



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CAMPUS II
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO MICROASPERSOR
RAIN-BIRD QN-14, EM CONDIÇÕES DE CAMPO

TARCIZIO NASCIMENTO

CAMPINA GRANDE

DEZEMBRO/1996

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO MICROASPERSON
RAIN-BIRD QN-14, EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

TARCIZIO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO MICROASPERSONOR
RAIN-BIRD QN-14, EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

**Dissertação apresentada ao curso de
mestrado em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Mestre**

Orientador: Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Co-orientador: José Monteiro Soares

Campina Grande, Pb

1996

TARCIZIO NASCIMENTO

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO MICROASPERSOR
RAIN-BIRD QN-14, EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Aprovada em 23 /12 /1996


BANCA EXAMINADORA



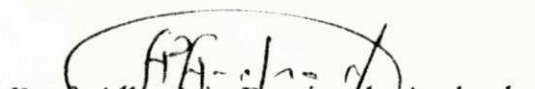
Prof. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Universidade Federal da Paraíba



Dr. José Monteiro Soares
EMBRAPA/CPATSA



Prof. José Dantas Neto
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Albenício Pereira de Andrade
Universidade Federal da Paraíba

A meus pais Jó Nascimento e Maria Das Dores

Nascimento (in memoriam), OFEREÇO.

À minha esposa Mauricéa e aos meus filhos,

Talles, Tarcio, Tarley, Thiago e Ísis, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA/CPATSA, pela liberação para a realização do curso

À Universidade Federal da Paraíba, por intermédio do departamento de Engenharia agrícola, pela oportunidade oferecida.

À empresa DSF, pela doação dos microaspersores utilizados no experimento

Ao Professor Carlos Alberto Vieira de Azevedo, pela orientação.

Ao Pesquisador José Monteiro Soares, pela co-orientação

Ao Mestre rural Geovani, pela colaboração na coleta dos dados.

À todos professores e colegas de curso pelo apoio recebido durante o curso de Mestrado.

Enfim, a todos que, diretamente ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE EQUAÇÕES

LISTA DE SÍMBOLOS

RESUMO

ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO	19
2	OBJETIVOS.....	22
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1	Generalidades	23
3.2	Engenharia.....	25

3.2.1	Coeficiente de variação de fabricação	26
3.2.2	Curva de vazão versus pressão.....	28
3.2.3	Perfil de distribuição	30
3.3	Sistema Solo-Água	32
3.3.1	Textura	32
3.3.2	Capacidade de campo e ponto de murchamento.....	33
3.3.3	Velocidade de infiltração.....	34
3.3.4	Movimento de água no solo.....	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1	Laboratório	39
4.1.1	Coeficiente de variação de fabricação	43
4.1.2	Curva de vazão versus pressão.....	43
4.1.3	Coefic. de uniformidade e perfil de distribuição.....	44
4.2	Campo	48
4.2.1	Textura	48
4.2.2	Capacidade de campo e ponto de murchamento.....	50
4.2.3	Densidade	50
4.2.4	Velocidade de infiltração básica.....	51
4.2.5	Coeficiente de uniformidade	51

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	Laboratório	55
5.1.1	Coeficiente de variação de fabricação	55
5.1.2	Curva de vazão versus pressão.....	57
5.1.3	Perfil de distribuição de água e coeficiente de uniformidade	59
5.2	Campo	63
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	80
7	BIBLIOGRAFIA.....	83

LISTA DE FIGURAS

	pág.
1 Microaspersor RAIN-BIRD QN 14	41
2 Layout dos coletores instalados no laboratório e no campo.....	46
3 Layout da demarcação da área no campo	53
4 Representação gráfica da equação característica de vazão versus pressão do microaspersor RAIN- BIRD QN-14.	59
5 Perfil de distribuição de água do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, operando sob uma pressão de 150 kPa e velocidade de vento nulo	61
6 Perfil tridimensional do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, sob pressão de 150 kPa. em condição de laboratório, para um tempo de aplicação de 2:00h.....	62
7 Isoietas do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, sob pressão de 150 kPa. em condição de laboratório , para um tempo de aplicação de 2:00h.	62

8	Coeficiente de uniformidade de umidade de Christiansen versus número de irrigações.	65
9	Profundidade versus coeficiente de uniformidade de umidade.....	65
10	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, antes da primeira irrigação.....	68
11	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, antes da primeira irrigação.....	68
12	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a primeira irrigação.	69
13	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a primeira irrigação.....	69
14	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a segunda irrigação.....	70
15	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a segunda irrigação.....	70
16	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a terceira irrigação.	71
17	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a terceira irrigação.	71

18	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, antes da primeira irrigação.	72
19	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, antes da primeira irrigação.	72
20	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a primeira irrigação.	73
21	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a primeira irrigação.	73
22	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a segunda irrigação.	74
23	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a segunda irrigação.	74
24	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a terceira irrigação.	75
25	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a terceira irrigação.	75
26	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, antes da primeira irrigação.	76
27	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, antes da primeira irrigação.	76

28	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a primeira irrigação.....	77
29	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a primeira irrigação.....	77
30	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a segunda irrigação.....	78
31	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a segunda irrigação.....	78
32	Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a terceira irrigação.	79
33	Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a terceira irrigação.	79

LISTA DE TABELAS

pág.

1	Características físico-hídricas do latossolo unidade 37AB	49
2	Vazão média (q_m), desvio-padrão (S) e coeficiente de variação de fabricação (CVF), para o microaspersor RAIN-BIRD QN-14, submetido a pressão de 150 kPa.....	56
3	Interpretação de valores de coeficiente de variação de fabricação (CVF), segundo ABNT(1986).....	57
4	Resultados da análise estatística	64
5	Valores médios de coeficientes de uniformidade de distribuição de água na superfície e no perfil do solo.....	66

LISTA DE EQUAÇÕES

	pág.
1 Coeficiente de variação de fabricação	27
2 Vazão do emissor em função da pressão	29
3 Vazão do emissor em função da volume e do tempo.....	42
4 Lamina coletada	44
5 Intensidade de aplicação	45
6 Coeficiente de uniformidade de Christiansen	47
7 Densidade aparente	50
8 Lamina requerida.....	54

LISTA DE SÍMBOLOS

CVF	-	Coefficiente de variação de fabricação
q_i	-	Vazão individual de cada emissor
q_m	-	Vazão média dos emissores
n	-	Número de emissores do lote de amostragem
q	-	Vazão do emissor (l/h)
K	-	Constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor
H	-	Pressão de trabalho de cada emissor
“x”	-	Expoente que caracteriza o regime de fluxo
V	-	Volume coletado (l)
t	-	Tempo de coleta (t)
La	-	Lâmina coletada (mm)
A	-	Área do coletor (m ²)
P	-	Precipitação (mm/h)
CUC	-	Coefficiente de uniformidade de Christiansen

- n - Número de observações
- X_i - Lâmina coletada por cada observação "i"
- \bar{X} - Média de lâmina coletada.
- M - Massa do solo (g)
- V - Volume do solo (cm³)
- LR - Lâmina requerida (mm)
- CC - Capacidade de campo (%)
- Ua - Umidade atual
- Da - Densidade aparente
- PR - Profundidade radicular (cm)

RESUMO

NASCIMENTO, Tarcizio. Avaliação do desempenho do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, em condições de campo. Campina Grande, 1996. 91p. (Dissertação) Mestrado em engenharia agrícola- Universidade Federal da Paraíba.

Este trabalho teve como objetivo a parametrização hidráulica do microaspersor RAIN-BIRD QN-14 a nível de laboratório e de campo. Em laboratório foram determinadas as seguintes parâmetros: coeficiente de variação de fabricação, equação característica de vazão versus pressão, perfil e superfície de distribuição pluviométrica. O coeficiente de variação de fabricação foi de 0,007, que é considerado de acordo com a classificação da ABNT, como bom. Os dados de vazão versus pressão foram ajustados através de regressão linear, obtendo-se um coeficiente de determinação (r^2) igual a 99,98 %. O microaspersor apresentou um perfil de precipitação em forma de uma exponencial cúbica, com um coeficiente de determinação (r^2) igual a 99,7 %. O mesmo apresentou uma precipitação inferior a 10% da vazão média que é de 1,64mm/h, nas proximidades do emissor, fazendo com que o raio efetivo comece a aproximadamente 1,00 m do emissor, até o limite de 3,00 m. O coeficiente de uniformidade de distribuição de Christiansen em ausência de vento foi de 15,43 %. Em campo foi avaliado o coeficiente de uniformidade de distribuição de água na superfície e no perfil do solo, nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, sendo obtido nas respectivas profundidades os coeficientes 64,90%, 79,04% e 84,06% e na superfície, um coeficiente médio de 42,61%. Foi observado um acentuado aumento entre a uniformidade obtida em laboratório e a obtida em campo. Observa-se que a uniformidade no perfil do solo aumenta com a profundidade em virtude da redistribuição, lateral, da água.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Tarcizio. Avaliação do desempenho do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, em condições de campo. Campina Grande, 1996. 91p. (Dissertação) Mestrado em engenharia agrícola- Universidade Federal da Paraíba.

This work had the objective of evaluating the performance of the microsprinkler RAIN-BIRD QN-14 in the lab and in the field. In lab, the following parameters were determined: coefficient of manufacturing variation, characteristic equation of discharge vs. pressure, profile and precipitation distribution surface. The coefficient of manufacturing variation was 0.007, considered good by ABNT classification. The data of discharge vs. pressure were adjusted through linear regression with a determination coefficient (r^2) of 99.98%. The microsprinkler showed a precipitation profile in cubic exponential with a determination coefficient (r^2) of 99.70%. It showed a precipitation less than 10% of the mean discharge, which is 1.64 mm/h at the surroundings of the emitter, making the effective radius to start at approximately 1.00m from the emitter up to the limit of 3.00m. The Christiansen uniformity coefficient of distribution was 15.43% in the absence of wind. In the field it was evaluated the uniformity coefficient of distribution of water at the surface and in the soil profile at the depths of 0-0.20; 0.20-0.40; and 0.40-0.60m, getting at the respective depths the coefficients of 64.90%, 79.04% and 84.06% and the surface, a mean coefficient of 42.61%. It was noted a pronounced increase between the uniformity from the lab and that from the field. It can be noted that the uniformity in soil profile increase with the depth due to lateral redistribution of the water.

1 INTRODUÇÃO

A tentativa de desenvolver um sistema de irrigação com o suprimento de água direcionado para a zona radicular de plantas individuais foi iniciada aproximadamente no ano de 1900, porém pouco progresso foi obtido e somente a partir de 1960, com o aparecimento de tubulações de plástico de pequeno diâmetro e com preço acessível foi que esta tomou um novo impulso e a partir de então a micro irrigação utilizando gotejadores, microaspersores e tubos perfurados ou porosos expandiu-se rapidamente em alguns países. Um dos maiores usuários da micro irrigação são os Estados Unidos, onde a área sob irrigação localizada passou de aproximadamente 60.000 ha em 1974 para 185.300 ha em 1981. Este método de irrigação também teve um grande crescimento em Israel, onde houve uma expansão, da área implantada com irrigação localizada, de 10.000 ha em 1975 para 81.700 em 1982, seguido da África do sul que duplicou sua área irrigada, chegando no ano de 1976 a 44.000 ha (ABBOTT, 1984).

A Irrigação localizada, no Brasil, tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos, ocupando um maior espaço dentro das áreas irrigadas (FARIA, 1981). Ela desponta como uma das principais ferramentas para o desenvolvimento da fruticultura irrigada no Brasil, e mais especificamente no Nordeste, onde a competição futura por água para irrigação e para geração de energia elétrica, principalmente no Vale do São Francisco, tenderá a priorizar o emprego de sistemas de irrigação mais eficientes, como possibilidade de aumento das áreas irrigadas nesta região. Médias e grandes empresas vêm adotando este sistema, dando ênfase a irrigação por gotejamento em culturas com espaçamento inferior a 4,00 m, e implantadas em solos com textura argilosa. Em solos de textura arenosa a irrigação por microaspersão é mais indicada, principalmente para culturas com espaçamentos superior a 4,00m. (SOARES & SANTOS, 1997). É um sistema que proporciona uma aplicação uniforme da água e em quantidade suficiente, de maneira que os custos do equipamento e sua operação sejam econômicos.

Os emissores representam uma das partes mais importantes desse sistema de irrigação, pois eles derivam água das tubulações para o exterior, aplicando-a diretamente no solo, no caso de irrigação por gotejamento, ou indiretamente, aspergindo-a, no caso de irrigação por microaspersão

(PAES, 1985). No entanto, tem-se verificado, a nível de campo que a qualidade e a manutenção dos materiais e equipamentos dos sistemas de irrigação tem comprometido a elevada eficiência do manejo de água, preconizada pela irrigação localizada (SOARES & SANTOS, 1997). Em vista disto faz-se necessário a realização de ensaios, objetivando avaliar o desempenho destes equipamentos a nível de campo e de laboratório.

É um sistema que pode adaptar-se à diferentes tipos de solos e topografia, apresenta vários níveis de automatização, possibilita a aplicação de fertilizantes e herbicidas na água de irrigação e minimizar as perdas de água por evaporação e por percolação.

Como os microaspersores em geral são projetados para trabalharem isolados estes nem sempre apresentam uma boa uniformidade de distribuição de água na superfície solo. Este trabalho tem como um dos objetivos verificar a redistribuição da água no solo, uma vez que esta na tentativa de encontrar um equilíbrio de energia no perfil do solo tende a se redistribuir fazendo com haja uma melhor uniformidade de distribuição de umidade.

A microaspersão é um sistema de irrigação intermediário entre a aspersão convencional e o gotejamento e foi idealizada para substituir o gotejamento em áreas de fruticultura localizadas em solos arenosos onde se necessitaria de um bulbo molhado de maiores dimensões para que atendam as necessidades mínimas de área molhada.

2 OBJETIVOS

Neste trabalho foi avaliado o microaspersor RAIN-BIRD QN-14 a nível de laboratório e de campo, com os seguintes objetivos:

- Determinar o coeficiente de variação de fabricação.
- Determinar a equação característica do emissor.
- Determinar o raio efetivo
- Verificar a superfície de distribuição pluviométrica.
- Avaliar a distribuição de água na superfície e no perfil do solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Generalidades

Em nova fase da história, quando a produtividade e a garantia de lucros passaram a constituir elementos preponderantes para a viabilização econômica, a prática da irrigação vem de novo se impondo a fim de que o empreendimento seja coroado de sucesso.

