

737322
033320
783.183 T
BFFAA

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos para

DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO COM
CANHÃO HIDRÁULICO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO E DO
ESPAÇAMENTO ENTRE ASPERSORES.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde

que seja feita de conformidade com as normas da Universidade.

T 631.587
A477d
Disponível

Antonio de Sousa Alves
Antonio de Sousa Alves


ANTONIO DE SOUSA ALVES

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 06/09/1995

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

UFC/BU/BCT 02/08/2000



R1312995 Desempenho de um sistema de
C358320 irrigação po
T631.587 A477d

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A477d Alves, Antonio de Sousa.

Desempenho de um sistema de irrigação por aspersão com canhão hidráulico em função da velocidade do vento e do espaçamento entre aspersores / Antonio de Sousa Alves. – 1995.

89 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 1995.

Orientação: Prof. Me. Paulo Teodoro de Castro.

1. Engenharia Agrícola. I. Título.

CDD 630

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Irrigação e Drenagem, outorgada pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

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

Antonio de Sousa Alves

DISSERTAÇÃO APROVADA EM : 06/09/1995

Paulo Teodoro de Castro - M.S.
ORIENTADOR

Luis Carlos Uchôa Saunders - Doutor
CONSELHEIRO

Moisés Custódio Saraiva Leão - Ph.D.
CONSELHEIRO

Aos meus pais

AG José e Josefa

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela concessão de bolsa de estudo e a Comissão de Fomento de Pesquisas de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo e auxílio financeiro.

A minha Esposa, Liane

A Companhia Agrícola S/A (CA) (CAG - AGRICOLA) pela possibilidade de executar meus trabalhos de pesquisa.

À grande amigo e orientador Professor PAULO HENRIQUE DE CASTRO, pelo ensino, apoio e dedicação prestados antes e durante a realização deste trabalho.

Aos meus Filhos,

Raul e Amanda

Às minhas irmãs, ROSA MARIA SAUNDERS e MOISÉS OLIVEIRA, pela colaboração e sugestões apresentadas a este trabalho.

Aos outros Professores do Curso de Mestrado em Engenharia de Alimentos e do Departamento de Produção, pela orientação e conhecimento transmitido.

DEDICO

À minha colega SOLERNE CAMARGO COSTA, pela amizade e colaboração durante a realização e execução deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela concessão de bolsa de estudo e a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo e auxílio tese.

A Companhia Agroindustrial Vale do Curu (AGROVALE) pela possibilidade de execução dos trabalhos de campo.

Ao grande amigo e orientador, Professor PAULO TEODORO DE CASTRO, pelo ensino, apoio e dedicação prestados antes e durante a realização deste trabalho.

Aos Professores LUIS CARLOS UCHÔA SAUNDERS e MOISÉS CUSTÓDIO SARAIVA LEÃO, pela colaboração e sugestões apresentadas a este trabalho.

Aos outros Professores do Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem e do Departamento de Engenharia, pela consideração e conhecimentos transmitidos.

Ao colega SOLERNE CAMINHA COSTA, pela amizade, companheirismo, colaboração e sugestões apresentadas a este trabalho.

Aos colegas SALES, JOSUALDO, ROSA MEIRE, RENÉ, LUIZ CARLOS, LUCIANO, EUNILDO, pela amizade, convívio e companheirismo.

Aos meus familiares pelo apoio e estímulo nos momentos mais difíceis deste trabalho.

Ao Professor LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA, Coordenador do Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem, pelo respeito, consideração e conhecimentos transmitidos.

Ao Secretário do Curso de Mestrado em Irrigação e Drenagem, ROGERIO BRITO DA SILVA pelos serviços prestados na digitação da dissertação e ao Desenhista do DENA, LÚCIO VASCONCELOS E SILVA pela confecção de figuras.

Aos demais Funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC) pelos serviços prestados no decorrer do Curso.

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

<u>LISTA DAS TABELAS</u>	ix
<u>LISTA DAS FIGURAS</u>	xiii
<u>RESUMO</u>	xiv
<u>ABSTRACT</u>	xvi
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	4
2.1 - Avaliação de Desempenho de Sistema de Irrigação por Aspersão ...	4
2.2 - Fatores que Afetam o Desempenho do Sistema de Irrigação por Aspersão	7
2.2.1 - Fatores Climáticos	8
2.2.2 - Fatores não Climáticos	13
2.3 - Parâmetros de Qualidade da Irrigação	16
2.3.1 - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)	17
2.3.2 - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)	19
2.3.3 - Eficiência de Irrigação (EI)	21
2.3.4 - Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP)	21

3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	23
3.1 - Localização Geográfica	23
3.2 - Características Climáticas	23
3.3 - Características do Solo	24
3.4 - Descrição do Sistema	24
3.5 - Procedimento de Campo	25
3.6 - Parâmetros usados na Avaliação da Irrigação por Aspersão	31
3.6.1 - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)	31
3.6.2 - Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)	32
3.6.3 - Eficiência de Irrigação (EI)	33
3.6.4 - Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP)	34
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	36
4.1 - Desempenho do Sistema de Irrigação por Canhão Hidráulico Portátil sob Diferentes Velocidades de Vento	36
4.2 - Efeito do Espaçamento entre Aspersores na Qualidade da Irrigação	45
4.3 - Avaliação de Desempenho do Sistema	46
5 - <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	49
5.1 - Conclusões	49
5.2 - Recomendações	50

6 - LITERATURA CITADA 52

ANEXO 01 - Dados de Campo do Sistema de Aspersão por Canhão

Hidráulico Portátil Testado 59

APÊNDICE 01 - Especificações Técnicas do Aspersor Gigante (Canhão

Hidráulico), Motor Elétrico e Bomba Centrífuga..... 88

LISTA DAS TABELAS

TABELAS

Página

- 1 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de Vento para o espaçamento 36 m x 36 m 37

- 2 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de Vento para o espaçamento 36 m x 45 m..... 38

- 3 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidadesde vento para o espaçamento 45 m x 45 m..... 39

7 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água Aplicada (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de Vento para o espaçamento 63 m x 63 m	43
8 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 01.....	60
9 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 02	62
10 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 03	64
11 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 04	66
12 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 05	68
13 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 06	70
14 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 07.....	72
15 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 08	74
16 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 09	76
17 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 10	78

18 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 11..... 80

LISTA DAS FIGURAS

19 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 12 82

20 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 13 84

FIGURAS

21 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 14 86

22 - Características físicas e químicas do solo da área do experimento..... 89

23 - Especificações técnicas do aspersor gigante(Canhão Hidráulico)..... 90

24 - Características do motor elétrico e da bomba centrífuga..... 90

LISTA DAS FIGURAS

<u>FIGURAS</u>	<u>Página</u>
1 - Esquema da instalação de coletores pluviométricos para os testes de campo	26
2 - Fixação dos coletores pluviométricos no campo	27
3 - Perfil da variação da velocidade do vento no local dos testes de campo	30

RESUMO

O trabalho foi conduzido em uma das áreas da propriedade da Companhia Agro-industrial Vale do Curu (AGROVALE), situada no município de Paracuru-CE, tendo como objetivo principal determinar o desempenho do sistema de aspersão por canhão hidráulico portátil sob diferentes condições de vento e espaçamento entre aspersores. Como objetivo secundário, realizar uma avaliação geral do sistema. Com esse intuito, empregou-se a metodologia de avaliação proposta por MERRIAM & KELLER (1978), para determinação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC).

Os parâmetros de qualidade da irrigação foram determinados considerando-se 7 espaçamentos diferentes entre aspersores (36 m x 36 m, 36 m x 45 m, 45 m x 45 m, 45 m x 54 m, 54 m x 54 m, 54 m x 63 m e 63 m x 63 m) e intervalos de velocidade do vento de 0 - 1, 1 - 2, 2 - 3, 3 - 4, 4 - 5, 5 - 6 e 6 - 7 m/s. Os valores de CUC, CUD, EI, e EAP que indicaram melhor desempenho da irrigação, foram obtidos nos menores intervalos de velocidades de vento, aliados aos espaçamentos entre aspersores de 36 m x 36 m, com valores de 90%, 85%, 71% e 84%, e 36 m x 45 m de 88%, 82%, 70% e 82%, respectivamente.

Os valores obtidos para CUC, CUD, EI e EAP inferiores aos citados acima indicaram que o sistema não operava satisfatoriamente, possivelmente devido aos fatores climáticos (velocidade e direção do vento, temperatura, umidade relativa do ar) e não climáticos (pressão de serviço, espaçamento entre aspersor), provocando, assim, perdas d'água aplicada superiores a 30%, e performance abaixo do recomendado pela literatura.

The study was conducted in São Paulo belonging to Companhia Agrícola S/A, in the city of Paracuru-CE. The main objective was to study the performance of a manual electric gun sprayer system against the wind velocity and the sprayer spacings. The secondary objective was general evaluation of the system performance for this the MERRIAM & WEBSTER (1978) procedure, as suggested and mentioned: Uniformity Coefficient (UC), Uniformity of Distribution Coefficient (UDC), Uniformity of Application Coefficient (UAC), and the Coefficient of Variation (CV). The wind velocity was measured by a wind anemometer, and the temperature and relative humidity were measured by a psychrometer.

