,19
	25	5,85	12,84	NÃO	9,34	4,94
	50	6,37	6,03	7,35	6,58	0,69
	75	6,03	7,25	6,18	6,49	0,66
	100	12,76	11,72	8,61	11,03	2,16
4F	0	14,28	10,90	15,25	13,48	2,28
	25	5,97	7,18	8,82	7,32	1,43
	50	7,06	5,85	6,54	6,48	0,61
4G	0	0,91	0,61	6,86	2,79	3,52
	25	5,38	5,84	5,87	5,70	0,27
5B	0	NÃO	18,73	16,27	17,50	1,74
	25	4,85	12,32	10,34	9,17	3,87
	50	6,59	5,65	5,88	6,04	0,49
	75	8,55	6,25	6,62	6,59	1,03
5C	0	14,23	17,30	17,74	16,42	1,91
	25	9,12	13,78	13,84	12,25	2,71
	50	3,68	10,61	7,93	7,41	3,49
	75	8,55	5,82	6,95	7,11	1,37
5D	0	15,74	11,60	19,95	15,76	4,17
	25	10,30	13,08	NÃO	11,69	1,96
	50	4,46	10,83	14,81	10,03	5,22
	75	8,55	6,68	8,62	7,95	1,10

Continuação da TABELA 12:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
5E	0	14,76	18,25	16,66	17,56	0,81
	25	8,77	12,89	13,43	11,70	2,55
	50	4,80	10,35	14,11	9,75	4,68
	75	5,32	8,17	7,25	6,91	1,45
	100	11,50	11,72	10,92	11,38	0,41
5F	0	NÃO	11,62	NÃO	11,62	-
	25	8,77	6,49	12,72	9,90	2,82
	50	6,95	5,85	8,77	7,19	1,47
	75	8,23	8,43	7,22	7,96	0,65
	100	13,99	11,72	7,38	11,03	3,36
5G	0	13,41	0,61	15,33	9,78	8,00
	25	6,00	5,84	5,87	5,90	0,08
	50	7,97	5,85	6,39	6,74	1,10
6A	0	0,91	12,33	1,07	4,77	6,55
	25	5,38	4,78	5,40	5,19	0,35
	50	6,59	5,57	6,39	6,18	0,54
6B	0	11,80	17,59	8,32	12,57	4,68
	25	5,29	12,47	3,97	7,24	4,57
	50	4,24	6,90	6,39	5,84	1,41
	75	8,55	6,43	6,62	7,20	1,17
6C	0	16,33	18,46	14,63	16,47	1,92
	25	11,19	13,54	8,71	11,15	2,41
	50	5,25	NÃO	9,10	7,17	2,72
	75	4,72	11,36	6,84	7,64	3,39
6D	0	18,39	15,90	15,22	16,50	1,67
	25	12,19	13,87	12,00	12,69	1,03
	50	5,28	11,31	10,21	8,93	3,21
	75	6,44	6,71	11,86	8,34	3,05
	100	11,50	11,72	14,50	12,57	1,67

Continuação da TABELA 12:

LOCAL	PROFUN- DIDADE	REPETIÇÕES			MÉDIA	DESVIO
		I	II	III		
6E	0	18,08	17,15	16,11	17,11	0,99
	25	10,71	11,93	13,04	11,89	1,16
	50	4,15	5,03	11,25	6,81	3,87
	75	6,25	6,81	9,29	7,45	1,62
6F	0	15,91	9,62	14,02	13,18	3,23
	25	11,19	4,61	7,04	7,61	3,33
	50	7,31	9,62	8,49	8,47	1,15
	75	10,62	4,61	6,62	7,28	3,06
	100	15,57	11,72	7,38	11,56	4,10
6G	0	15,76	0,61	11,14	9,17	7,76
	25	9,56	5,84	5,63	7,01	2,21
	50	8,35	5,85	6,39	6,86	1,31
	75	11,69	8,43	6,62	8,91	2,57
	100	15,37	11,72	7,38	11,49	4,00
7C	0	9,73	12,30	1,07	7,70	5,88
	25	5,71	4,21	5,40	5,11	0,79
	50	6,31	5,85	6,39	6,18	0,29
	75	6,61	8,43	6,62	7,22	1,05
7D	0	11,76	11,15	6,83	9,91	2,69
	25	6,39	4,75	7,22	6,12	1,26
	50	6,72	5,86	7,26	6,61	0,71
	75	7,63	8,43	7,21	7,76	0,62
7E	0	11,01	10,06	3,70	8,26	3,97
	25	6,26	5,43	7,23	6,31	0,90
	50	7,12	5,85	11,62	8,20	3,03
	75	9,62	8,43	6,62	8,22	1,51
7F	0	12,62	0,61	1,07	4,77	6,80
	25	6,99	5,84	5,40	6,08	0,82
	50	7,37	5,85	6,39	6,54	0,77
	75	9,10	8,43	6,62	8,05	1,28
	100	14,74	11,72	7,39	11,28	3,70

TABELA 13: Volume de água infiltrado no solo, por quadrícula, para o tratamento A.