No sistema de irrigação localizada, a uniformidade de aplicação de água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada com a variação de vazão dos emissores, variação esta devido as perdas de energia por atrito ao longo do tubo e nas inserções dos emissores, ganho ou perdas de

energia de posição, qualidade da matéria prima e dos processos de fabricação (KELLER & KARMELI, 1974).

A principal característica dos micoaspersores é a pulverização da água em pequenas gotas sob baixa pressão, cuja forma da superfície de solo molhado pode apresentar-se de forma circular, ou de leque (KARMELI & SMITH, 1978).

A água pelo comportamento físico é um fator imprescindível à vida em geral. Para os vegetais, entretanto, além do mais, constitui-se em parte integrante da formação dos alimentos e o máximo rendimento da planta acha-se estritamente dependente da perfeita distribuição da água no solo (TIMBAU, 1984).

O método de irrigação localizada caracteriza-se basicamente pela aplicação de água numa fração do volume do solo explorada pelas raízes da planta de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada, através de pequenas vazões e curtos intervalos de irrigação, mantendo níveis de umidade ideais para cultura (NASCIMENTO & SOARES, 1988).

3.2 Engenharia

Constituem características hidráulicas de um microaspersor a relação entre vazão e pressão na sua entrada, a fenda localizada na sua inserção no tubo, o tamanho e a forma da seção de passagem de água e a superfície de dispersão de água. As características hidráulicas são influenciadas pela geometria, pelo material e processo de fabricação, e pelo método de conexão do emissor com a linha lateral (GILAAD et al. 1974).

Segundo OLIVEIRA et. al. (1988) para que um sistema de irrigação localizada funcione em níveis econômico faz-se necessário um manejo adequado e para tanto é necessário dispor de mecanismos de controle que defina quando irrigar sem risco de excessos ou deficiências.

No sistema de irrigação por microaspersão, a maior velocidade da água reduz a sedimentação das partículas coloidais nas paredes dos tubos, diminuindo o entupimento do sistema. Como a seção de saída da água dos microaspersores geralmente é maior que a dos gotejadores, permite o emprego de sistema de filtragem de água mais simples (FISCHER, 1977).

De um modo geral, o orifício de fluxo dos microaspersores variam de 0,80 a 1,30 mm de diâmetro e por esta razão pequenas variações no processo de fabricação provocam consideráveis modificações em sua características hidráulicas (CRESPO, 1985).

3.2.1 Coeficiente de variação de fabricação.

Segundo KELLER & KARMELI (1974), citado por SOLOMON & KELLER (1978) é praticamente impossível a fabricação de um grupo de emissores com o mesmo coeficiente de descarga, no entanto a variação resultante do processo de fabricação normalmente tende a se distribuir em torno de um valor médio.

KELLER & KARMELLI (1974), citados por BRALTS et al. (1981), introduziram o coeficiente de variação de fabricação como medida estatística para avaliar a variação de fabricação dos emissores, vindo este mais tarde a serem utilizados para avaliar a uniformidade de emissão.

A semelhança entre a variação hidráulica e a variação de fabricação, primeiramente foi testada analisando-se a variação de fluxo em emissores isolados, para depois consolidar as variáveis em uma equação.

De acordo com a norma da ABNT (1986) e HANSON (1994) o coeficiente de variação de fabricação é determinado através da relação entre o desvio padrão e a média das vazões de um lote de emissores operando sob a pressão nominal. Este coeficiente é determinado pela equação 1.

$$CVF = \frac{\left[\left(\sum_{i=1}^n q_i^2 - nq_m^2 \right) / (n-1) \right]^{1/2}}{q_m} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

CVF = Coeficiente de variação de fabricação

q_i = Vazões individuais de cada emissor sob pressão nominal (l/h)

q_m = Vazão média dos emissores (l/h)

n = Número de emissores do lote de amostragem

A variação de fabricação do emissor é um importante fator que influencia a uniformidade de distribuição de água e, portanto, a eficiência do

sistema de irrigação (SOLOMON, 1979). Um coeficiente, foi proposto para medir a variação da forma dos emissores causada pelo processo de fabricação, que é dado pela relação entre o desvio-padrão e a vazão média de uma amostra adequada de emissores testados a uma pressão normal de operação.

O coeficiente de variação foi usado para avaliar a importância da variação de fluxo do emissor ao longo de uma linha lateral de irrigação por gotejamento com câmara única. O resultado do coeficiente de uniformidade foi recomendado para uso em projetos de laterais de irrigação por gotejamento levando em conta a variação de fabricação (BRALTS et al., 1981).

3.2.2 Curva de vazão versus pressão

Segundo KARMELI (1977), a pressão e a vazão são os elementos questionáveis de um emissor. No entanto os emissores são classificados com base na dissipação de pressão, tipo de conexão na linha lateral, sensibilidade à entupimentos, compensação de pressão e no regime de fluxo, o qual é

caraterizado pelo expoente “x” da equação de vazão versus pressão, podendo o mesmo sofrer a seguinte variação:

Para $x = 0$, o regime de fluxo do emissor é auto compensante

Para $x = 0,5$ o regime de fluxo do emissor é turbulento

Para $x = 1$ o regime de fluxo do emissor é laminar

De acordo ABNT (1986), fluxo de um emissor é caracterizado pelo do ajuste dos pares de valores de vazão e pressão, através de regressão linear onde é obtido os valores do coeficiente “k” e do expoente “x” da equação do tipo.

$$q = KH^x \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

q - Vazão do emissor (l/h)

K - Constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor

H - Pressão de trabalho de cada emissor (kPa)

x - Expoente que carateriza o regime de fluxo

Segundo SAMPAIO (1995), para fins de dimensionamento de um sistema de irrigação é necessário que os emissores sejam caracterizados

através de equações que possam representar significativamente a relação vazão-pressão, de modo a permitir a determinação do comprimento de uma linha lateral, cuja perda de carga esteja dentro do limite permitido pelo regime de fluxo do emissor considerado.

3.2.3 Perfil de distribuição

A quantidade e a uniformidade de distribuição de água aplicada por um aspersor são informações de primordial importância para o dimensionamento de um sistema de irrigação e para um manejo racional de água. Estas informações poderão ser obtidas através de avaliações em campo, utilizando-se a metodologia proposta na norma NBR 8989 da A.B.N.T. (1985) que estabelece que o ensaio de distribuição seja realizado base a uma malha quadrada de coletores em disposição espacial (VILLAS BOAS, 1994).

Utilizando um modelo de trajetória balística para estudar o efeito da Declividade da superfície do solo, do ângulo do tubo de elevação com a vertical e do ângulo de trajetória na uniformidade de água dos aspersores, SOARES et all (1988), concluíram que a maximização da uniformidade de

distribuição é atingida quando o tubo de elevação é instalado perpendicularmente à superfície do solo irrigado.

Segundo CHRISTIANSEN (1942) o modelo geométrico não é o mais adequado para determinar a uniformidade de distribuição, porque nem sempre existe simetria no formato de distribuição de água pelo aspersor, causada por influência do vento e da variação de velocidade de rotação do aspersor.

Segundo ABREU et al. (1987), citado por LIMA (1991) o raio efetivo molhado do microaspersor é determinado através da média aritmética dos quatro coletores localizados a iguais distâncias, em quatro eixos ortogonais, do emissor ao coletor que contenha 10% da pluviometria média de todos os coletores.

3.3 Sistema Solo-Água

3.3.1 Textura

Segundo REICHARDT (1985), textura do solo refere-se a distribuição das partículas quanto ao seu tamanho e em função deste, cada solo recebe uma designação que tradicionalmente são divididas em três frações de tamanhos, chamadas frações texturais: Areia, limo e argila.

AZEVEDO (1975), citado por CHOUDHURY & MILLAR (1981) em trabalho desenvolvido no Campo Experimental de Bebedouro da EMBRAPA/CPATSA em Petrolina-PE, verificaram que a textura do latossolo unidade 37AB varia de areia franca a franco arenoso, na profundidade de 0 - 0,60 m.

3.3.2 Capacidade de campo e ponto de murchamento

Após percolado os excessos das chuvas ou irrigações, a água que permanece retida em torno das partículas do solo, pela força adsortiva ou da capilaridade que equivalem à pressão de 25 a 50 kPa, encontra-se na capacidade de campo (TIMBAU, 1984).

Segundo DAKER (1984) capacidade de campo é a quantidade máxima de água capilar que pode ser retida, contra a força da gravidade, por um solo bem drenado.

Segundo TIMBAU (1984) nem toda água retida pelo solo pode ser aproveitada pela planta porque a partícula do solo é dotada de uma força de adesão em torno de si que retêm a água sob a forma de lâmina, com intensidade que varia de 25 a 50 kPa (capacidade de campo) até atingir a uma tensão de 1500 kPa (em que a planta já não consegue extrai-la e morre por falta d'água e a este estágio do comportamento hídrico do solo dá-se o nome de ponto de murchamento).

3.3.3 Velocidade infiltração

A velocidade de infiltração (VI) é umas das características do solo de grande utilidade no projeto e manejo de um sistema de irrigação DAKER (1983). Sua determinação é feita em campo, com o auxílio de infiltrômetros de anéis ou outros equipamentos utilizados para este fim e através de regressão linear é calculada a velocidade de infiltração dos solo.

Segundo PARR & BERTRAND (1960), citado por BRITO (1993), infiltrômetro de anéis é o equipamento mais utilizado na determinação da velocidade de infiltração por ser mais simples e de fácil manejo no campo.

KINCAID et all (1969) citado por LEME (1987), mostraram que a função de infiltração determinada por cilindro infiltrômetro pode ser modificada com a velocidade de aplicação de água por aspersão.

3.3.4 Movimento de água no solo

O conhecimento das características transmissoras do solo constitui-se num elemento básico para determinar um adequado manejo dos sistemas de irrigação subsuperficial e por gotejamento (GRIDDLE & KALISVAARI, 1967).

LIMA e ALVES (1995) utilizando microdifusores e microaspersores em uma malha de 11m x 11 m, obtiveram em testes de campo, coeficientes de uniformidade de Christiansen inferiores a 25% para ambos os tipo de emissores, os valores coletados variaram de 27 a 62% enquanto que os coeficientes de uniformidade de água determinadas abaixo da superfície do solo elevaram-se para valores entre 40 e 50% para os microdifusores, e entre 52 e 57%, para os micoroaspersores devido provavelmente a redistribuição de água no solo.

Segundo CHOUDHURY e MILLAR (1983), a caracterização da retenção e das propriedades transmissoras da água no solo, é um requisito necessário para a descrição qualitativa do perfil do solo, com relação ao ciclo

hidrológico. Este autores mencionam ainda que quando o solo é manejado sob condições de irrigação os reflexos dos processos físicos, químicos e biológicos, são de grande importância agrícola, quando se utiliza os conhecimentos das propriedades transmissoras da água dos solo.

As características de retenção e o movimento de água em duas unidades de Latossolo Vermelho-Amarelo irrigado do projeto Bebedouro em Petrolina-PE, foram estudadas por CHOUDHURY & MILLAR (1983) que definiram as curvas de retenção de água e condutividade capilar para diferentes camadas do perfil do solo e relacionaram a condutividade e a taxa de drenagem às condições de umidade e à água armazenada nestes perfis onde foi verificado que a capacidade de retenção entre as tensões de 0,1 e 15 bares aumentou com a profundidade nas duas unidade de solo, ao passo que a drenagem interna deste solo manteve-se contínua e uniforme em todo perfil.

HILLS (1982), citado por SILVA (1988), afirma que o solo controla o movimento da água especialmente através de seus potenciais de pressão e mátrico e PEREIRA et al. (1974) que a camada superficial do solo é de grande importância no ciclo hidrológico e esta interação de forma significativa entre o movimento da água da atmosfera e a água subterrânea,

limitando o fluxo da água líquida das camadas inferiores para superfície e o fluxo de vapor da superfície para a atmosfera.

Segundo VERMEIREM & JOBLING (s.d.), citados por RAMOS et all. (1992) tentando determinar a forma do bulbo molhado, em relação as propriedade físicas dos solos, porém como os métodos são complexos e pouco confiáveis, em razão da heterogeneidade dos solo, apenas se chegou à regras práticas que apesar de auxiliarem na estimativa do dimensionamento do bulbo molhado, não proporciona uma precisão da redistribuição da água num tipo de solo, tornando-se necessário que realizem ensaios em campo para este fim. Em razão disto NASCIMENTO & SOARES (1988), desenvolveram um bulbo infiltrômetro para determinação in loco do bulbo molhado.

Um sistema de irrigação por microaspersão foi testados em campo por FIRAKE, N.N. (1992) , com o objetivo de observar o movimento da umidade no solo, com microaspersores operando nas pressões (H) de 15, 20 e 25 m. Foi observado em algumas profundidades ou tempos, o decréscimo da umidade com um aumento da pressão (H), o que mostra que quanto maior a pressão (H), maior o tempo necessário para saturar a zona será radicular.

Avaliando os efeitos de quatro vazões e quatro volumes de água, aplicados pontualmente em um latossolo vermelho álico RAMOS et all (1992) observaram que os maiores volumes de água aplicados por irrigação promoveram maiores dimensões dos bulbos molhados para uma mesma vazão, enquanto os mesmos volumes aplicados com vazões maiores promoveram um maior avanço horizontal e um menor avanço vertical.

MEDEIROS (1987), aplicando três volumes de água para elevar a umidade do solo à capacidade de campo nas profundidades de 25, 50 e 75 cm, obteve áreas molhadas de 11,89; 12,79 e 13,43 m² respectivamente. Após as irrigações o bulbo efetivo nas respectivas camadas, alcançaram as profundidades médias de 8, 12 e 19 cm, e a frente de umedecimento as profundidade médias de 31; 40 e 48 cm. A eficiência de aplicação média foi de 80,27% enquanto que, a eficiência de armazenamento foi de 66, 51 e 41 %, respectivamente.

Segundo REICHARDT (1985) a tendência expontânea e universal de toda matéria na natureza, é assumir um estado de energia mínima, e a água obedecendo este conceito, move-se constantemente no sentido de diminuição

de seu potencial, promovendo uma redistribuição de umidade dentro de perfil do solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Campo Experimental da EMBRAPA/CPATSA, localizado no Projeto de Irrigação Bebedouro, Petrolina-PE, onde foi avaliado o microaspersor de marca *RAIN-BIRD* e modelo QN-14 (Figura 1) a nível de laboratório e de campo.