The sprayer quality parameters were determined in terms of sprayer spacings of 36 m x 36 m, 36 m x 45 m, 45 m x 36 m, 45 m x 45 m, 45 m x 54 m, 54 m x 36 m and 54 m x 54 m, and six wind velocities of 2, 3, 4, 5, 6 and 7 m/s. The values of UC, UDC, UAC and CV, showing the best sprayer performance, were obtained with the wind velocity values of 2 m/s, and spacings of 45 m x 36 m (90%), 36 m x 45 m (88%), 45 m x 45 m (87%) and 36 m x 45 m (86%).

ABSTRACT

The work was conducted in a field belonging to Companhia Agroindustrial vale do Curu (AGROVALE), in the county of Paracuru-CE/Brazil. The main objective was to identify the performance of a solid set hydraulic gun sprinkler system submitted to variable wind velocities, directions and sprinkler spacings. The secondary objective was a general evaluation of the system performance. For this the MERRIAM & KELLER (1978) procedure was applied and Christiansen's Uniformity Coefficient (UC), Uniformity of Distribution Coefficient (UD), Irrigation Efficiency (IE), Applied Water Loss (AWL), Potential Application Efficiency (PAE), Evaporation Water Loss (EWL) and Water Drip by Wind (WDW), were determined.

The irrigation quality parameters were determined to seven (7) sprinkler spacings (36 m x 36 m, 36 m x 45 m, 45 m x 45 m, 45 m x 54 m, 54 m x 54 m, 54 m x 63 m and 63 m x 63 m) and to wind velocities ranging 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 and 6-7 m/s. The values of UC, UD, IE and PAE, showing the best irrigation performance, were obtained within the lowest wind velocities intervals, and spacings of 36 m x 36 m (90%, 85%, 71% and 84%) and 36 m x 45 m (88%, 82%, 70% and 82%).

1. INTRODUÇÃO

Values of UC, UD, IE and PAE lower than the values above mentioned indicate the influence of weather factors (wind velocity and direction, temperature, air relative humidity) and non-weather factors (operation pressure, sprinkler spacings), producing loss higher than 30% and performance lower than the one recommended by the literature.

1. INTRODUÇÃO

A água é um fator de alta importância no crescimento das culturas, porém, nem sempre está disponível em condições naturais. O regime pluviométrico de certas regiões e em determinadas épocas do ano torna difícil atender essas necessidades hídricas, devido ao baixo teor de umidade do solo. Daí, a necessidade de se aplicar água artificialmente ao solo para que os cultivos não sofram problemas de redução e alteração em seu desenvolvimento.

Um sistema de irrigação para uma determinada área envolve uma adequada caracterização dos recursos hídricos, solos, topografia, clima, culturas e do próprio elemento humano. Todos esses fatores associados determinam as condições que deverão ser atendidas pelo sistema de irrigação. O conhecimento das características dos principais sistemas de irrigação permite estabelecer as alternativas que melhor se adaptam àquelas condições e, através de análises técnicas e econômicas apropriadas, conduzir a uma escolha plenamente satisfatória.

A principal característica do sistema de irrigação por aspersão é a distribuição de água na área irrigada, sob uma forma de precipitação, resultante da fragmentação de um jato sob pressão no ar atmosférico, através de simples orifícios, ou de bocais de aspersores.

Este método de irrigação é facilmente instalado e manejado em áreas de projeto com formas e dimensões muito variáveis, e apresenta possibilidades de ampliação ou redução de área irrigada, com pequenas modificações nos projetos originais.

O desempenho do sistema de irrigação por aspersão é afetado por vários fatores climáticos (velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar, e radiação solar) e os inerentes ao próprio sistema. Os fatores que dependem do sistema podem ser agrupados em função do aspersor (diâmetro e ângulo do bocal, velocidade de rotação, pressão na saída do bocal, número e tipo de bocais), do sistema de distribuição (espaçamento entre aspersores e laterais, e variações de pressão do sistema), e do manejo e operação do sistema. Todos esses fatores que interferem na qualidade da irrigação precisam ser estudados para que possam ser conhecidos e controlados da melhor forma possível.

A avaliação de um sistema de irrigação por aspersão se faz necessário para direcionar o manejo e oferecer condições de decisão sobre a continuação das práticas existentes ou de aperfeiçoá-las. Este estudo deve medir e mostrar a eficiência destas práticas indicando quais e/ou se melhoramentos podem ser feitos, proporcionando à gerência, selecionar possíveis modificações, que podem ser de ordem prática e econômica.

Com base no exposto, o presente trabalho foi desenvolvido no propósito de se determinar o desempenho do sistema de irrigação por canhão

hidráulico portátil, em diferentes velocidades de vento e do espaçamento entre os aspersores, através da aplicação da metodologia de avaliação proposta por MERRIAM & KELLER (1978), onde serão estudados: os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), a Eficiência de Irrigação (EI) e a Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), bem como as perdas de aplicação de água pelo sistema.

Para a aplicação da metodologia de avaliação proposta no presente trabalho, foram estabelecidos os seguintes procedimentos: a) a metodologia de avaliação de desempenho dos aspersores será aplicada em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água, e b) a metodologia de avaliação de desempenho dos aspersores será aplicada em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água.

De acordo com MERRIAM & KELLER (1978), os seguintes princípios devem ser determinados em qualquer sistema de aspersão: a) o método de avaliação de desempenho dos aspersores deve ser aplicado em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água, e b) a metodologia de avaliação de desempenho dos aspersores deve ser aplicada em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água.

De acordo com MERRIAM & KELLER (1978), os seguintes princípios devem ser determinados em qualquer sistema de aspersão: a) o método de avaliação de desempenho dos aspersores deve ser aplicado em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água, e b) a metodologia de avaliação de desempenho dos aspersores deve ser aplicada em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água.

De acordo com MERRIAM & KELLER (1978), os seguintes princípios devem ser determinados em qualquer sistema de aspersão: a) o método de avaliação de desempenho dos aspersores deve ser aplicado em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água, e b) a metodologia de avaliação de desempenho dos aspersores deve ser aplicada em condições reais de operação, ou seja, considerando as condições de vento e de velocidade de aplicação de água.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Avaliação do Desempenho do Sistema de Irrigação por Aspersão

Para BAGLEY & CRIDDLE (1955) o propósito de uma boa irrigação por aspersão é evitar que partes do campo sejam sub-irrigadas enquanto outras sejam superirrigadas. A falta de uniformidade pode resultar em áreas de pobre cobertura vegetativa e baixa produção.

De acordo com CRIDDLE et al. (1969) sete fatores principais devem ser determinados em qualquer sistema de aspersores rotativos para que se estabeleça a adequabilidade para projeto e operação do mesmo e, também, quais ajustes podem ser necessários na distribuição e no uso do equipamento; taxa de aplicação - não deve ser tão alta que exceda a taxa de infiltração, mas não deve ser tão baixa que permita perdas excessivas de água por evaporação; lâmina de aplicação - não deve ser maior que a lâmina que o solo pode reter dentro da zona radicular da cultura, exceto quando é necessária a lixiviação de sais em excesso; capacidade do sistema - deve ser tal que permita suprir a umidade do solo a uma taxa no mínimo igual à taxa máxima de uso da cultura; uniformidade de aplicação - a água deve ser aplicada de modo tão uniforme quanto possível no campo, a área de menor aplicação deve receber no mínimo 80% da lâmina média aplicada em todo campo; perdas d'água - para uso eficiente da água, as perdas não devem ser mais que 10 a 15% do total que entra no

sistema; diâmetro econômico da tubulação - a distribuição dos diâmetros da tubulação deve ser tal que haja um balanço econômico entre o custo da tubulação e o custo da energia; dano à cultura - a água deve ser aplicada de modo que não haja prejuízos físicos à cultura.

A aplicação absolutamente uniforme da água não é possível, pois quase todos os aspersores cobrem áreas circulares. O grau de uniformidade que se pode obter depende, principalmente, do tipo de padrão de distribuição produzido e do espaçamento entre os aspersores. Numerosos outros fatores, tais como vento, pressão e uniformidade de rotação do aspersor, afetam a distribuição (CHRISTIANSEN, 1942).

A avaliação de um sistema de irrigação pode ser simples ou completa. A simples é realizada com uso de equipamento modesto e identifica razoavelmente problemas básicos ou erros de elaboração, operação e manejo do sistema, enquanto a completa mostra problemas existentes e indica alternativas que podem ser aplicadas para a correção do projeto (MERRIAM & KELLER, 1978).