LOCAL	PROFUNDIDADES					
	0 - 25		25 - 50		50 - 75	
	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V
0B	0,0493	118	-	-	-	-
0C	0,0728	1179	-	-	-	-
0D	0,0652	528	-	-	-	-
0E	0,0503	63	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	1888	-	-	-	-
1A	0,0550	412	-	-	-	-
1B	0,0888	7992	0,0158	391	-	-
1C	0,1394	12546	0,0290	1288	-	-
1D	0,1139	10251	0,0136	172	-	-
1E	0,0782	5724	0,0080	32	-	-
1F	0,0435	163	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	37088	-	1883	-	-
2A	0,0823	2006	-	-	-	-
2B	0,1255	11295	0,0207	590	-	-
2C	0,1437	12933	0,0373	2596	-	-
2D	0,1460	13140	0,0316	1763	-	-
2E	0,1274	11466	0,0289	1595	-	-
2F	0,0961	6938	0,0128	226	-	-
SUB-TOTAL	-	57778	-	6770	-	-
3A	0,0154	275	-	-	-	-
3B	0,0982	8838	0,0063	60	-	-
3C	0,1152	10368	0,0124	231	-	-
3D	0,1177	10593	0,0159	353	-	-
3E	0,1205	10845	0,0220	726	-	-
3F	0,0865	9012	0,0139	217	-	-
SUB-TOTAL	-	49931	-	1587	-	-

Continuação da TABELA 13:

LOCAL	PROFUNDIDADES					
	0 - 25		25 - 50		50 - 75	
	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V
4A	0,0738	1129	-	-	-	-
4B	0,1025	9225	0,0149	590	-	-
4C	0,1844	16596	0,0756	6804	0,0163	655
4D	0,1384	12456	0,0255	1117	-	-
4E	0,1042	9378	0,0071	89	-	-
4F	0,0796	3019	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	51803	-	8600	-	655
5A	0,0428	347	-	-	-	-
5B	0,0858	5611	-	-	-	-
5C	0,0933	8397	0,0059	42	-	-
5D	0,1175	10575	0,0110	155	-	-
5E	0,1180	10620	0,0187	494	-	-
5F	0,1000	8100	0,0071	60	-	-
SUB-TOTAL	-	43650	-	751	-	-
6B	0,0426	1196	-	-	-	-
6C	0,0659	5061	-	-	-	-
6D	0,0787	6847	0,0186	130	-	-
6E	0,0574	3961	-	-	-	-
6F	0,0340	996	-	-	-	-
6G	0,026	51	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	18112	-	130	-	-
7C	0,037	33	-	-	-	-
7D	0,043	116	-	-	-	-
7E	0,036	43	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	192	-	-	-	-
TOTAL	-	260442	-	19721	-	655

$\Delta\theta$ = variação do conteúdo de umidade (cm^3/cm^3).

V = volume de água na quadrícula (cm^3).

Continuação da TABELA 14.

LOCAL	PROFUNDIDADES					
	0 - 25		25 - 50		50 - 75	
	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V
5A	0,0744	1875	-	-	-	-
5B	0,1254	11286	0,0255	1270	-	-
5C	0,1519	13671	0,0367	2841	-	-
5D	0,1540	13860	0,0373	2797	-	-
5E	0,1383	12447	0,0283	1596	-	-
5F	0,1244	11196	0,0197	591	-	-
5G	0,0640	2496	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	66831	-	9095	-	-
6B	0,0874	5139	-	-	-	-
6C	0,1143	10287	0,0127	123	-	-
6D	0,1153	10377	0,0188	643	-	-
6E	0,1056	9504	0,0073	109	-	-
6F	0,0995	8059	-	-	-	-
6G	0,0694	1405	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	44771	-	875	-	-
7C	0,0598	789	-	-	-	-
7D	0,0723	4424	-	-	-	-
7E	0,0314	992	-	-	-	-
7F	0,0277	216	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	6421	-	-	-	-
TOTAL	-	321203	-	39094	-	347

$\Delta\theta$ = variação do conteúdo de umidade (cm^3/cm^3).

V = volume de água na quadrícula (cm^3).

Continuação da TABELA 15:

LOCAL	PROFUNDIDADE					
	0 - 25		25 - 50		50 - 75	
	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V	$\Delta\theta$	V
4B	0,686	4322	0,0288	1021	-	-
4C	0,1767	15903	0,1045	9405	0,0385	2587
4D	0,1515	13635	0,0511	4599	0,0120	533
4E	0,1501	13509	0,0306	1597	-	-
4F	0,1095	9264	0,0143	300	-	-
4G	0,0553	539	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	57172	-	16922	-	3120
5A	0,0671	936	-	-	-	-
5B	0,1541	13869	0,0293	1072	-	-
5C	0,1694	15246	0,0632	5688	0,0084	156
5D	0,1384	12456	0,0798	7182	0,0278	1501
5E	0,1738	15642	0,0776	6984	0,0257	1295
5F	0,1150	10350	0,0351	2148	-	-
5G	0,0678	2040	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	70539	-	23074	-	2952
6A	0,0594	160	-	-	-	-
6B	0,1020	2142	0,0137	419	-	-
6C	0,1614	14526	0,0524	4716	0,0066	139
6D	0,1733	15597	0,0790	7110	0,0196	1094
6E	0,1719	15471	0,0512	4178	0,0098	88
6F	0,1094	9846	0,0167	481	-	-
6G	0,0632	1194	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	58936	-	16904	-	1321
7C	0,0853	307	-	-	-	-
7D	0,0688	2848	-	-	-	-
7E	0,0563	1140	-	-	-	-
7F	0,0899	162	-	-	-	-
SUB-TOTAL	-	4457	-	-	-	-
TOTAL	-	371870	-	94535	-	8347

$\Delta\theta$ = variação do conteúdo de umidade (cm^3/cm^3)
V = volume de água na quadrícula (cm^3).