4.1 Laboratório

No laboratório de hidráulica da EMBRAPA/CPATSA foi utilizada uma eletrobomba que capta água em um reservatório de reabastecimento contínuo, com capacidade de 2.000 l, que está interligada a um cabeçal de controle composto de um filtro de areia e um de tela e a uma válvula de controle de pressão.

Para a monitoração da pressão e do tempo, foram utilizados, respectivamente, um manômetro de precisão classe 03, com escala de 600 kPa e precisão de 25 kPa e um cronometro analógico de marca Technos com precisão de 0,2 s.

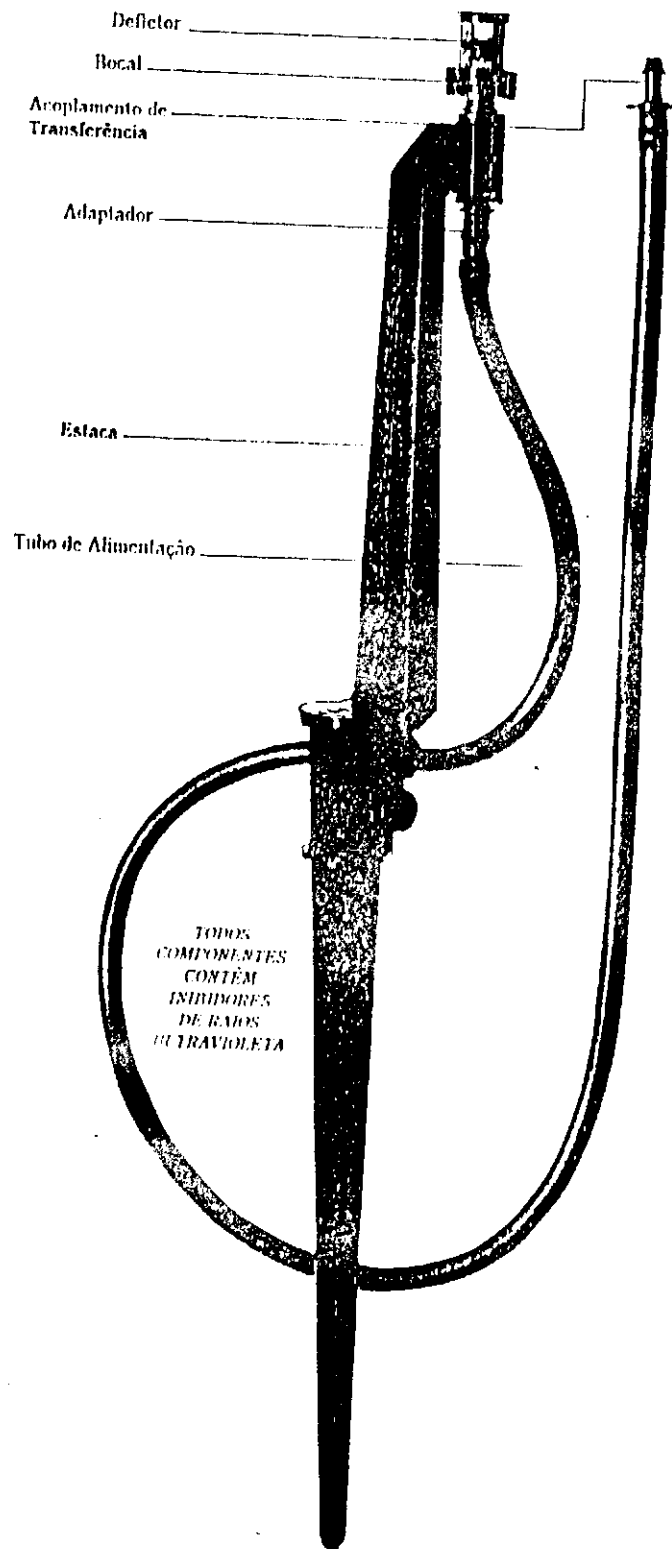


Figura 1 - Microaspersor RAIN-BIRD QN 14

A realização dos ensaios à nível de laboratório foi, de acordo com o projeto de norma 12:02.08-021 da A.B.N.T, escolhidos, aleatoriamente e enumerados 100 emissores que foram submetidos à pressão de serviço recomendada pelo fabricante (150 kPa.).

A vazão de cada emissor foi obtida através da razão entre um volume de água coletado em um recipiente de alumínio com capacidade de 1.168 ml e o tempo de coleta (Eq. 3). Cada leitura foi repetida por três vezes consecutivas.

$$q = \frac{V}{t} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

q - Vazão (l/h)

V - Volume coletado (l)

t - Tempo de coleta (h)

4.1.1 Coeficiente de variação de fabricação

Com base na vazão média dos 100 emissores e seu respectivo desvio padrão, foi calculado o coeficiente de variação de fabricação através da (Eq. 1).

4.1.2 Curva de vazão versus pressão

Os quatro emissores cujas vazões estavam mais próximas da vazão média dos 100 emissores testados, foram selecionados e submetidos por três vezes consecutivas, às pressões de: 50 ; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 250; e 300 kPa. Com base nas vazões obtidas para cada pressão, ajustou-se uma regressão linear, de modo a obter-se a equação característica de vazão versus pressão (Eq. 2).

4.1.3 Coeficiente de uniformidade e perfil de distribuição

Para a obtenção do coeficiente de uniformidade dos microaspersores foram utilizados como pluviômetros, recipientes de PVC rígido com altura de 7,0 cm e diâmetro de 7,9 cm, que foram colocados no centro de cada quadrícula, com dimensões de 0,50 x 0,50 m, formando uma malha quadrada, conforme A.B.N.T. (1985), cobrindo a área molhada pelo emissor. A linha ortogonal de coletores também serviu, para a coleta de dados para a determinação do perfil de distribuição (Figura 2).

O emissor escolhido foi submetido por três vezes consecutivas à pressão de 150 kPa., por um período de 2:00 horas e a água coletada foi pesada em uma balança eletrônica com precisão de 0,1g. O volume médio de cada coletor da malha foi transformado em lâmina de água (Eq. 4) e os volumes dos coletores situados nos eixos ortogonais em precipitação através da Eq. 5.

$$La = \frac{V}{A} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

La - Lâmina coletada (mm)

V - Volume coletado (l)

A - Área do coletor (m²)

$$Ia = \frac{La}{t} \quad \text{Eq. 5}$$

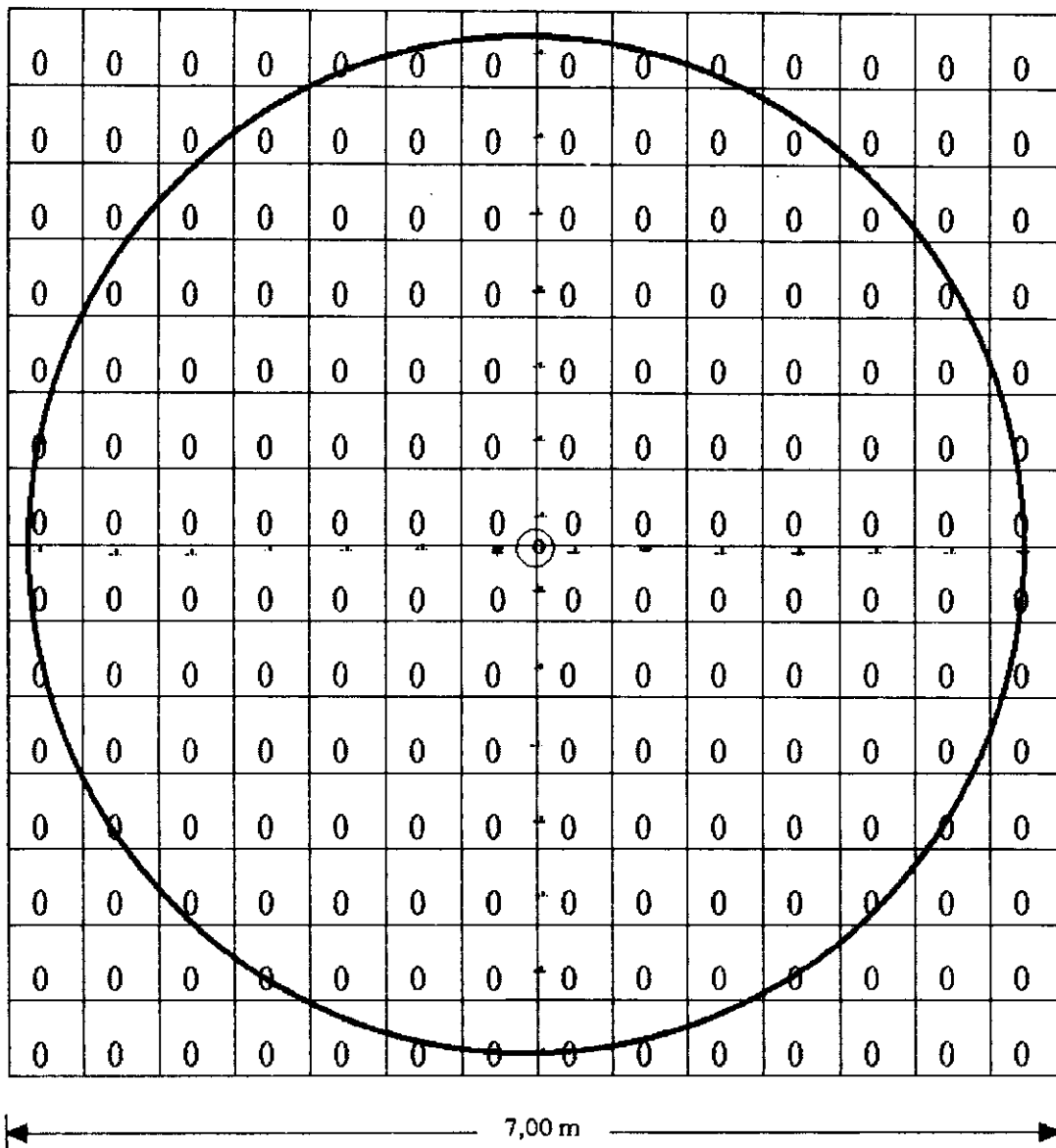
Onde:

Ia - Intensidade de aplicação (mm/h)

t - Tempo (h)

No centro da malha foi instalado um coletor, dentro do qual ficou o emissor, que teve a finalidade de captar a água que escoava através da haste do emissor.

Utilizando-se a metodologia proposta por CHRISTIANSEN (1942) foram analisados os dados e determinado o coeficiente de uniformidade através da eq. 6.



Quadrícula de 0,50 x 0,50 m

0 Coletores utilizados para determinar o coeficiente de uniformidade

* Coletores utilizados para determinar o perfil de distribuição

Figura 2 Layout dos coletores instalados no laboratório e no campo

$$CUC = 100 \left[1,0 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}| \right)}{n\bar{X}} \right] \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

CUC - Coeficiente de uniformidade (%)

n - número de observações.

X_i - Lâmina coletada por cada observação i. (mm)

\bar{X} - média de lâmina coletada. (mm)

Cada observação “i” da equação representa a água coletada em cada pluviômetro.

O perfil de distribuição foi obtido pela média da precipitações em cada um dos quatro coletores localizados ao longo dos quatro eixos ortogonais e situados a distâncias iguais em relação ao emissor.

4.2 Campo

4.2.1 Textura

Foram coletadas em três pontos distintos, amostras de solo nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m de profundidades e encaminhadas ao laboratório de solos da EMBRAPA/CPATSA para a determinação da textura.

A tabela 1 mostra os resultados das características físico-hídricas de um Latossolo vermelho amarelo unidade 37AB, em uma área do campo experimental da EMBRAPA/CPATSA, localizado no Projeto de Irrigação Bebedouro, Petrolina-Pe.

Tabela 1 - Características físico-hídricas do latossolo unidade 37AB

Características	Profundidade (m)		
	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
Granulometria (%)			
Areia	80	78	75
Silte	7	7	8
Argila	9	17	16
Classificação Textural			
(USDA)	Areia franca	Franco arenoso	Franco arenoso
Densidade aparente (g/cm^3)	1,47	1,72	1,61
Capacidade de campo (%)	9,33	8,84	10,95
Ponto de murcha (%)	4,98	4,37	4,42

4.2.2 Capacidade de campo e ponto de murchamento

Parte das amostras coletadas para análise textural, foi submetida determinação da capacidade de campo e ponto de Murcha nas tensões respectivas de 33 e 1500 kPa.

4.2.3 Densidade

Com o auxílio de um cilindro de UHLAND de 1000 cm³ foram feitas amostragens em três locais distintos, nas profundidade de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m que após serem secas em estufa à 105 °C calculou-se a densidade aparente do solo através da equação 7.

$$d = \frac{M}{V} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

d = Densidade aparente (g/cm³)

M = Massa do solo (g)

V = Volume do solo (cm³)

4.2.4 Velocidade de infiltração básica

A velocidade de infiltração é umas das características do solo de grande utilidade no projeto e manejo de um sistema de irrigação DAKER(1983) e os dados de campo, foram coletados com o auxílio de infiltrômetro de anéis concêntricos e através de regressão linear foi determinada a equação de infiltração.

4.2.5 Coeficiente de uniformidade

Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de umidade no perfil do solo foram adotados os seguintes procedimentos:

a - Selecionou-se uma área plana, subdividindo-a em quadriculas nas mesmas dimensões e metodologia citada no subitem 4.1.3, utilizando-se barbantes (figura 3). Não utilizou-se coletores nos eixos ortogonais.

b - Após a demarcação da área, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, em todas as quadriculas abrangidas pelo alcance do microaspersor, antes da primeira irrigação, utilizando um trado de ferro galvanizado de 1 polegada de diâmetro.

Devido ao grande número de amostras e da necessidade urgente dos dados de umidade atual, foram escolhidas amostras aleatórias em dez pontos que de imediato foram levadas para secagem em estufa à 105 °C, por um período de 24 horas. Pelo método gravimétrico foi determinada a umidade que serviu de base para o cálculo da lâmina de irrigação requerida pelo solo, através da eq. 8.