PAIVA (1980) analisando o efeito da uniformidade de distribuição de água aplicada na superfície do solo pelo sistema de aspersão convencional, sobre a uniformidade de redistribuição de água no perfil do solo concluiu que:

- Ao longo do tempo, após o fim da irrigação, houve um aumento nos coeficientes de uniformidade, em todas as profundidades estudadas;
- Nas maiores profundidades a distribuição foi mais uniforme;

- Mesmo nos ensaios onde a uniformidade de água aplicada na superfície foi muito baixa, em curtos espaços de tempo os coeficientes de uniformidade de umidade alcançaram altos valores.

A taxa de aplicação de água deve ser menor ou igual à capacidade de infiltração do solo, para que não ocorram problemas de escoamento superficial e/ou erosão (LOPES, 1972; citado por RIBEIRO, 1982) e nem deve ser baixa, especialmente em climas quentes e secos, a fim de que sejam evitadas elevadas perdas por evaporação.

Segundo FIETZ et al. (1989) o planejamento de um sistema de irrigação por aspersão não deve ser realizado unicamente com dados técnicos fornecidos pelos fabricantes mas, também, a partir de informações obtidas em testes de campo, com os aspersores sob condições que deverão prevalecer quando em operação.

Em irrigação por aspersão, altos índices de uniformidade em geral estão relacionados com menores espaçamentos entre aspersores e, conseqüentemente, maior custo do sistema de irrigação, descreve FRIZZONE (1992). Para culturas de alto valor econômico, especialmente aquelas de sistema radicular pouco profundo, o mais econômico sistema de irrigação, geralmente, é aquele que proporciona alta uniformidade de distribuição de água ou seja, UD superior a 80% ou CUC superior a 88%.

De acordo com BAGLEY & CRIDDLE (1955) eficiências de aplicação mais altas podem ser obtidas quando o sistema é projetado para aplicar água a uma maior taxa possível sem causar escoamento superficial.

2.2. Fatores que Afetam o Desempenho do Sistema de Irrigação por Aspersão

BAGLEY & CRIDDLE (1955) são unânimes em afirmar que os principais fatores climáticos que influenciam a eficiência de aplicação e a uniformidade de distribuição são o vento, a temperatura e a umidade relativa do ar. Fatores como espaçamento entre aspersores, pressão de serviço e o movimento do ar também afetarão a eficiência de aplicação, mas pode ter um efeito mais prolongado sobre o padrão de distribuição

O desempenho de um sistema de irrigação por aspersão pode ser avaliado através da uniformidade como a água é distribuída no campo, a qual, segundo WALKER (1978), citado por RIBEIRO & SOUZA (1984), depende, basicamente, dos critérios adotados na elaboração do projeto (espaçamento entre aspersores e laterais, pressão de serviço, bocal do aspersor) do manejo e operação do sistema e de fatores climáticos. Outros fatores como: medições imprecisas, diferenças físicas entre aspersores de mesmo modelo e marca, direção do vento e demanda evaporativa do ar, podem também contribuir para que haja variabilidade nos resultados de coeficiente de uniformidade (SOLOMON, 1979)

Os aspersores distribuem água em áreas circulares, não sendo possível obter uma aplicação com absoluta uniformidade. Segundo CHRISTIANSEN (1942) uma grande uniformidade depende do tipo de distribuição, que é função do vento, pressão de serviço, uniformidade de rotação dos aspersores, altura da haste, diâmetro e tipo do bocal. A uniformidade depende, também, do espaçamento entre aspersores, sendo a distribuição triangular, a que produz melhor uniformidade de distribuição.

2.2.1. Fatores Climáticos

A distribuição de água em um sistema pressurizado, é muito afetado por fatores climáticos. A velocidade e direção do vento, umidade relativa do ar, temperatura e radiação solar são os principais fatores ambientais que mais afetam a qualidade da irrigação.

CHRISTIANSEN (1942) mostra que a ação do vento pode alterar o modelo de distribuição de água pelos aspersores, ocasionando, assim, uma elevada concentração de água próximo ao aspersor, especialmente na direção normal à do vento e, conseqüentemente, uma deficiência no local oposto ao sentido do mesmo. E baseado nos resultados de vários testes realizados em diferentes condições climáticas, afirmou que as perdas por evaporação são desprezíveis, quando a umidade relativa é alta e a temperatura é baixa. Nos testes realizados, quando a umidade relativa excedia a 75%, a perda por evaporação

variou de 0,35 a 3,9%. Já nos testes, onde a umidade relativa estava em torno de 15% e a temperatura média em torno de 40,5° C, a perda variou de 10 a 42%. Observeu também que as perdas por evaporação do jato são cerca de 2%, desde o mesmo não seja excessivamente pulverizado.

FROST & SCHWALEN (1960) já haviam concluídos que as perdas sob extrema condição de radiação solar, temperatura elevada e baixa umidade do ar, podem atingir de 35 a 45%, diminuindo bastante a eficiência de aplicação da água. Também concluíram que as perdas por evaporação variam inversamente com o diâmetro do bocal e que o aumento da pressão de serviço torna menor o tamanho das gotículas, possibilitando maior perda pela ação do vento e evaporação.

KRAUS (1966) encontrou perdas do jato de 3 a 17% e afirmou que o arrastamento pelo vento foi responsável por 36% do total.

Segundo HALDERMAN & FROST (1968) as perdas por evaporação e por arrastamento pelo vento são geralmente menores que 10%, dependendo da temperatura do ar, da velocidade do vento e da pressão de serviço. Altas temperaturas e ventos fortes aumentam as perdas. Altas pressões de operações produzem gotículas que resultam em maiores perdas por evaporação e arrastamento.

SIGINER & KONSTRINSKI (1975) realizaram estudos , usando 2 tipos de aspersores comuns e como sub-produto desta análise,

obtiveram resultados surpreendentes sobre a perda de água que há entre o bocal de um aspersor e o solo (ou recipiente coletor). Os resultados foram:

- Há alta correlação da perda d'água com a radiação solar e a umidade relativa do ar;

- A velocidade do vento e radiação solar não apresentam correlação e, com isto, foi possível mostrar que a velocidade do vento não contribuiu diretamente para a perda de água durante a operação do sistema. Isto justificou o uso de um modelo de distribuição reconstruído, para o qual toda a água perdida foi repostada e o efeito do vento foi apenas na distorção do perfil de distribuição.

A velocidade do vento é mais uniforme quando o tempo de medição decresce. Um período relativamente pequeno de teste permite uma melhor determinação do efeito da velocidade no padrão de distribuição, do que testes longos (AGARWAL & AGARWAL, 1977).

As maiores perdas de água, em um sistema por aspersão, são devidas à ação do vento e à evaporação da água que ocorre entre o bocal do aspersor e o solo, e a água acumulada na superfície do solo. O tamanho das gotas e a taxa de aplicação também afetam as perdas (WALKER, 1979).

GOMIDE (1980) fazendo determinação e análise da uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão, chegou às seguintes conclusões: o espaçamento dos aspersores deve ser reduzido, a medida que aumenta a velocidade do vento; existe maior efeito do vento quando é

maior a altura do tubo de elevação (haste) do aspersor; a uniformidade de distribuição é mais influenciada pelo vento do que pela altura do tubo de elevação do aspersor.

O vento é o fator climático que produz maiores variações na uniformidade de aplicação de água. A sua velocidade tem papel importante na eficiência do sistema, enquanto que sua direção deve ser levado em consideração para o posicionamento das linhas laterais (LOPEZ, 1972, citado por RIBEIRO, 1982).

A ação do vento em um campo cultivado e irrigado por aspersão, pode ser reduzida pelo decréscimo do espaçamento entre aspersores, ao longo da linha lateral e entre as linhas laterais, objetivando a elevação da qualidade da irrigação. E que regiões sujeitas a ventos fortes com velocidades acima de 4 m/h (14,4 km/h), a perda por evaporação pode chegar a 30% ou mais (BERNARDO, 1982).

Para SOARES (1982) o vento tem grande influência no método de irrigação por aspersão, pois deforma o alcance do aspersor e o modelo de aplicação, ocasionando a formação de áreas superirrigadas e de áreas subirrigadas. Na irrigação por aspersão na presença de ventos fortes, se obtém uma melhor uniformidade de distribuição, quando se dispõem a linha principal e lateral num ângulo de 45°, em relação à direção dos ventos predominantes. Às vezes é necessário encurtar a distância entre os aspersores para se obter uma melhor distribuição e se atingir altos valores de uniformidade.

DYLLA & SHULL (1983) estudando perdas por evaporação e por arrastamento pelo vento de um sistema de aspersão, concluíram que a diferença entre o volume de água bombeada e o volume que atinge as superfícies do solo e da cultura é uma razoável estimativa destas perdas. E afirmaram que estas perdas estão relacionadas tanto com as perdas evaporativas da atmosfera quanto com as condições peculiares da descarga d'água.

NOGUEIRA (1987) estudando a avaliação do desempenho de dois sistemas de irrigação por aspersão, citou que o vento como o fator climático que mais afetou a uniformidade de distribuição de água nos sistemas estudados. E que, de um modo geral, as irrigações feitas no horário matutino foram de melhor qualidade que aquelas do horário vespertino, devido às condições de velocidade do vento terem sido mais amenas para aquele horário.