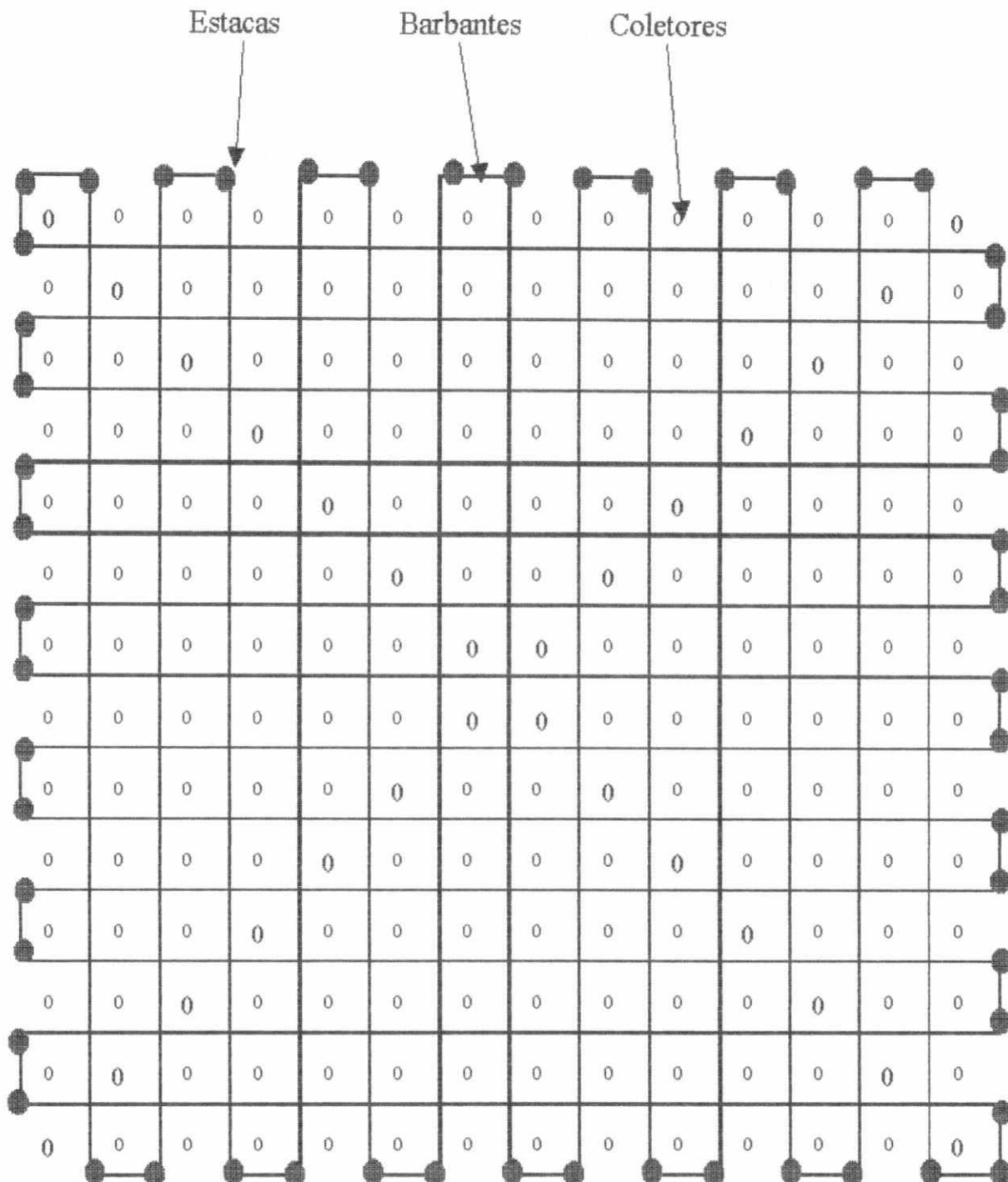


Figura 3 - Layout da demarcação da área no campo

$$LR = \frac{CC - Ua}{100} \cdot Da \cdot PR \quad \text{Eq. 8}$$

Onde:

LR - Lâmina requerida (mm)

CC - Capacidade de campo (%)

Ua - Umidade atual (%)

Da - Densidade aparente (g/cm³)

PR - Profundidade radicular (cm)

c - Com base na lâmina requerida e precipitação do microaspersor determinada em laboratório foi efetuada uma irrigação com duração de 7:00 h, que equivale a aproximadamente a 1/3 do tempo total necessário para se aplicar a lâmina total requerida.

d - Vinte e quatro horas após a irrigação fez-se nova coleta de amostras de solo e em seguida outra irrigação, sendo repetido este procedimento até a terceira irrigação.

Os coeficientes de uniformidade no perfil foram analisados estatisticamente através software SAS. Foi utilizando-se um delineamento com dois fatores completamente casualizados, sem repetição (Irrigação e Profundidade), onde a interação dos fatores foi confundida com variância residual (ANDERSON & VIRGIL, 1974)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Laboratório

5.1.1 Coeficiente de variação de fabricação

Os dados resultantes do teste realizado para a determinação da vazão média dos emissores, do desvio-padrão e do coeficiente de variação de fabricação são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Vazão média (q_m), desvio-padrão (S) e coeficiente de variação de fabricação (CVF), para o microaspersor RAIN-BIRD QN-14, submetido a pressão de 150 kPa.

Tipo do microaspersor	q_m (l/h)	S	CVF
RAIN-BIRD QN-14	55,4	0,369	0,007

Como o teste foi realizado sob pressão constante de 150 Kpa para todos os emissores, atribui-se ao processo de fabricação, a variação de vazão existente entre os emissores.

De acordo com a classificação proposta pela ABNT (1986) apresentada na tabela 3, o microaspersor em estudo é classificado como bom, mostrando ser um emissor que se utilizado em um sistema de irrigação bem projetado, de acordo com (SOLOMON, 1979), proporcionará uma boa uniformidade de distribuição de água e conseqüentemente uma alta eficiência de irrigação.

Tabela 3 - Interpretação de valores de coeficiente de variação de fabricação (CVF), segundo ABNT(1986)

Tipo de emissão	CVF	Interpretação
	<0,10	Bom
Linear e	0,10-0,20	Médio
Microaspersão	0,20-0,30	Marginal
	>0,30	Inaceitável

5.1.2 Equação de vazão versus pressão

Pode-se observar através da figura 4, que os valores de vazão, medidos e estimados, em laboratório e obtidos em catálogo do fabricante, não diferiram no intervalo de pressão de 100 a 200 kPa. Observou-se apenas uma pequena variação nas pressões extremas do intervalo de teste, mostrando que

o fluxo deste emissor pode ser perfeitamente caracterizado pela função potencial que apresentou um coeficiente de determinação (r^2) de 99,98 %. MATOS (1996) analisando o microaspersor DAN SPRINKLER 2001 no intervalo de pressão de auto-compensação, obteve um coeficiente de determinação de 43,7 % com o mesmo tipo de função e 77,9 % com a função logarítmica normal e SILVA et al.(1984) obteve um coeficiente de 99,97 % no ajuste dos dados do microaspersor JATISSÍMO com uma função potencial.

O valor do expoente "x" (0,4866) da equação, segundo KARMERLI (1977), indica que este é um emissor de fluxo turbulento, e que o uso de emissores com tais características em um sistema de irrigação, impõe limites de topografia e comprimento de linha lateral.

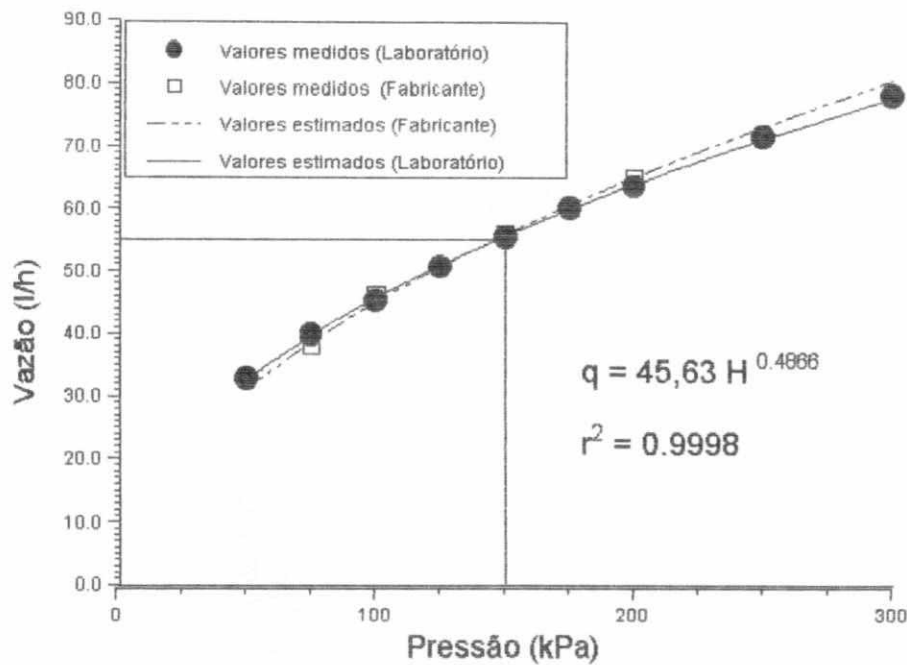


Figura 4 - Representação gráfica da equação característica de vazão versus pressão do microaspersor RAIN-BIRD QN-14.

5.1.3 Perfil de distribuição de água e coeficiente de uniformidade

O microaspersor RAIN-BIRD QN-14 é um emissor que apresenta um perfil de distribuição de água na forma de uma exponencial cúbica (Figura 5). Observa-se através da figura 5 que existe uma zona com

intensidade de aplicação inferior a 0,16 mm/h, que corresponde a 10 % da precipitação média, nas proximidade do emissor, o que concorreu para a obtenção de um coeficiente de uniformidade de distribuição da ordem de 15,43 %, em condições de laboratório.

O microaspersor RAIN-BIRD QN-14 apresenta um perfil de precipitação onde raio efetivo inicia-se a aproximadamente a 1,0 m do microaspersor, contrariando ABREU (1979) citado por MATOS (1986), que definiu o raio efetivo como sendo a distância entre o emissor e pluviômetro que contenha 10 % da pluviometria média.

As Figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, o perfil de distribuição tridimensional e as linhas de iguais precipitação (isoietas) do microaspersor. Pode-se observar com mais detalhes a faixa de baixa precipitação que se forma nas proximidades do emissor RAIN-BIRD QN-14, caracterizando-se por um perfil de distribuição bastante irregular.

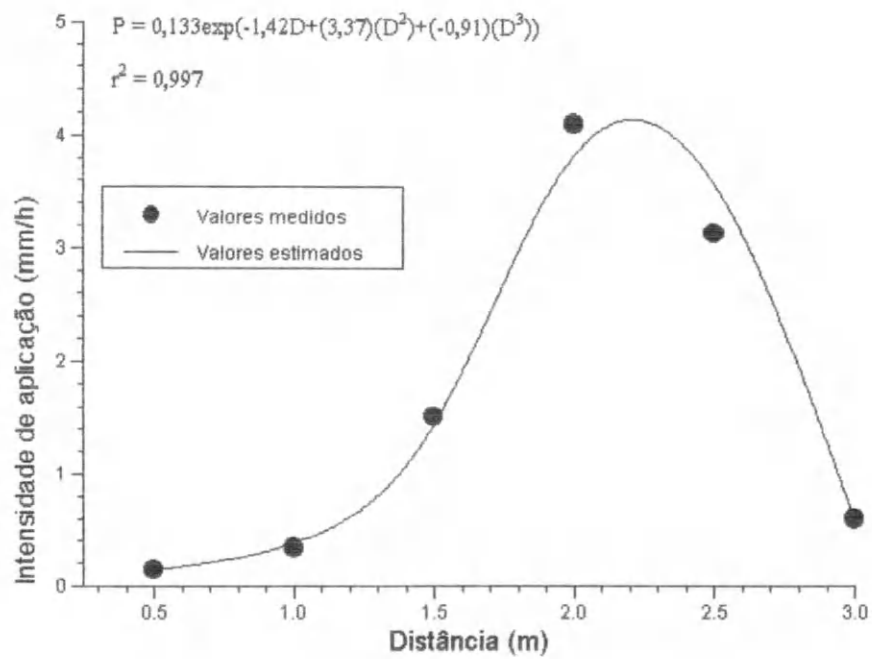


Figura 5 - Perfil de distribuição de água do microaspersor RAIN-BIRD

QN-14, operando sob uma pressão de 150 kPa e velocidade de vento nulo

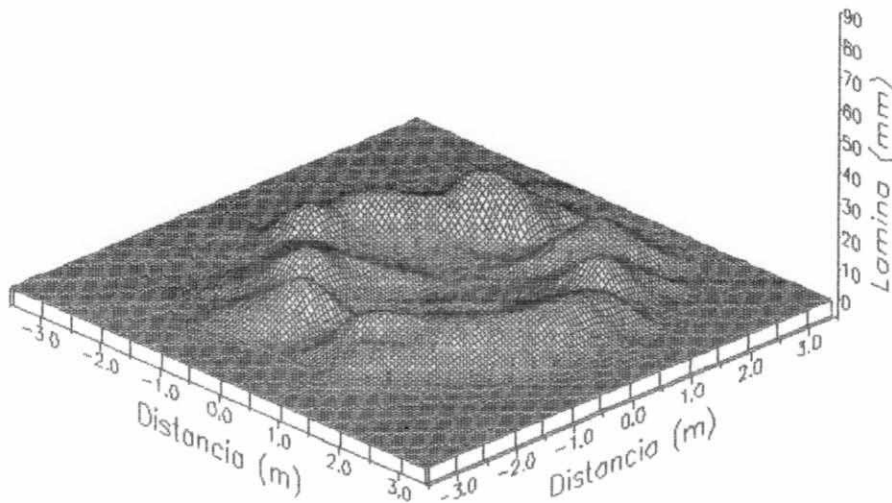


Figura 6- Perfil tridimensional do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, sob pressão de 150 kPa. em condição de laboratório, para um tempo de aplicação de 2:00h.