ASSIS (1989) trabalhando na avaliação de um sistema de irrigação pivô central, constatou que os parâmetros de uniformidade variavam inversamente com a velocidade do vento. Frizando o que já era esperado, porém, a ação do vento, em especial do período diurno, provocava a distorção do perfil de distribuição, através do arrastamento do jato pulverizado. Não implicando em perdas, e sim, em desuniformidade na distribuição da lâmina d'água ao solo.

COSTA (1993) trabalhando com um sistema de irrigação autopropelido, observou que a medida que a velocidade do vento aumentava e diminuía a distância entre carregadores, cresciam os valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de

Distribuição (CUD) e elevavam as Perdas D'água por Aplicação (PDA), reforçando o que a literatura cita como verdadeiro.

2.2.2. Fatores não Climáticos

Além dos fatores climáticos, os sistemas de irrigação por aspersão são muito influenciados por outros fatores que dependem do próprio sistema. Eles podem ser agrupados em função do aspersor (diâmetro e ângulo do bocal, velocidade de rotação, pressão na saída do bocal, número e tipo de bocais), do sistema de distribuição (espaçamento entre aspersores e laterais, e variações de pressão no sistema) e do manejo (alinhamento das laterais e alinhamento dos aspersores com a vertical, velocidade de deslocamentos da lateral em sistemas autopropelido e pivô-central) PAIR, 1968).

De acordo com CHRISTIANSEN (1942) a alta velocidade de rotação provoca redução na área coberta pelo aspersor, que resulta num aumento correspondente na taxa de aplicação real (até 40%) em comparação com o mesmo aspersor girando lentamente. Obviamente, os aspersores devem ter menor escoamento quando girando rapidamente, para assegurar a mesma uniformidade de distribuição e, além disso, com sistemas portáteis, as linhas devem ser movidas mais frequentemente.

Para SOLOMON (1979) pressão, espaçamento e diâmetro do bocal não podem ser considerados separadamente e a combinação ideal entre a pressão e o diâmetro do bocal dos aspersores resultará na distribuição correta da água, com tamanho de gotas adequado, em relação ao tipo do solo, cultivo implantado e alcance dos jatos.

RIBEIRO (1982) verificou que a medida que se aumentava o espaçamento entre aspersores, ocorria a diminuição dos coeficientes de uniformidade e da eficiência de irrigação, aumentando grandemente, as perdas por percolação profunda e o coeficiente de variação. E que para uma boa uniformidade de distribuição, o aspersor deve percorrer os 360° relativos a seu giro completo de forma homogênea, gastando o tempo de rotação equivalente aproximadamente igual nos 4 quadrantes.

SOARES (1982) considera que a pressão de operação e o diâmetro dos bocais devem ter uma combinação ideal, tendo como resultado final, uma distribuição uniforme da água e um tamanho de gotas adequadas ao tipo de solo, de cultura e de alcance do jato, recomendando ainda, que o diâmetro de gotas esteja situado entre 1 a 4 mm. Gotas maiores a este diâmetro tendem a prejudicar as folhas das plantas mais delicadas e formar incrustações nas superfícies dos solos argilosos.

Segundo AZEVEDO et al. (1983) como os aspersores aplicam uma maior quantidade de água nas proximidades e menor na periferia de sua área molhada, a distância entre eles deve ser planejada de tal forma que haja

uma correta superposição entre os jatos de um e de outros, adjacentes, de modo a resultar numa melhor uniformidade.

BARRETO (1974), citado por BRIDI (1984), afirma que os fabricantes Norte-Americanos de aspersores aconselham 100% de sobreposição dos jatos, o que equivale a dizer que o jato emitido por um aspersor deve atingir o seguinte, enquanto que os fabricantes europeus recomendam superposição dos jatos 25 a 30% de seu raio de alcance.

VON BERNUTH & GILLEY (1985) citam que à medida que a pressão aumenta, maior será a velocidade inicial das gotas, resultando num acréscimo nas distâncias de alcance. Além do mais a distribuição por tamanho das gotas conterà maior número de gotas pequenas, as quais são mais afetadas pelo vento.

De acordo com GILLEY et al. (1983), citado por IDE (1989), um importante fator a ser considerado nos sistemas com pressão reduzida é a uniformidade de aplicação de água. Sistemas com altas pressões geralmente apresentam boas uniformidades de aplicação devido a maior superposição. Em sistemas com pressões reduzidas o raio de alcance dos aspersores ou difusores será menor que os sistemas a alta pressão, resultando em uma menor sobreposição, especialmente em sistemas com difusores.

2.3. Parâmetro de Qualidade da Irrigação

Os parâmetros normalmente usados na avaliação de um sistema de aspersão são: o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), a Eficiência de Irrigação (EI) e a Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP).

BEALE & HOWELL (1966) comparando os vários coeficientes utilizados na avaliação da uniformidade de distribuição em sistema de irrigação por aspersão, concluíram que o coeficiente de uniformidade proposto por CHRISTIANSEN (1942), foi considerado o mais satisfatório para medir a uniformidade de distribuição de água.

PAIR (1968) cita que uma distribuição uniforme de água por sistema de irrigação, é importante para maximizar a produção e qualidade da cultura, sendo também necessária para um uso mais eficiente dos suprimentos de água disponíveis para irrigação.

Segundo FIETZ et al. (1989) variações na uniformidade podem resultar em sérios danos às culturas, seja no acúmulo sistemático do deficit hídrico e/ou através da lixiviação de nutrientes e ocorrência da erosão. A baixa uniformidade das lâminas de água sobre a área pode levar a resultados comprometedores reduzindo a eficiência de aplicação do sistema.

A avaliação do sistema não deve ser feita somente para fins de projeto, visando a obtenção de dados reais para cálculos e uma verificação do desempenho do equipamento, mas também em sistemas já em operação, com fins de verificar sua condição e produzir subsídios para um melhor desenvolvimento da irrigação. Os principais parâmetros usados para indicar performance de um sistema são: a Uniformidade de Distribuição da Água e a Eficiência da Aplicação em Potencial (D'ASSUMPÇÃO, 1990).

2.3.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Segundo HART & REYNOLDS (1965) o método comum para descrever a distribuição de água dentro de um modelo de aspersão é calcular o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o qual baseia-se na soma dos desvios absolutos de cada observação em relação a observação média. O valor do CUC deveria corresponder à lâmina média requerida pela metade menos irrigada da área (KELLER, 1979).

HEERMANN & HEIN (1968) encontraram resultados do CUC para sistemas de alta pressão de 87,3 a 90,5%, em condições de baixa velocidade do vento, temperatura, pressão de serviço, e de alta umidade relativa do ar.

De acordo com RING & HEERMANN (1978) existem vários outros coeficientes usados para determinar a uniformidade de irrigação e citaram que: BEALE & HOWELL (1966), compararam várias medidas de uniformidade e descobriram que uma relação linear entre eles poderiam ser derivada, a qual relacionava cada medida de uniformidade a uma outra; BENAMI & HORE (1964) sugeriram um coeficiente de uniformidade chamado de coeficiente de BENAMI & HORE; KERVEN (1968), citado por HEERMANN & HEIN (1968), comparou este coeficiente ao CUC e ao de WILCOX-SWALES e concluiu que os três apresentaram alto grau de correlação, provando que havia pouca diferença entre eles, sendo qualquer um aceitável indistintamente. Como não houve nenhuma superioridade provada de outros coeficientes sobre o CUC, ele foi escolhido como base de comparação em avaliação por RING & HEERMANN (1978) e o será neste trabalho.

SHULL & DYLLA (1979) consideraram como o mínimo aceitável para o coeficiente de uniformidade, 85%. Para RAWITZ (1973) um coeficiente de uniformidade de 84%, é geralmente aceito como requerimento mínimo para aspersores em condições onde não ocorra distorção na distribuição de água.

SOLOMON (1979) verificou que os resultados do CUC podem sofrer variação mesmo se todos os fatores conhecidos que o influenciam apresentassem similaridade durante os testes, pois nem todos estes importantes fatores são controlados, medidos ou relatados. Assim, o autor empregou em vários testes o mesmo modelo de aspersor, de bocal, pressão de serviço e espaçamento

de aspersores, ficando a velocidade do vento na faixa de 1,61 a 3,06 km/h e, apesar da semelhança das condições dos testes, o CUC variou de 79,2 a 90,9%.

BATPISTELLA et al. (1981) trabalhando com canhão setorial, também concluíram que o coeficiente de uniformidade e a eficiência de distribuição são maiores no espaçamento triangular.

COTRIM et al. (1988) obtiveram valores de CUC superiores a 85%, indicando bom desempenho para os sistemas testados, já BERNARDO (1982), consideram 80% como valor mínimo aceitável para o CUC.

2.3.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

GARCIA (1987), citado por COTRIM et al. (1988) e ROSA et al. (1988), consideram para análise da uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por aspersão, como satisfatório, coeficiente superiores a 80%.