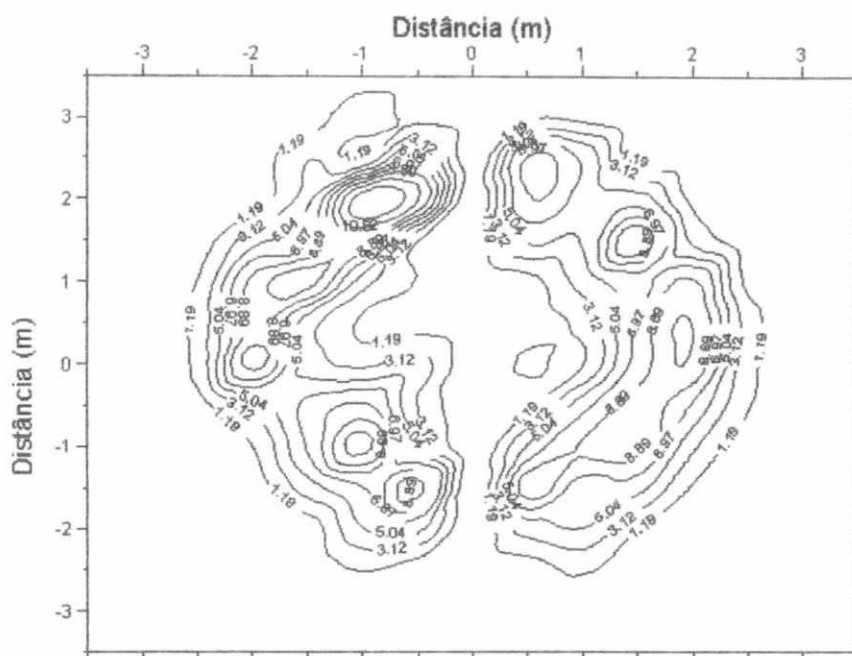


Figura 7- Isoietas do microaspersor RAIN-BIRD QN-14, sob pressão de 150 kPa. em condição de laboratório, para um tempo de aplicação de 2:00h.

5.2 Campo

Nos ensaios realizados a nível de campo constatou-se que o coeficiente de uniformidade de distribuição na superfície foi de 42,61%, correspondendo a um aumento de 176,51%, uma vez que o valor obtido em laboratório foi de 15,43%. Esse aumento da uniformidade pode ser atribuída à leve brisa que soprava durante os teste, sem no entanto ser detectada pelo anemômetro, mas que era suficiente para provocar um leve espalhamento das finas gotículas de água, fazendo com que estas caíssem mais uniformes. Isto significa que ventos com velocidades maiores poderão distorcer totalmente os padrões de distribuição de água deste modelo de microaspersor.

De acordo com os resultados dos coeficientes de uniformidade no perfil pode-se observar que não houve diferença significativa com o incremento das irrigações, demonstrando que a desuniformidade das precipitações na superfície não exerceu nenhuma influência na uniformidade de distribuição da umidade no perfil do solo, ao passo que foi observada significativa diferença com relação à profundidade das camadas Tabela 4 e figuras 8 e 9. Estes resultados condizem com as afirmações de PAIVA (1980)

de que a uniformidade de distribuição de umidade no perfil do solo, pouco depende da uniformidade da água aplicada na superfície do solo.

Tabela 4 - Resultados da análise estatística

FV.	GL	SQ	QM	F
Profundidades	2	790,1657	395,0828	64,85 **
Irrigações	3	37,3524	12,4508	2,04 NS

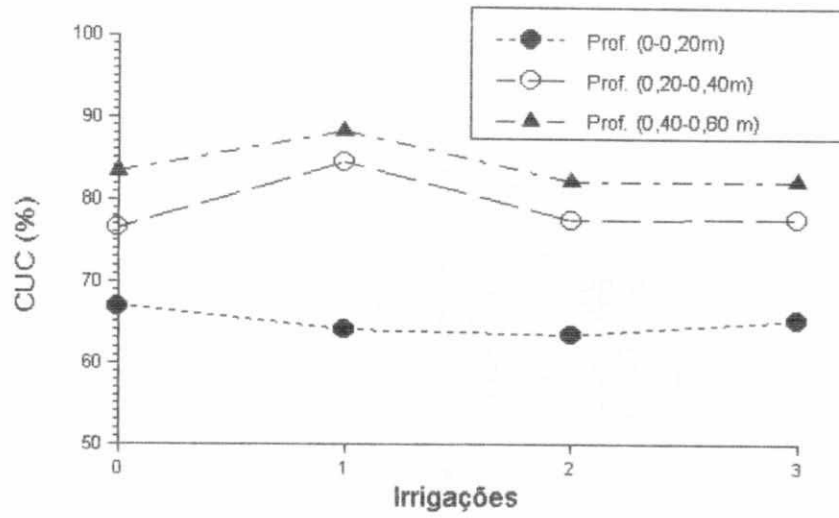


Figura 8- Coeficiente de uniformidade de umidade de Christiansen versus número de irrigações.

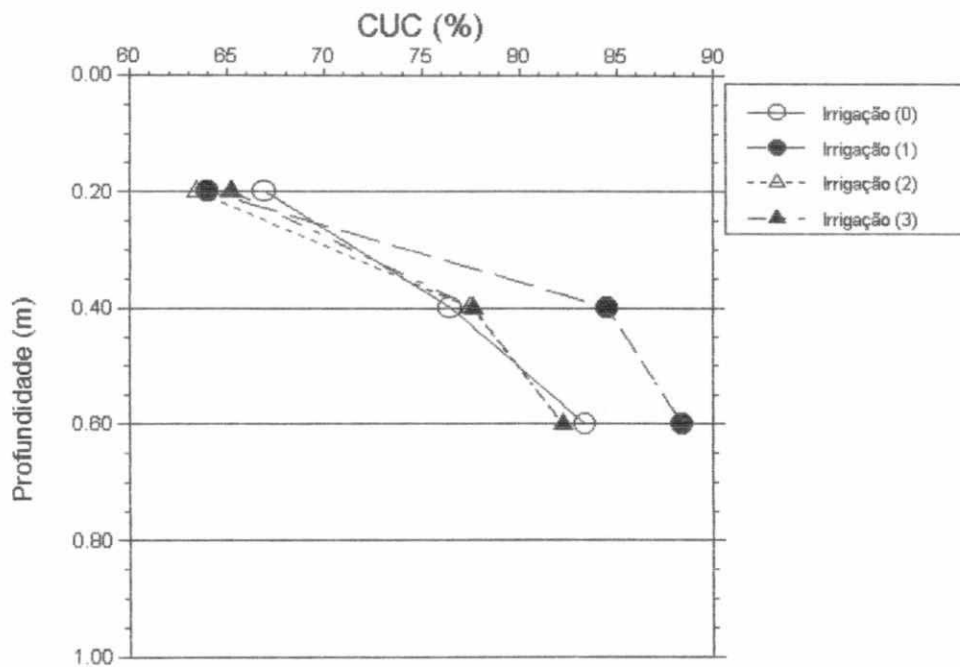


Figura 9- Profundidade versus coeficiente de uniformidade de umidade.

Como não foi observada diferença significativa de uniformidade ao longo das irrigações, calculou-se a média por profundidade, obtendo-se os seguintes resultados (tabela 5)

Tabela 5- Valores médios de coeficientes de uniformidade de distribuição de água na superfície e no perfil do solo.

Coeficiente de uniformidade de distribuição de água	
Superfície	42,61 %
Solo	
Prof. (0 - 0,20 m)	64,90 %
Prof. (0,20-0,40m)	79,04 %
Prof. (0,40-0,60m)	84,06 %

Os dados médios dos coeficientes de uniformidade de distribuição de água na superfície e no perfil do solo, obtidos para o microaspersor RAIN-BIRD QN-14, estão de acordo com os resultados obtidos por LIMA e ALVES (1995), que, obtiveram na superfície do solo, coeficientes de uniformidade de Christiansen inferior a 25% para micro e de 27 a 62% para os microaspersores. Estes autores constataram ainda que nas

lâminas coletadas abaixo da superfície do solo, estes coeficientes elevaram-se para valores entre 40 e 50% para os microdifusores, e entre 52 e 57%, para os microaspersores, devido provavelmente à redistribuição da água no solo.

Observa-se através das figuras 10 e 11 que o perfil de distribuição da lâmina de água na profundidade de 0-0,20 m antes das irrigações apresenta uma boa uniformidade, que pode ser observada através das distâncias das isoietas.

Nas figuras 12 a 17 que correspondem a distribuição das lâminas de água nas profundidade de 0-0,20 m, após a 1^a, 2^a e 3^a irrigações, pode-se observar através das isoietas, um pequeno decréscimo na uniformidade de distribuição demonstrando que, em função da textura desta camada, esta sofreu influência da desuniformidade da água aplicada na superfície.

Nas figuras 18 a 33 observa-se que praticamente não houve diferença entre a uniformidade antes e após as irrigações, demonstrando que a água aplicada teve uma boa redistribuição, em função dos teores de silte e argila presentes no perfil do solo.

Observa-se através de todas as figuras que houve um acréscimo da uniformidade, com a profundidade.

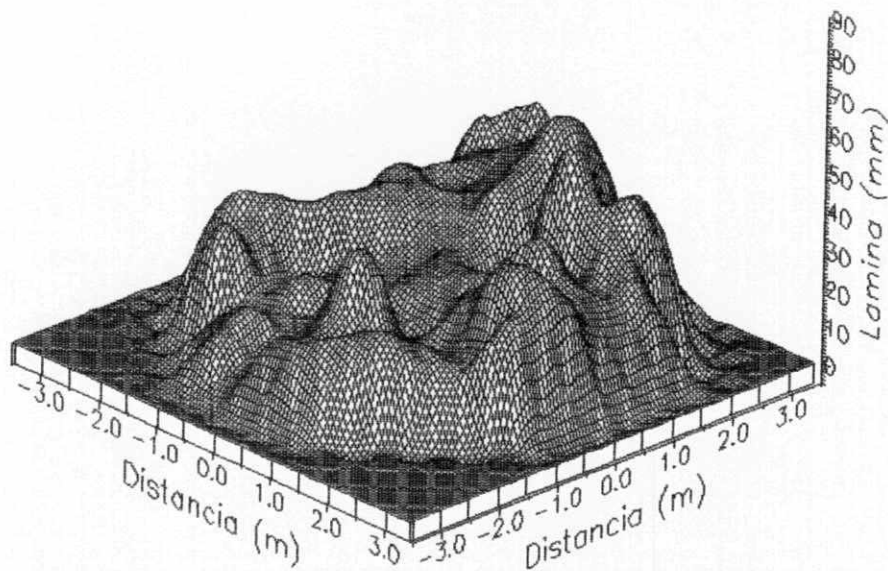


Figura 10 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, antes da primeira irrigação.

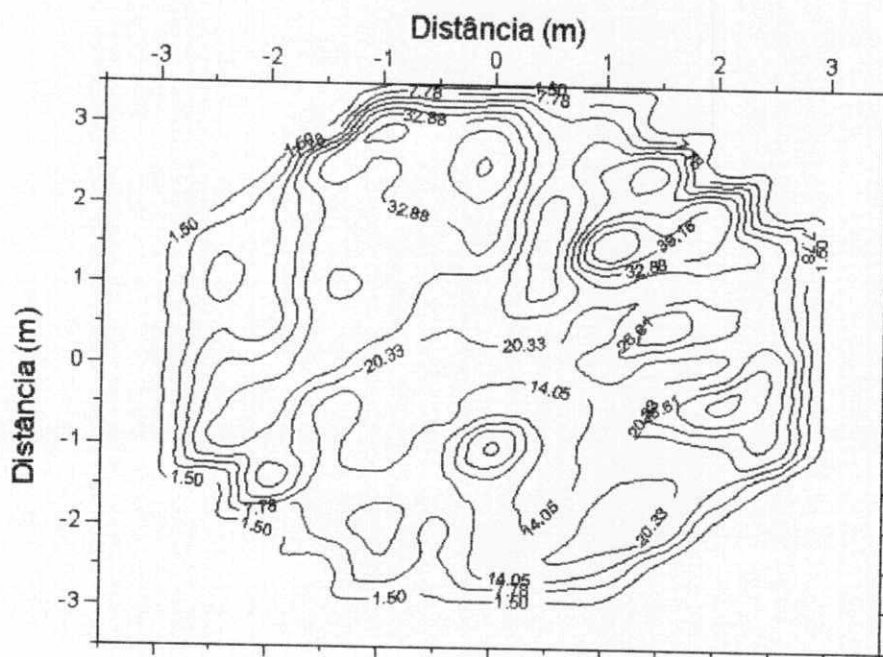


Figura 11 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, antes da primeira irrigação.

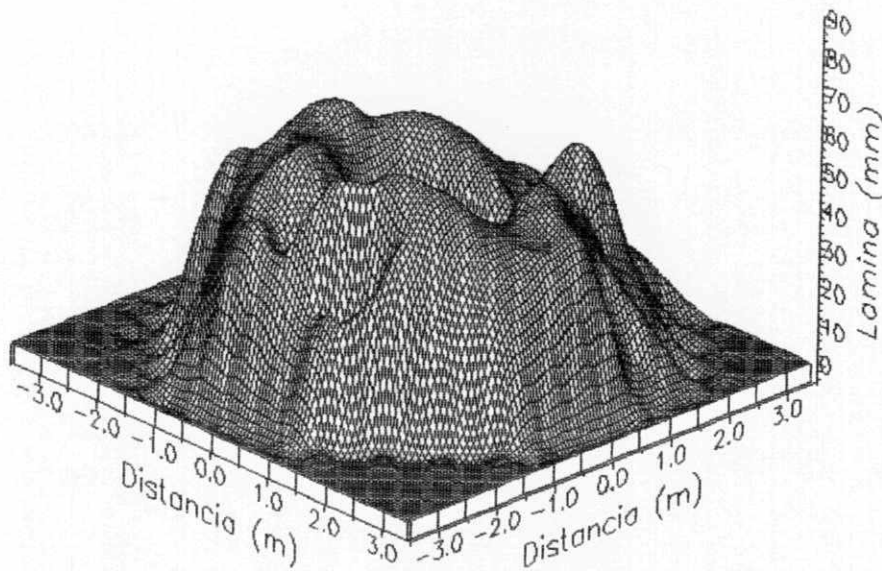


Figura 12 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a primeira irrigação.