Para COTRIM et al. (1988) e IDE (1989) a diferença de resultados entre os dois parâmetros de avaliação da uniformidade de distribuição, pode ser explicada pelo fato da equação que determina o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), considerar apenas a média de 25% do total de pluviômetros com as menores lâminas coletadas, sendo que, geralmente, esses

25% estão na primeira metade da linha lateral, concorrendo com menor peso no processo de ponderação. Já o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), considera a média da precipitação coletada em todos os pluviômetros ao longo da lateral, portanto, estatisticamente mais representativa.

MERRIAM et al. (1973), citados por CHARMELO (1990), recomendam certos valores mínimos para o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen e para o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em função da profundidade do sistema radicular da cultura irrigada: a) para culturas com sistema radicular raso, o CUC deve ser maior que 88% e o CUD maior que 80%; b) para culturas com sistema radicular médio, o CUC deve ser maior que 82% e o CUD maior que 70% e; c) para culturas com sistema radicular profundo, o CUC deve superar 70% e o CUD ser superior a 50%.

SCALOPPI (1984), citado por D'ASSUMPÇÃO (1990), mostra que outra forma de se avaliar a uniformidade é através do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) atribuído a CRIDDLE et al. (1969), definido como a relação entre a quantidade média de água coletada na quarta parte (25%) menos irrigada da área e a quantidade de água coletada em toda área.

2.3.3. Eficiência de Irrigação (EI)

A Eficiência de Irrigação (EI) de um sistema de irrigação por aspersão, segundo MERRIAM & KELLER (1978) é a relação entre a média do menor quartil e a lâmina média aplicada, em percentuais.

2.3.4. Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP)

HALDERMAN & FROST (1968) afirmaram que durante o tempo em que a água está evaporando das folhas molhadas, a ascensão da umidade pelas raízes fica reduzida, o que significa que a evaporação das folhas não é uma perda e sim uma substituição da água que deveria sair do solo. As perdas durante a aspersão em solos nus são maiores por causa deste efeito.

Os sistemas de irrigação em geral são projetados de modo que a taxa de aplicação seja inferior à taxa de infiltração do solo de modo que as perdas por escoamento sejam evitadas (DILLON et al., 1971).

Segundo MERRIAM et al. (1973) consideram como uma boa Eficiência de Aplicação em Potencial, na avaliação de aspersão convencional, valores superiores a 82%.

Para MERRIAM & KELLER (1978) a Eficiência de Aplicação em Potencial indica a mesma performance atingível pelo sistema, quando as aplicações das irrigações são racionalmente bem manejadas. Baixos valores de EAP estão associados a sistemas ineficientes, podendo essa ineficiência ser por razões intencionais ou econômicas.

Segundo STEINER et al. (1982) toda água que evapora ou que é carregada da área de aspersão não é uma perda líquida, pois estas perdas equiparam-se às perdas por evapotranspiração que teriam ocorrido em uma área não irrigada por aspersão.

Segundo NORMANN & CAMPBELL (1983) grande parte da água interceptada pela superfície foliar é perdida por evaporação. Porém, STEINER et al. (1982), são enfáticos ao afirmar que esta evaporação reduz a transpiração potencial das plantas, não devendo ser considerada perda propriamente dita. Estes autores trabalhando com milho estimaram o volume interceptado pela superfície das plantas em 2 a 4% do volume total aplicado. Já as perdas por evaporação e ventos juntas chegaram a atingir 15% do volume total sendo fortemente influenciado pelo déficit de pressão de vapor e intensidade e direção do vento. Estas perdas podem ser bastante reduzidas pela operação do sistema em horário favorável.

RIBEIRO & SOUZA (1984) afirmaram que este parâmetro é um indicador da água aplicada em excesso no campo durante a irrigação, sem dar idéia da adequação quanto ao abastecimento da zona de raízes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização Geográfica

O trabalho foi conduzido na Fazenda Palma I, pertencente a Companhia Agroindustrial Vale do Curu, durante o período de outubro a dezembro de 1994. A propriedade está localizada no município de Paracuru-Ceará, distante 92 km de Fortaleza, entre as coordenadas geográficas de 3° 30' de latitude sul e 39° 15' de longitude oeste.

3.2. Características Climáticas

A região apresenta clima quente e úmido com precipitações anuais médias de 1200 mm, distribuídas de fevereiro a maio, sendo frequentes também chuvas nos meses de janeiro e junho. A temperatura média está em torno de 26,1° C, e os períodos mais quentes coincidem, mormente, com a estação seca compreendida entre julho e novembro. Segundo a classificação de Koeppen o clima da região é do tipo AW' quente e úmido, com amplitude térmica inferior a 5° C.

3.3. Características do Solo

O solo da área do experimento foi classificado como AREIA QUARTZOSA, conforme as análises feitas pela equipe de pedologia da EMBRAPA. As características físicas e químicas do solo são apresentadas na tabela 8, de acordo com o Laboratório de Análise de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo - CCA - UFC (TABELA 22).

3.4. Descrição do Sistema

O sistema avaliado é do tipo aspersão por canhão hidráulico portátil, com apenas um aspersor gigante de elevada pressão, fixado na parte superior de uma carreta com duas rodas pneumáticas, irrigando uma área de 50 ha. As características técnicas do aspersor se encontram na Tabela 23, conforme o catálogo da ASBRASIL.

O sistema de irrigação é acionado através de um conjunto moto-bomba com características técnicas, conforme dados do fabricante (TABELA 24).

A água é transportada através de tubulações em aço zincado até o aspersor. Terminada a irrigação numa posição, o canhão hidráulico é romovido para a posição seguinte, na mesma linha lateral.

A alimentação do sistema é feita por um reservatório, denominado de Lagoa dos Grossos, que por sua vez é abastecido pelo rio curu, através de bombeamento quando da incapacidade de abastecimento do sistema nos períodos de longas estiagem

3.5. Procedimento de Campo

Os testes foram conduzidos numa área plana recém cultivada com cana-de-açúcar e feijão.

A área de teste foi dividida em quadrantes I, II, III e IV, obedecendo as coordenadas de eixo cartesiano.

Foram instalados 284 coletores pluviométricos espaçados em quadriculas de 9 m x 9 m. Cada quadrante contendo 71 coletores pluviométricos (FIGURA 1).

Para coleta da precipitação, os coletores pluviométricos (latas vazias de óleo lubrificante, de 1 litro pintadas de branco, e em média 9,85 cm de diâmetro) foram fixadas sobre suportes de madeira a um metro de altura do solo com duas ligas de borracha. Todos os coletores pluviométricos foram posicionados de modo que a área de coleta permanecia em posição horizontal (FIGURA 2).

Para medição da evaporação durante os testes, usou-se recipientes iguais aos coletores pluviométricos, com mesmo sistema de fixação.

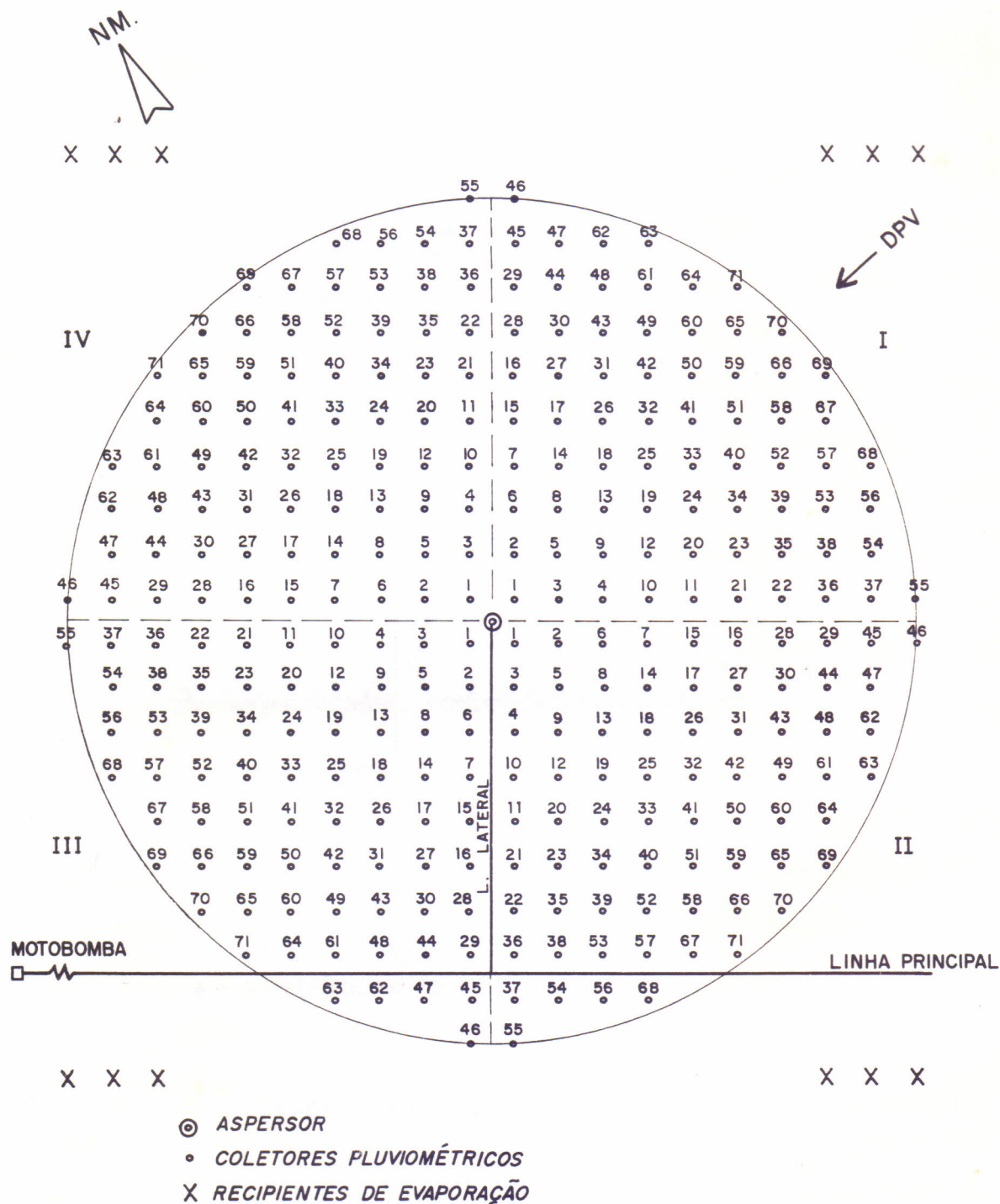
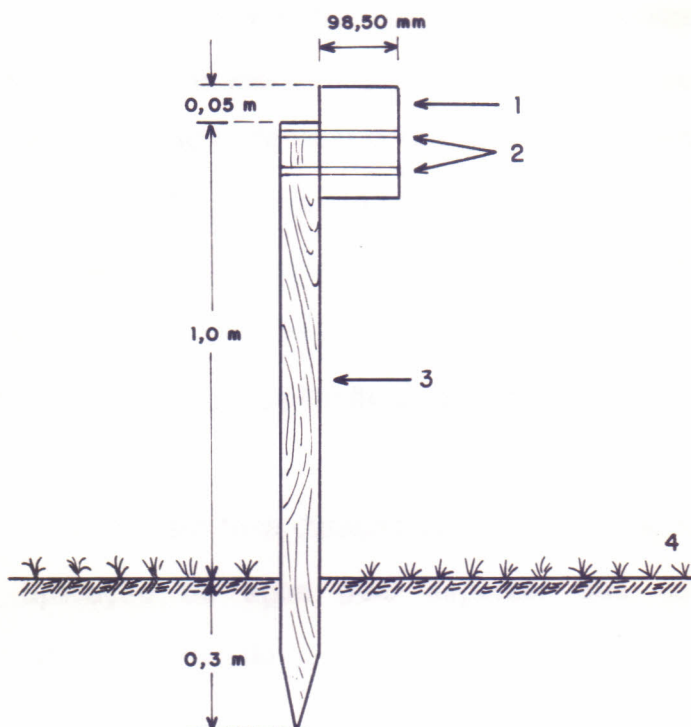


FIGURA 1 - Esquema de instalação de coletores pluviométricos para os testes de campo.



- 1 - COLETOR (LATA DE ÓLEO LUBRIFICANTE)
- 2 - LIGA DE BORRACHA P/ FIXAÇÃO DO COLETOR
- 3 - HASTE DE MADEIRA
- 4 - SUPERFÍCIE DO SOLO

FIGURA 2 - Fixação dos coletores pluviométricos no campo.

Foram colocados três recipientes para medição da evaporação por quadrante. No início de cada teste eram colocados volumes conhecidos que variavam de 45 ml a 100 ml de água, dependendo do horário do teste. A primeira leitura de evaporação ocorria quando 1/3 dos coletores pluviométricos de cada quadrante eram coletados; a segunda leitura quando dos 2/3 coletados, e ; a terceira no final da coleta. A leitura era tomada pela diferença entre o volume inicial e final nos recipientes. A evaporação medida em cada teste se processava através da média aritmética dos volumes evaporados por quadrantes e dos quadrantes para o período de duração do teste. Os recipientes para medição da evaporação foram colocados fora da área de precipitação do aspersor.

Cada teste teve duração de uma hora, e foi aferido pelo início e término da aplicação de água pelo aspersor aos coletores pluviométricos localizados no diâmetro irrigado.

Durante os testes e quando da estabilização da pressão de serviço do aspersor foram determinados, com auxílio de cronômetro digital, o tempo em que o aspersor percorria cada quadrante e o giro completo.

Foram processadas medições de vazão do canhão hidráulico durante a realização dos testes, com auxílio de tubulação de 4 polegadas de diâmetro interno, comprimento de 2,5 m acoplado no orifício (bocal) maior, uma tubulação de 1 polegada de diâmetro interno, com 2,5 m de comprimento acoplado no orifício (bocal) menor, um reservatório com capacidade de 200 l; e um cronômetro de precisão. A vazão determinada é média aritmética de 5 repetições,

pela soma da vazão do bocal maior e menor para cada teste escolhido nas diferentes pressões.

A pressão de serviço do sistema era tomada diretamente de três manômetros graduados em kgf/cm^2 , com aproximação de $0,5 \text{ kgf/cm}^2$ acoplados no início das tubulações principal e lateral, e no próprio aspersor.

As condições ambientais de velocidade e direção predominante do vento, temperatura e umidade relativa do ar no local onde os testes foram realizados, eram observadas através da instalação de aparelhos meteorológicos. Os instrumentos utilizados foram: anemômetro totalizador de caneças, biruta tipo rosa dos ventos e termohigrógrafo, todos instalados a uma altura de 2,0 m da superfície do solo.

Anteriormente, às realizações dos testes, foram caracterizados as condições diárias de velocidade e direção predominante do vento na área do experimento, uma vez que se pretendia direcionar os trabalhos em diferentes condições de velocidade de vento (FIGURA 3).

Foram realizados dez testes de infiltração, pelo método do infiltrômetro de anel, objetivando a determinação das características de infiltração do solo.

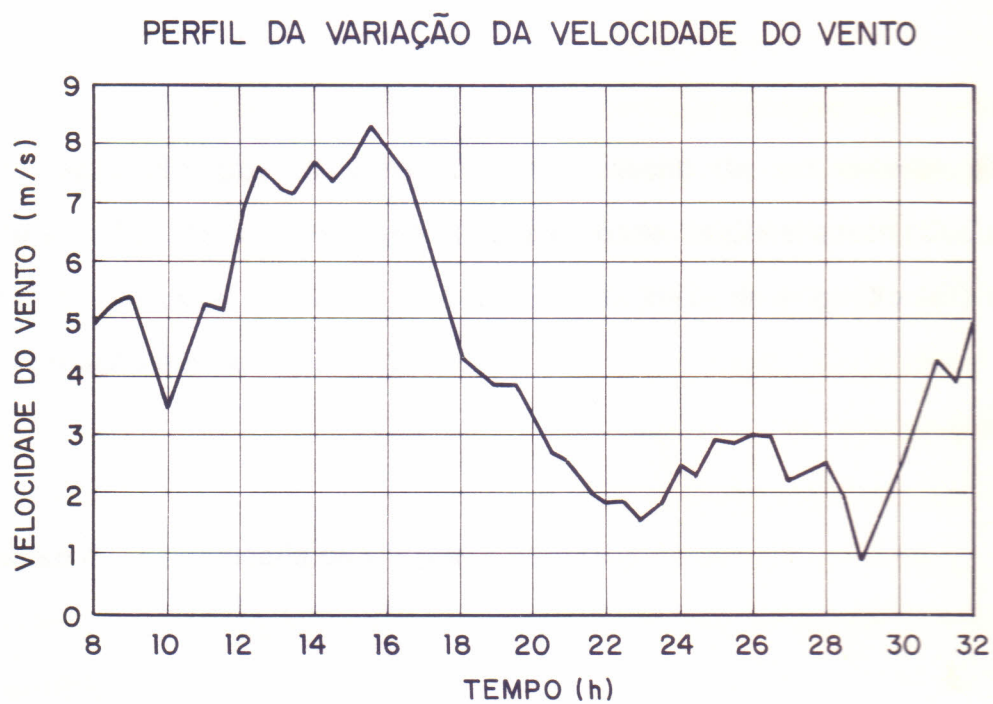


FIGURA 3 - Perfil de variação da velocidade do vento no local dos testes de campo.

3.6. Parâmetros Usados na Avaliação da Irrigação por Aspersão

Os parâmetros mais usados na avaliação de um sistema de irrigação por aspersão são: o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI) e Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP).

3.6.1. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

Dos coeficientes de uniformidade existentes o mais utilizado para avaliação da performance da irrigação é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), e é determinado pela expressão:

$$CUC = \left(1,0 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{N \cdot \bar{x}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);

X_i = lâmina/volume individual coletado num pluviômetro representando uma
mesma área (mm ou ml);

\bar{X} = a média aritmética das lâminas/volumes coletados (mm e ml);

N = número total de medições consideradas.