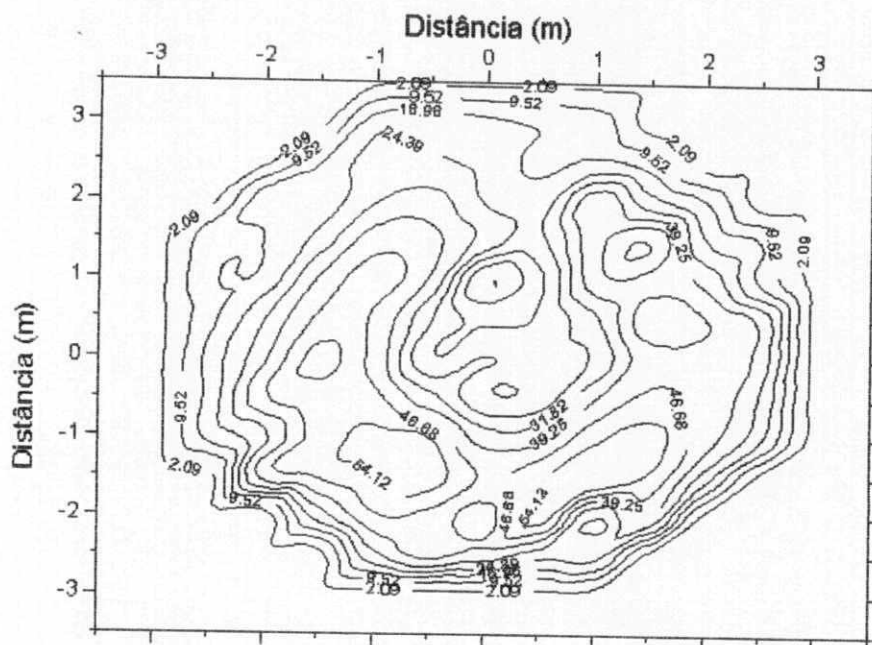


Figura 13 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a primeira irrigação.

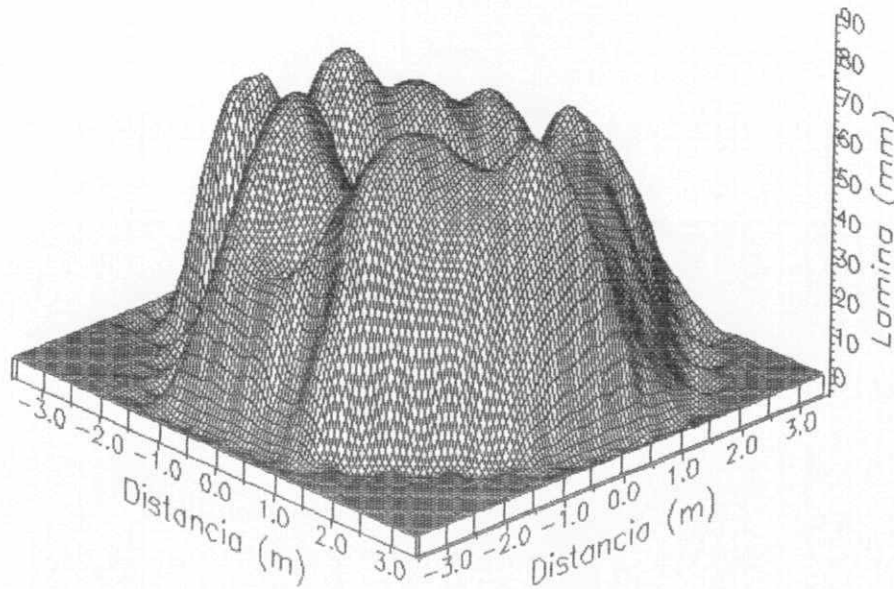


Figura 14 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a segunda irrigação.

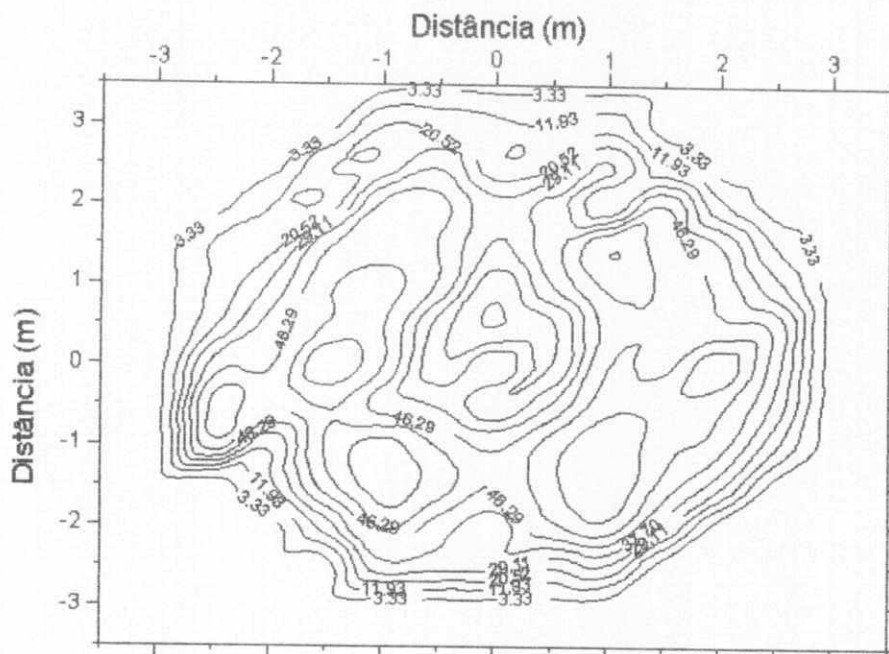


Figura 15 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a segunda irrigação.

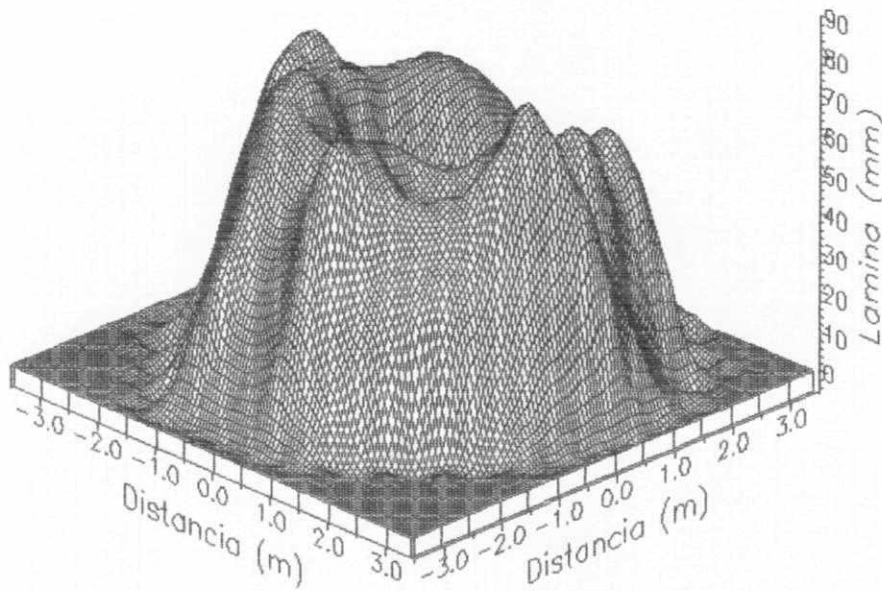


Figura 16 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a terceira irrigação.

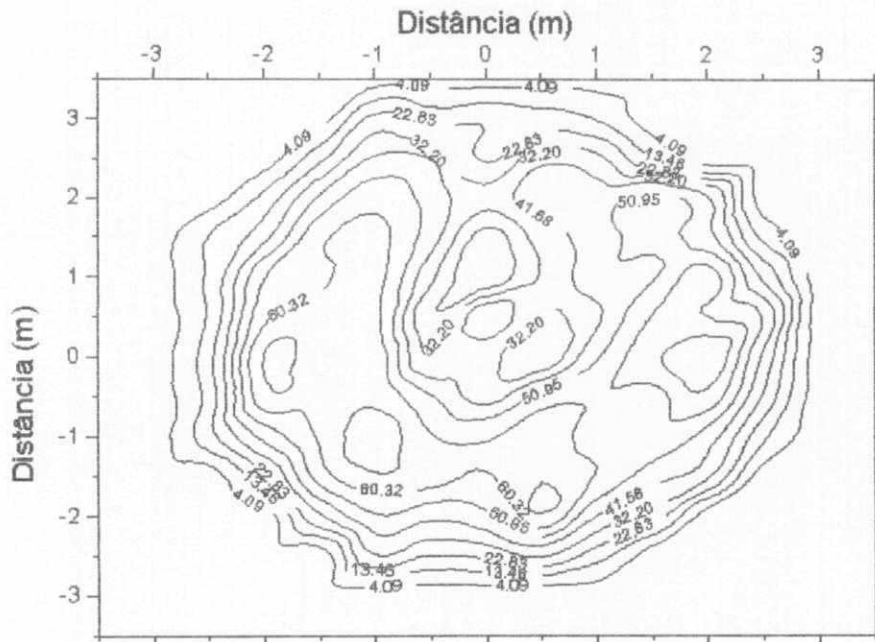


Figura 17 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0-0,20 m de profundidade, após a terceira irrigação.

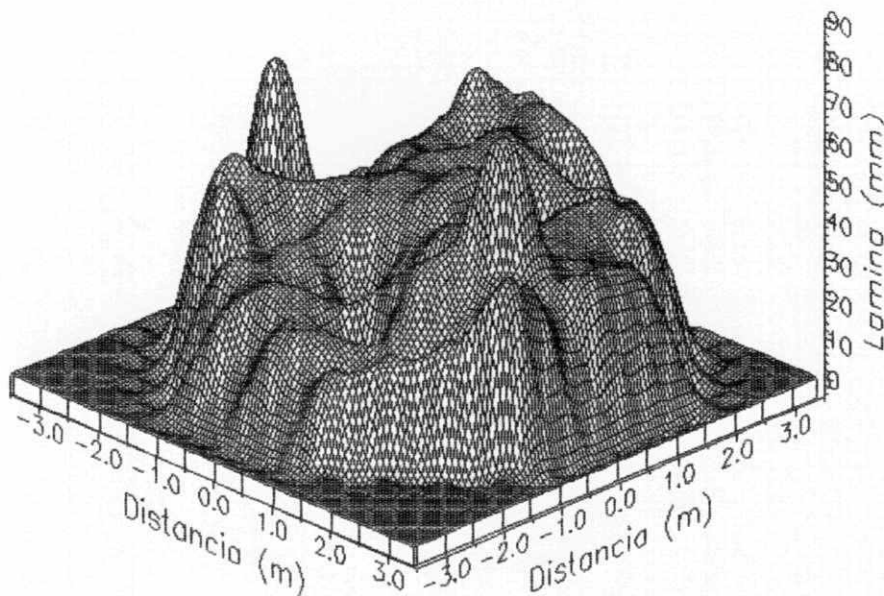


Figura 18 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, antes da primeira irrigação.

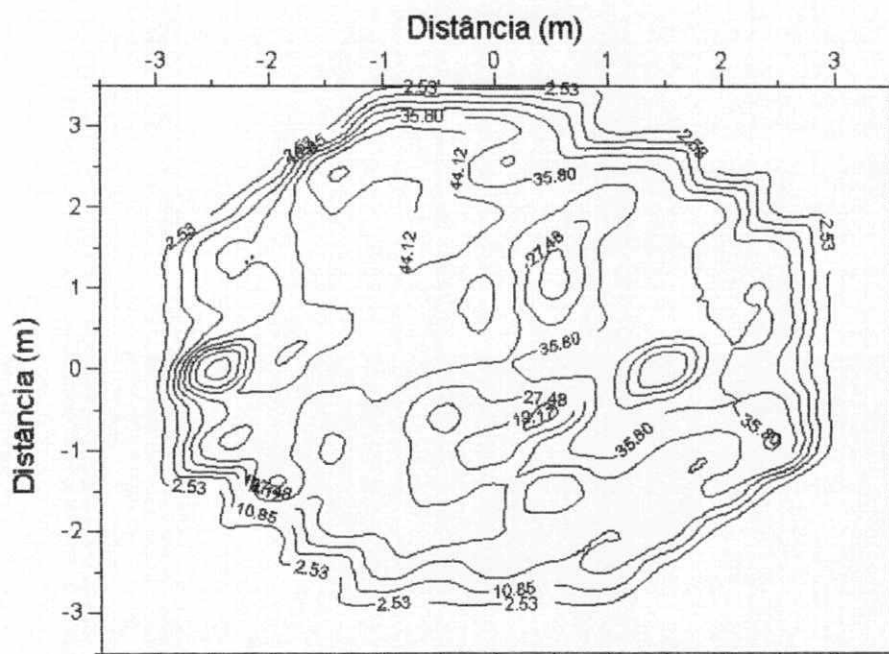


Figura 19 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, antes da primeira irrigação.

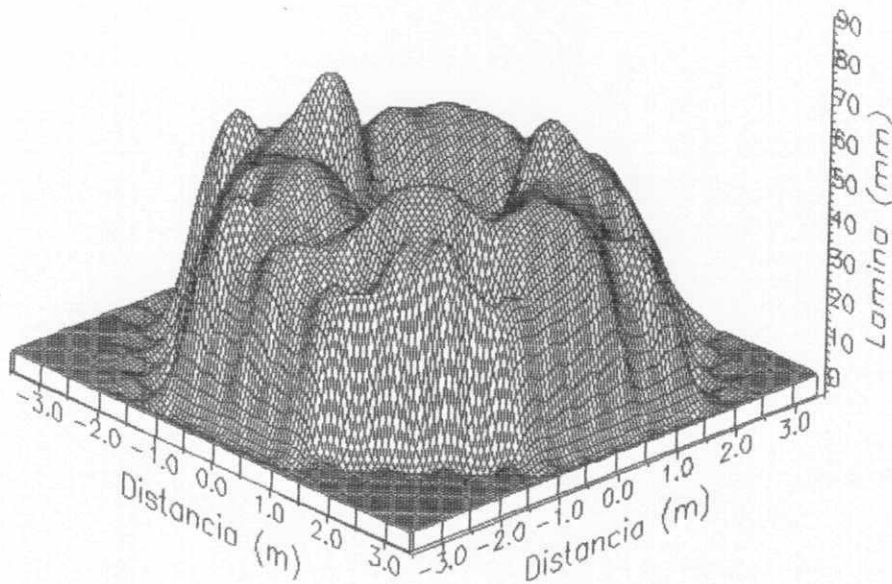


Figura 22 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a segunda irrigação

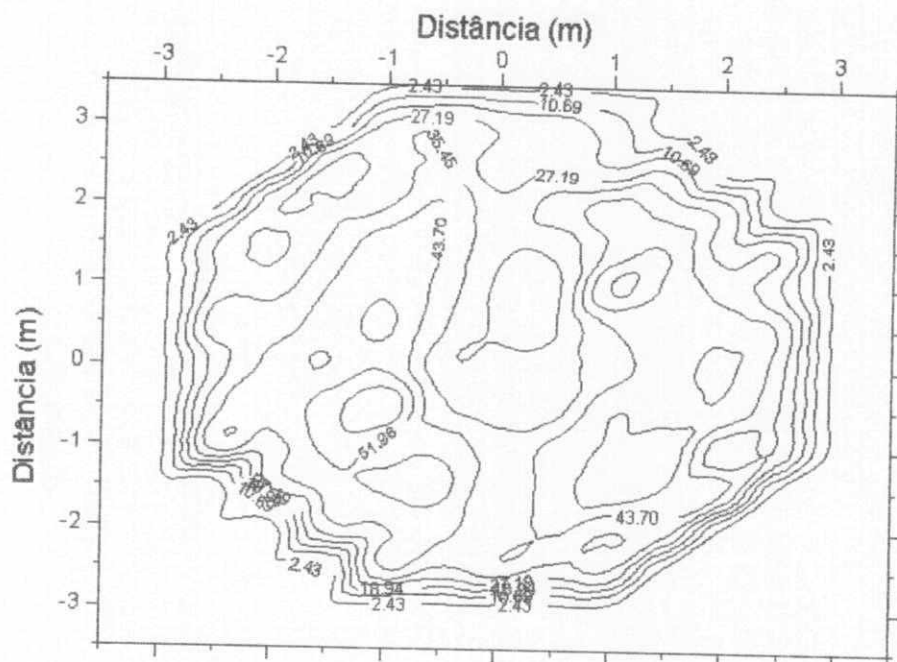


Figura 23 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a segunda irrigação.

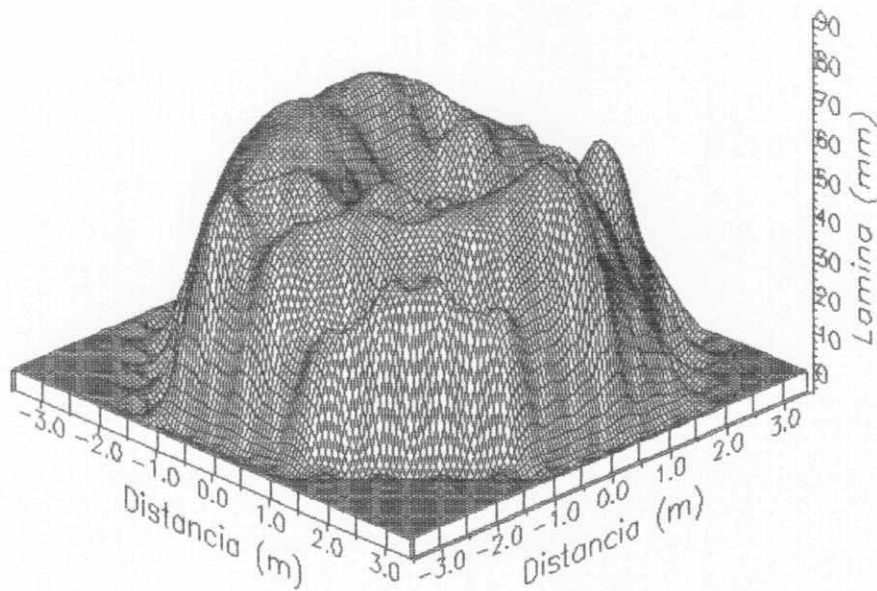


Figura 24 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a terceira irrigação.

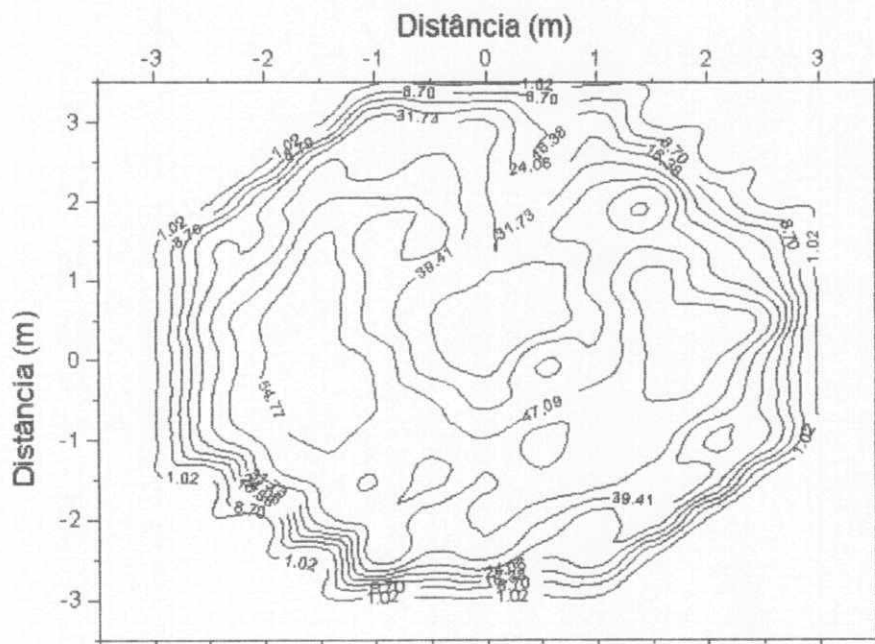


Figura 25 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,20-0,40 m de profundidade, após a terceira irrigação.

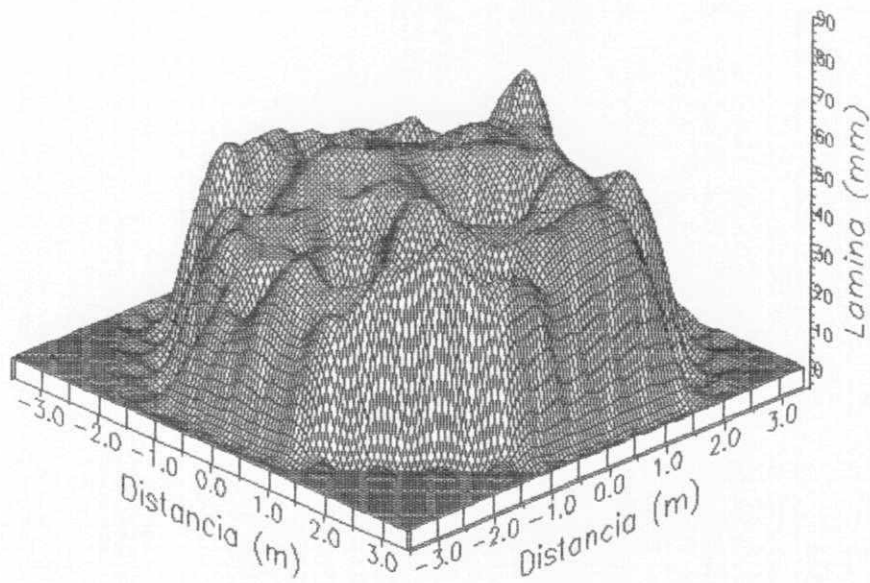


Figura 26 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, antes da primeira irrigação.

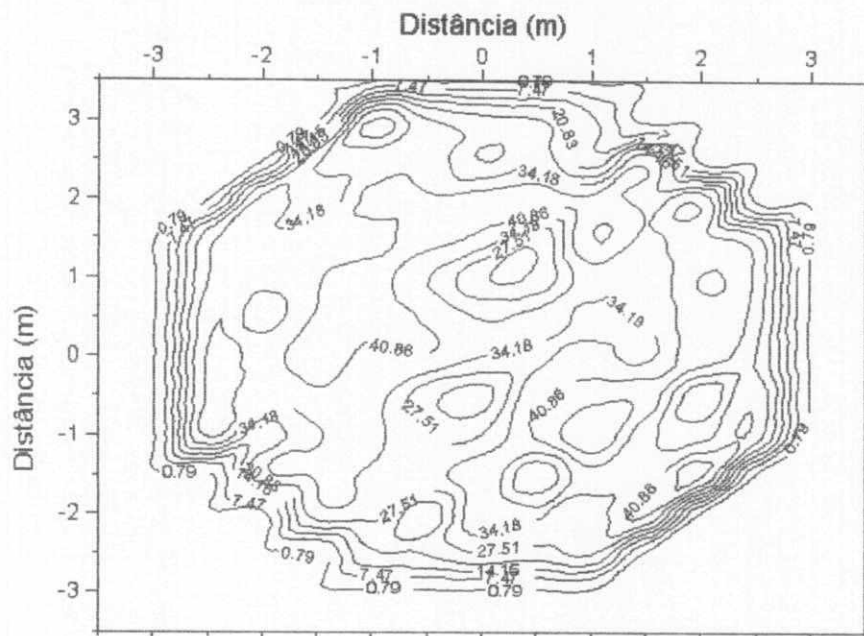


Figura 27 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, antes da primeira irrigação.

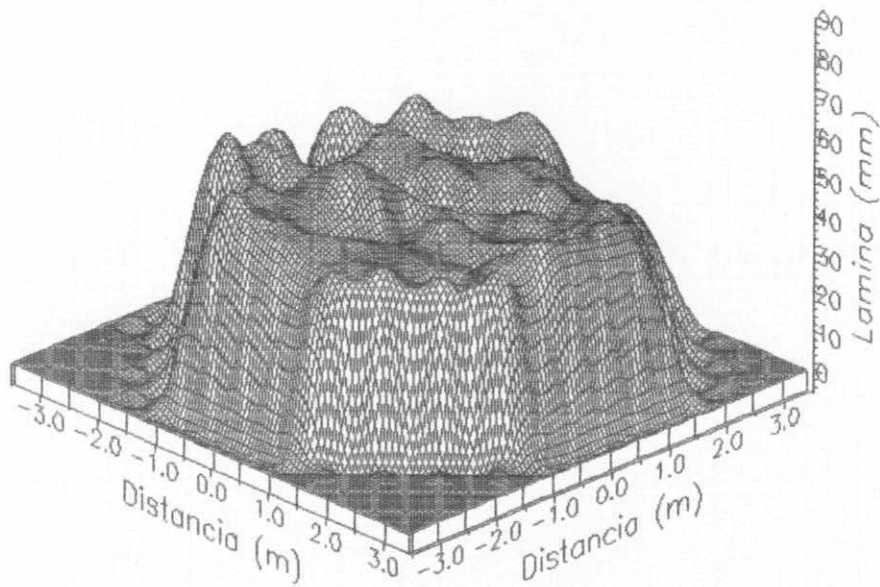


Figura 28 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a primeira irrigação.

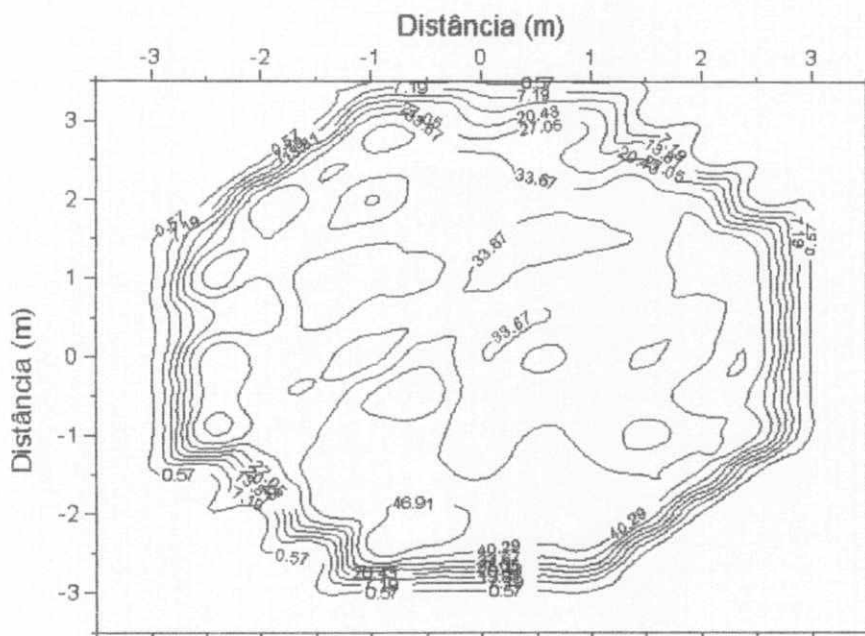


Figura 29 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a primeira irrigação.

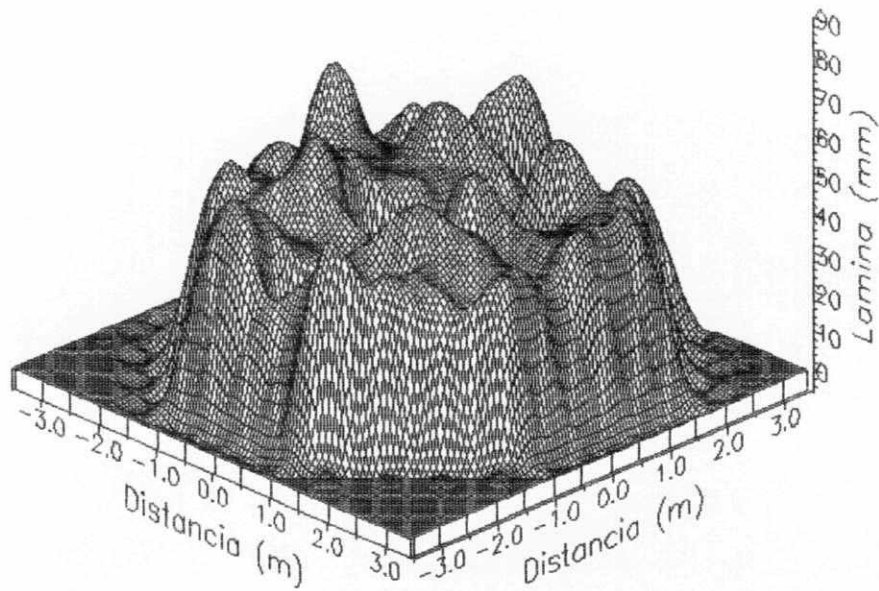


Figura 30 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a segunda irrigação.