3.6.2. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) é também bastante utilizado na avaliação deste sistema de irrigação, e é obtido através da expressão :

$$CUD = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

\bar{Y} = média aritmética do menor quartil das lâminas/volumes coletados (mm ou ml);

\bar{X} = média aritmética das lâminas/volumes coletados (mm ou ml).

3.6.3. Eficiência de Irrigação (EI)

Para determinar a efetividade com que o sistema de aspersão pode utilizar o suprimento de água e o percentual de perdas totais que está ocorrendo, foi determinada a Eficiência de Irrigação (EI). Este parâmetro é obtido pela expressão:

$$EI = \frac{\bar{Y}}{\bar{L}} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

EI = Eficiência de Irrigação (%);

\bar{Y} = média aritmética do menor quartil das lâminas/volumes coletados (mm ou ml);

\bar{L} = lâmina/volume médio aplicado (mm ou ml).

As perdas d'água por aplicação (PDA), poderão ser obtidas pela expressão seguinte:

$$PDA = 100 - EI \quad (4)$$

Onde:

PDA = Perdas d'água por aplicação (%);

EI = Eficiência de Irrigação (%).

3.6.4. Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP)

Este parâmetro é a Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP) do quarto inferior, e indica uma medida atingível da performance de um sistema de irrigação, sob boas condições de manejo e quando a irrigação projetada está sendo aplicada. Contribui na determinação das perdas por evaporação, e pode ser determinada pela expressão:

$$EAP = \frac{\bar{Y}}{(\bar{X} + Ev)} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

EAP = Eficiência de Aplicação em Potencial (%);

\bar{Y} = média aritmética do menor quartil das lâminas/volumes coletados (mm ou ml);

\bar{X} = média aritmética das lâminas/volumes coletados (mm ou ml).

Ev = lâmina/volume evaporado durante os testes (mm ou ml).

As perdas d'água por evaporação (PDE), poderão ser obtidas pela expressão seguinte:

$$PDE = 100 - EAP \quad (6)$$

Onde:

PDE = perda d'água por evaporação (%);

EAP = Eficiência de Aplicação em Potencial (%).

As perdas d'água por carreamento ou arraste pelo vento, poderão ser obtidas pela expressão seguinte:

$$PDC = PDA - PDE \quad (7)$$

Onde:

PDC = perda d'água por carreamento (%);

PDA = perda d'água por aplicação (%);

PDE = perda d'água por evaporação (%).

Neste trabalho, não foram considerados as perdas d'água por escoamento superficial.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Desempenho do Sistema de Irrigação por Canhão Hidráulico Portátil sob Diferentes Velocidades de Vento

Os valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), determinados para as diferentes velocidades de vento e de espaçamento entre aspersores, encontram-se nas Tabelas 1 a 7.

Observa-se que o aumento da velocidade do vento proporciona uma redução nos valores do CUC, CUD, EI e EAP, e conseqüentemente, um acréscimo na PDA. Esses resultados estão de acordo com as pesquisas de SOARES (1982), ROSA et al. (1988), SIGINER & KONSTRINSKI (1975), HALDERMAN & FROST (1968), COSTA (1994) e FROST & SCHWALEN (1960). E isto é mais evidenciado quando o sistema estudado opera nos intervalos extremos das velocidades de vento.

Os valores crescentes de PDA quando do aumento da velocidade do vento podem ser imputados ao poder evaporativo e ao carreamento

TABELA 1 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 36 m x 36 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	92,40	88,30	75,01	24,99	88,13	11,87	13,12
1 - 2	90,25	85,10	71,45	28,55	84,97	15,03	13,52
2 - 3	92,40	88,50	68,50	31,50	88,18	11,82	19,68
3 - 4	88,40	83,00	64,07	35,93	82,53	17,47	18,46
4 - 5	86,15	78,50	58,57	41,43	78,05	21,95	19,48
5 - 6	84,05	75,25	52,22	47,78	74,65	25,35	22,43
6 - 7	83,50	74,25	53,52	46,48	73,54	26,46	20,02

TABELA 2 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 36 m x 45 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	91,05	85,15	72,27	27,73	84,92	15,08	12,65
1 - 2	88,15	82,30	69,03	30,97	82,09	17,91	13,06
2 - 3	86,25	77,90	60,36	39,64	77,61	22,39	17,25
3 - 4	85,10	74,70	57,62	42,38	74,17	25,83	16,55
4 - 5	83,40	76,40	57,02	42,98	75,86	24,14	18,84
5 - 6	81,00	71,80	49,82	50,18	71,08	28,92	21,26
6 - 7	81,35	74,25	53,46	46,54	73,34	26,66	19,88

TABELA 3 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 45 m x 45 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	86,80	77,15	65,45	34,55	76,89	23,11	11,44
1 - 2	84,55	73,95	62,05	37,95	73,73	26,27	11,68
2 - 3	84,85	76,55	59,30	40,70	76,15	23,85	16,85
3 - 4	63,20	45,85	35,38	64,62	45,47	54,53	10,09
4 - 5	67,15	54,55	40,75	59,25	54,04	45,96	13,29
5 - 6	69,75	58,60	40,63	59,37	57,87	42,13	17,24
6 - 7	69,55	58,35	42,01	57,99	57,42	42,58	15,41

TABELA 4 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 45 m x 54 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	84,90	77,65	65,99	34,01	77,43	22,57	11,44
1 - 2	83,20	75,25	63,17	36,83	75,04	24,96	11,87
2 - 3	85,70	75,30	58,31	41,69	74,80	25,20	16,49
3 - 4	64,20	47,40	36,78	63,22	47,02	52,98	10,24
4 - 5	64,05	49,70	37,12	62,88	49,20	50,80	12,08
5 - 6	62,00	46,05	31,95	68,05	45,37	54,63	13,42
6 - 7	61,00	45,25	32,67	67,33	44,46	55,54	11,79

TABELA 5 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 54 m x 54 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	88,40	84,75	71,95	28,05	84,37	15,63	12,42
1 - 2	83,60	74,45	62,48	37,52	74,11	25,89	11,63
2 - 3	74,20	62,15	48,14	51,86	61,67	38,33	13,53
3 - 4	61,85	46,35	35,91	64,09	45,86	54,14	9,95
4 - 5	54,30	43,40	32,30	67,70	42,78	57,22	10,48
5 - 6	60,20	44,35	30,80	69,20	43,58	56,42	12,78
6 - 7	58,55	42,75	30,87	69,13	41,83	58,17	10,96

TABELA 6 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 54 m x 63 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	89,15	81,85	69,54	30,46	81,45	18,55	11,91
1 - 2	83,35	74,70	62,73	37,27	74,37	25,63	11,64
2 - 3	76,30	67,30	52,15	47,85	66,74	33,26	14,59
3 - 4	60,15	51,10	39,50	60,50	50,42	49,58	10,92
4 - 5	52,60	40,75	30,37	69,63	40,21	59,79	9,84
5 - 6	53,85	39,15	27,20	72,80	38,44	61,56	11,24
6 - 7	52,35	40,05	28,83	71,17	38,97	61,03	10,14

TABELA 7 - Valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em função das diferentes velocidades de vento para o espaçamento de 63 m x 63 m.

Velocidade do Vento (m/s)	Parâmetros						
	CUC (%)	CUD (%)	EI (%)	PDA (%)	EAP (%)	PDE (%)	PDC (%)
0 - 1	81,30	70,45	59,90	40,10	70,11	29,89	10,21
1 - 2	74,30	61,80	51,78	48,22	61,37	38,63	9,59
2 - 3	73,20	63,60	49,31	50,69	63,01	36,99	13,70
3 - 4	68,95	57,40	44,28	55,72	56,47	43,53	12,19
4 - 5	56,05	44,00	32,69	67,31	43,21	56,79	10,52
5 - 6	54,10	39,20	27,25	72,75	38,34	61,66	11,09
6 - 7	54,45	39,25	28,24	71,76	38,01	61,99	9,77

de partículas menores pelo vento. Para WALKER (1979) as maiores perdas de água pelo sistema por aspersão, são devidas à ação do vento, à evaporação da água entre o bocal do aspersor e o solo, e a água acumulada na superfície do solo. O tamanho das gotas e a taxa de aplicação também afetam estas perdas. Segundo ASSIS (1989) a distorção do perfil de distribuição provocada pelo arrastamento do jato pulverizado, não implica em perdas, e sim em desuniformidade na distribuição da lâmina d'água ao solo. Merece destaque notificar que, para este trabalho, as altas velocidades do vento correspondem às temperaturas mais elevadas e baixa umidade relativa do ar, como se observa nas Tabelas 1 a 7.