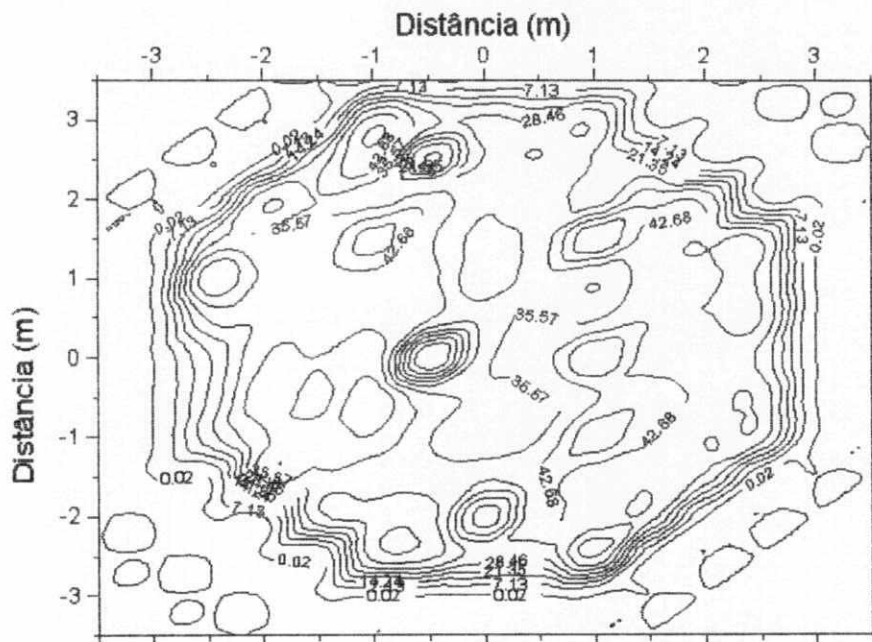


Figura 31 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a segunda irrigação.

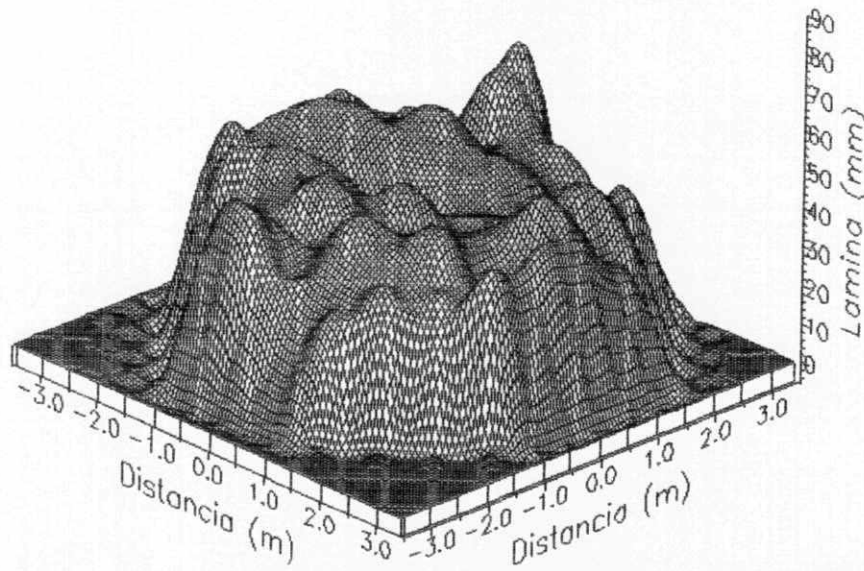


Figura 32 Perfil tridimensional da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a terceira irrigação.

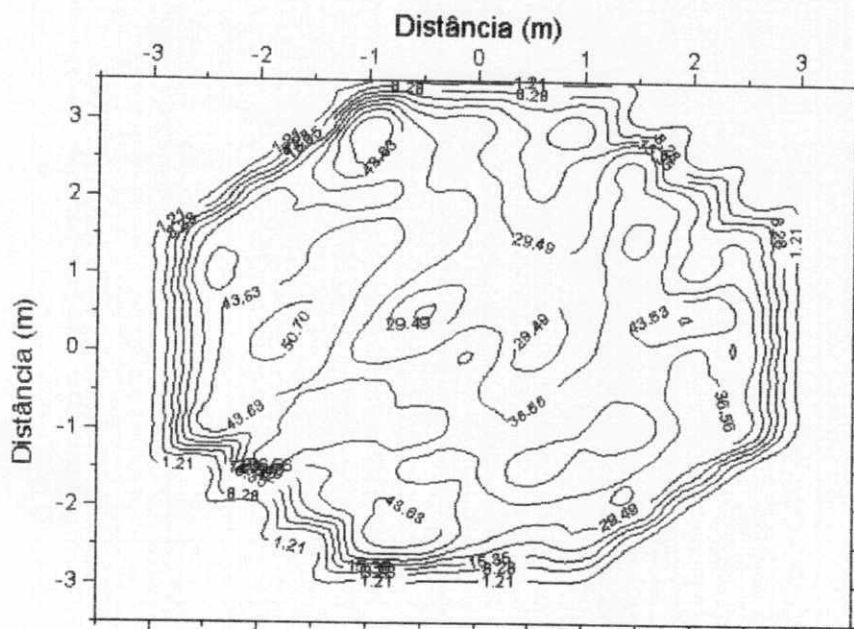


Figura 33 Isoietas da distribuição da lamina de água no solo de 0,40-0,60 m de profundidade, após a terceira irrigação.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos à nível de laboratório e de campo dos ensaios realizados com o microaspersor RAIN-BIRD QN-14 chegou-se as seguintes conclusões:

O microaspersor apresenta uma vazão média de 55,4 l/h que equivale, aproximadamente, à indicada nos catálogos do fabricante, que é de (56,00 l/h).

O microaspersor apresenta boa uniformidade de fabricação, com um CVF igual a 0,007.

O microaspersor apresenta um expoente "x" igual a 0,4866, que o caracteriza como de fluxo turbulento.

O microaspersor apresenta um perfil de distribuição bastante irregular, sendo possível seu ajuste através da função $P=0,133\exp(-1,42D+(3,37)(D^2)+(-0,91)(D^3))$, que apresenta uma correlação de 99,7 %.

O microaspersor apresenta uma intensidade de aplicação média de 1,64 mm/h e um coeficiente de uniformidade de distribuição de água em condição de vento nulo de 15,43 %. Foi observado também que este apresenta uma faixa de baixa intensidade de aplicação no interior da área molhada pelo emissor.

O emissor apresenta uma melhora no coeficiente de uniformidade de distribuição de água na superfície do solo (42,61%), quando operando em campo sob condições de vento fraco (brisa), em comparação a condição de vento nulo em laboratório (15,43%).

A uniformidade de distribuição de água do emissor aumenta, consideravelmente no perfil solo.

Recomendações

Avalie-se a uniformidade de distribuição de umidade em solos com outras texturas.

Avalie-se a uniformidade de distribuição de umidade em solos cultivados.

Avalie-se a uniformidade de distribuição de água na superfície e no perfil do solo, com microaspersores operando sob ventos em várias velocidades.

7 BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, J.S; **Micro Irrigation - world wide Usage**, ICID bulletin, v. 33, n.1, p. 4-6, jan.1994.

ANDERSON, V.L.; McLEAN, R.A. Some intermediate data analysis concepts.

In: ANDERSON, V.L.; McLEAN, R.A. **Design of experiments**. New York:

M.Dekker, 1974. Cap.2, p. 40-78.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Rio de Janeiro,

RJ). **Emissores para sistema de irrigação Localizada**: avaliação de características operacionais.método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986. 6p.

projeto 12:02.08.021

BENAMI, A.; OFEN, A. Sprinkler irrigation In: BENAMI, A.; OFEN, A. **Irrigation e engineering: sprinkler, trickle, surface irrigation - principles, design and agricultural practices.** Haifa, Israel: 1 ESP/Bet Dagan: IIC, 1984. cap.2, p. 27-146.

BRALTS, V.F.; WU, I.P.; GITLIN, H.M. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. **Transaction of the ASAE.** St. Joseph, v. 24, n.1, p.113-119, jan/Feb.1981.

BRITO, L.T. de L.; LOUREIRO, B. T.; RAMOS, M. M.; DENÍCULI, W. **Velocidades de infiltração determinadas por infiltrômetros de aspersão e de anel, com e sem cobertura morta.** Engenharia na agricultura - Série Irrigação e Drenagem, viçosa, v. 2, n.23, p.1-8, set. 1993.

CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. Retenção e movimento de água em latossolo vermelho-amarelo irrigado de Petrolina (PE). **Revista Brasileira de Ciência do solo,** Campinas, v. 7, n.1, p. 21-26, jan./abr. 1983.

CHOUDHURY, E.N.; SOARES, J.M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas. I Mangueira em solo arenoso sob irrigação por

aspersão sobcopa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 12., 1993, Porto alegre, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das almas, v.14, n.3, p.169-176, 1992.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeler, California: University of California, Agricultural Experiment Station. 1972. 124 p. Reimpresso do Bulletin n.670, da Utah State University, Logan, 1942.

CRESPO, J.A.; HERNADEZ, P. Determinacion de las características de cinco microaspersores de produccion nacional. **Ciencia y Técnica en la agricultura. Riego y Drenaje**, Habana, v. 8, n. 2, p. 53-63, Julio, 1985.

DAKER, A.A. **Água na agricultura: irrigação e Drenagem**. 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro. F. Bastos, 1984. v. 3, 543 p.

FARIA, M.A. **Características hidráulicas do microgotejador Irtec e da linha lateral de irrigação**. Viçosa, Imprensa Universitária. 1981. 78p. Dissertação Mestrado.

FIRAKE, N.N.; SALUNKHA, D.S. Soil moisture movement in Microsprinkler irrigation. **Agricultural-Engineering Today**. n. 15-16, 1992, resumo consultado: CAB Abstracts 1993-7/95. CD-ROM.

GILAAD Y.; KRYSTAL, L.; ZANKER, K. **Hidraulic and mechanical properties of drippers**. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., 1974, San Diego, CA. Proceedings... Riverside: University of California/SSAE, 1974. p. 311-316.

GRIDDLE, W. D.; KALISVAART, C. **Subirrigation systems**. In: HAGAN, R. M; HAISE, H.R.; EDMINISTER, T.W. ed. Irrigation of agricultural lands. Madison: ASA, 1967. p. 905-921. (ASA. Agronomy, 11)

HANSON, B.R. **Adhering to the rules of drip tape selection**. **Irrigation Journal**, Cathedral City, CA, v. 44, n. 5, p. 8-13, July/Aug. 1994.

KARMELI, D. Classification and flow regime analysis of drippers. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 22, n. 2, p. 165-173, June 1977.

KARMELI, D.; SMITH S. W. **Irrigation with aerosol emitters. Transaction of the ASAE; v. 21, n. 5, p. 878- 880, Sept./Oct. 1978.**

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters. Transaction of the ASAE; St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, July/Aug. 1974**

LEME, E.J.A. **Uso da equação de Kostiakov para seleção e adequação da intensidade de precipitação de aspersores. Item, Brasília, v. 31, n. 12, p. 37- 40, 1987.**

LIMA, L.A.; ALVES, D.R.B. **Avaliação da uniformidade de distribuição de água de microaspersores e microdifusores In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23, 1994, Campinas, SP. Programa de resumos... Campinas: SBEA/UNICAMP, 1994. P.16.**

MATOS, J.A. **Caracterização hidráulica e da distribuição de água do microaspersor DAN SPRINKLER 2001. Campina Grande: UFPb. 1986. 81p. Dissertação Mestrado.**

MEDEIROS, J.D. de. Distribuição de água do microaspersor ED2 em solo com barreira impermeável no perfil. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. Departamento de Engenharia Agrícola (Campina Grande,Pb). **Resumo de dissertações** : Engenharia de Irrigação e Drenagem. Campina Grande, 1987.

NASCIMENTO & SOARES **Bulbo infiltrômetro**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: ABID, 1988. v. 1, p. 1207-1218:.

OLIVEIRA, J.J.P. de.; VILLAS BOAS, L. C.; KAIMOTO, L.S.A. **Controle racional de um sistema de irrigação localizada conceitos e resultados**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: ABID, 1988. v. 1, p. 23-40.

X
PAES, L.A.D. **Características hidráulicas dos microaspersores Dantas MA120 e Irtec e das linhas laterais em sistemas de irrigação por microaspersão**. Viçosa; UFV, 1985. 85p. Dissertação Tese de Mestrado.

PEREIRA, A. R.; BARROS FERRAZ, E. S.; REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L. **Estimativa da evapotranspiração e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados Lins e Marília.** Piracicaba: USP- CENA, 1974; 13 p. (CENA: Boletim Científico 014)

PITTS, D.J.; FERGUSON, J. A.; WRIGHT, R.E. **Trickle irrigation lateral line desig by computer analysis.** Transaction of the ASAE; St. Joseph, v. 29, n.5, p.1320-1324, Sept./Oct. 1986.

RAMOS, M.M.; SALES, E.S. de, COUTO. L.; BERNARDO S. **Efeito da vazão e do volume de água aplicado por um emissor pontual em um latossolo vermelho-escuro álico, nas dimensões do bulbo molhado.** Engenharia na agricultura. Série - Irrigação e Drenagem; viçosa, v.1, n. 7, p. 1-16, 1993.

REICHARDT, K. **Processo de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** 4.ed. rev. e ampl. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.

SAAD, A. M.; TOGNON, A.A. & SANSIGOLO, C. A. **Subsidios para projetos e manejo de irrigação por aspersão.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: ABID, 1988. v. 1, p. 555-585.

SAMPAIO, S.C; CORRÊA, M.M.; FARIA. M. de. **Adequação dos modelos potencial e polinomial como equação característica de um gotejador autocompensante.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1995 Viçosa, . p.70-79.

SILVA, A.T. da; LOU, W.C; ARAÚJO, C. M. Características hidráulicas do microaspersor "Jatíssimo". Item, n. 19, p. 36-38, dez. 1984.

SILVA, F.F. da. **Efeito da materia orgânica na cultura do melão (Cucumis melo L.) sob irrigação não convencional, por potes de barro, na região semi-árida paraibana.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: ABID, 1988. v. 1, p. 89-105.

SOARES, A.A.; WILLARDSON, L.S.; KELLER, J. **Declividade da superfície do solo versus uniformidade de distribuição em aspersão.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: ABID, 1988. v. 1, p. 327-343.

+

SOLOMON, K.; KELLER, J. **Trickle irrigation uniformity and efficiency.** *Journal fo the Irrigation and Drainage Division*, New York, v. 104, n. IR3, p.293-306, Sept., 1978.

SOLOMON, K. **Manufacturing variation of trickle emitters.** *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.22, n.5, p.1034-1038, 1043, sept./Oct. 1979.

TIMBAU, A.O. **Técnicas modernas de irrigação:.** 5. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 227p.

XVILLAS BOAS, M.A. **Análise de métodos de amostragem da distribuição espacial de água de aspersores rotativos.** Lavras: ESAL, 1994. 121p. Dissertação Mestrado.