De acordo com as Tabelas 1 a 7, nota-se que em todos os intervalos de velocidade do vento estudados, os valores do CUC foram sempre superiores ao CUD. Segundo COTRIM et al. (1988) e IDE (1989) a diferença entre esses dois parâmetros está no fato da equação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) considerar apenas a média de 25% do total de pluviômetros com as menores lâminas/volumes coletados, enquanto que a equação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) considera a média das precipitações coletadas em todos os pluviômetros ao longo da linha de coletores sendo, portanto, estatisticamente mais representativa.

Observando ainda as Tabelas 1 a 7, de valores dos parâmetros de desempenho do sistema, percebe-se que o aumento de velocidade do vento promove acréscimo maior nas Perdas D'água por Evaporação (PDE) do que nas Perdas D'água por Carreamento (PDC), devido às altas temperaturas e

baixa umidade relativa do ar. Para BERNARDO (1982) em condições de elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar atmosférico e ventos com velocidade acima de 4 m/s, a perda por evaporação pode chegar a 30% ou mais.

4.2. Efeito do Espaçamento entre Aspersores na Qualidade da Irrigação

Os valores dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), e de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), determinados para os diferentes espaçamentos entre aspersores, em cada intervalo de velocidade, são encontrados nas tabelas 1 a 7.

Observa-se que ocorre uma relação inversa entre o dos espaçamento entre aspersores e os parâmetros de uniformidade e eficiência estudados. O aumento no espaçamento entre aspersores proporciona a redução do CUC, CUD, EI e EAP em cada intervalo de velocidade do vento e um acréscimo nas perdas d'água por aplicação (PDA). Para FRIZZONE (1992) altos índices de uniformidade, na irrigação por aspersão, estão relacionados com menores espaçamentos entre aspersores e, conseqüentemente, maior custo do sistema de irrigação. Para culturas de sistema radicular pouco profundo e de alto custo econômico, o sistema mais indicado é aquele que proporciona um CUC superior a 88%. Para RIBEIRO (1982) o aumento do espaçamento entre aspersores provoca

uma diminuição dos coeficiente de uniformidade e da eficiência e, concomitantemente, uma elevação das perdas de água.

O aumento do espaçamento entre aspersores proporcionou maiores Perdas D'água por Evaporação (PDE) do que as Perdas D'água por Carreamento (PDC) no mesmo intervalo de velocidade do vento estudados, devido ao incremento na área irrigada pelo sistema.

Os espaçamentos entre aspersores que proporcionaram melhores resultados foram 36 m x 36 m e 36 m x 45 m, para ventos com velocidade menor que 2 m/s. Estes resultados comprovam as recomendações de MERRIAM et al. (1973), citados por CHARMELO (1990), indicando que, para culturas de sistema radicular raso, ou seja, as mesmas que eram irrigadas na área dos testes de campo, no caso cana-de-açúcar, o valor do CUC deve ser maior que 88% e o CUD maior que 80%. O fato do menor espaçamento entre aspersores assumir os melhores resultados nos parâmetros estudados, é devido ao aumento da superposição do jato d'água, tornando o perfil de distribuição mais uniforme.

4.3. Avaliação do Desempenho do Sistema

Para avaliação de desempenho do sistema de irrigação por canhão hidráulico portátil testado, determinou-se os seguintes parâmetros:

Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Eficiência de Irrigação (EI), Perdas D'água por Aplicação (PDA), Eficiência de Aplicação em Potencial (EAP), Perdas D'água por Evaporação (PDE) e Perdas D'água por Carreamento (PDC), em diferentes velocidades de vento e de espaçamento entre aspersores

Nos valores obtidos do CUC, CUD, EI e EAP nas Tabelas 1 a 7, observa-se que o aumento da velocidade do vento reduz esses parâmetros em todos os espaçamentos estudados, devido a influência desse fator climático na uniformidade de distribuição de água no perfil do solo. SOARES (1982), RIBEIRO (1982) e ROSA et al. (1988) mostram que o aumento da velocidade do vento pode alterar o modelo de distribuição de água, devido influenciar o raio de alcance do aspersor.

Percebe-se também que, o aumento da velocidade do vento nos 7 espaçamentos entre aspersores estudados, ocasionou um acréscimo bastante significativo nas perdas d'água por aplicação (PDA). COSTA (1994) trabalhando com sistema de aspersão autopropelido observou que o aumento da velocidade do vento nos 4 espaçamentos entre carreadores provocava maiores perdas de água pelo sistema.

Analisando os resultados nota-se que o aumento dos espaçamentos entre aspersores nos 7 intervalos de velocidades de vento estudados promoveu uma acréscimo das perdas d'água por evaporação (PDE) e redução nas perdas d'água por carreamento(PDC), devido ao incremento da área

irrigada pelo aspersor e aos fatores climáticos (elevada temperatura e baixa umidade).

Observando as Tabelas 8 a 21 (em anexo), nota-se que o aumento na pressão de serviço dentro da faixa de funcionamento normal do aspersor induziu a maiores perdas de água pelo sistema. Este fato está de acordo com VON BERNUTH & GILLEY (1984) quando citam que o aumento da pressão promove maior velocidade inicial das gotas, resultando num acréscimo nas distâncias de alcance. Além do mais a distribuição por tamanho das gotas conterá maior número de gotas pequenas, as quais são mais afetadas pelo vento.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos resultados obtidos e discutidos neste trabalho, permitiu as seguintes conclusões:

5.1. Conclusões:

- As melhores condições de irrigação ocorrem com velocidade média do vento inferior a 2 m/s, tendo em vista que as elevadas velocidades do vento afetam os valores dos coeficientes de uniformidade, eficiência e perdas de água. Para as condições diárias de irrigação, os espaçamentos de 36 m x 36 m e 36 m x 45 m foram os que reuniram as melhores condições de distribuição de água, devido ter apresentado valores de CUC, CUD, EI e EAP superiores aos outros espaçamentos estudados;

- Os espaçamentos entre aspersores interferem na uniformidade de distribuição de água (padrão de distribuição), na forma inversa e estão intimamente relacionada com a superposição dos jatos d'água lançado pelo aspersor. Nas condições estudadas, os melhores resultados de avaliação foram obtidos quando a superposição era maior do que 100%;

- O aumento do espaçamento dos aspersores no mesmo intervalo de velocidade de vento afeta as perdas d'água por evaporação e as perdas d'água por carreamento permanecem com uma tendência de invariabilidade;

- O aumento da velocidade do vento afetou as perdas d'água por evaporação e as perdas d'água por carreamento para cada espaçamento permanecem praticamente sem alteração, conforme os valores de CUC, CUD, EI e EAP;

- A metodologia de MERRIAM & KELLER (1978) também se presta de modelo para avaliar sistema de irrigação por aspersão com canhão hidráulico portátil;

- Para conhecimento do desempenho de um sistema aspersão por canhão hidráulico é aconselhado combinar determinação de uniformidade, eficiência e perdas de água.

5.2. Recomendações:

Para o equipamento e as condições estudadas, recomenda-se:

- Evitar a utilização de espaçamento entre aspersores superiores a 36 m x 45 m no período diurno, pois, valores acima destes ocasionam desuniformidade na distribuição de água (padrão de distribuição);

CONCLUSÃO - Do ponto de vista da adequação e eficiência, seria vantajoso que a irrigação por aspersão fosse noturna, no local de estudo, devido ao menor efeito dos fatores climáticos (velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar atmosférico) sobre a distribuição e perdas de água;

RECOMENDAÇÃO - Devem-se realizar novos trabalhos de avaliação em irrigação por aspersão para analisar com profundidade as influências de outros fatores não climáticos inerentes ao aspersor (diâmetro e ângulo do bocal, velocidade de rotação, pressão de saída, número e tipo de bocais), e do próprio sistema de distribuição (pressão de operação e distribuição triangular dos aspersores), que não foram realizados no presente trabalho.

BRASÍLIA, D. C. - 1979. - 112 p. - (Série de Estudos e Pesquisas em Irrigação e Drenagem, 10). - EMBRAPA - CPAC - Circular Técnica 10. - 1979.

STRELA, J. R., VELLOSO, J. A., ROSEMINI, J. L. & CAMPOS, H. L. - 1978. - Irrigação por Aspersão - Avaliação da Eficiência de Aplicação de Água em um Sistema de Aspersão. - In: V Congresso Nacional de Engenharia Agrícola, Rio de Janeiro, RJ, 1978. - 1978.

BEALL, L. W. - 1971. - T. Relationship of Wind Speed to Uniformity of Aspersor Application. - J. Irrig. Drain. Eng. (ASCE), 97(2): 41-46.

6. LITERATURA CITADA

- AGARWAL, M. C. & AGARWAL, S. Effects of wind velocity on Distribution Efficiency form twin Nozzle Sprinkler. Departament of soil. Harvna Agricultural University Hissar, 11- 13, 1977.
- ASSIS, L.L. de. Avaliação de sistema de irrigação por pivô central de baixa pressão. Fortaleza, UFC, 1989.93p. (dissertação M.S.).
- AZEVEDO, J.A. de; SILVA, E.M. da; RESENDE, M. & GUERRA, A.F. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado. Brasília, EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica Nº 16, 53 p., 1983.
- BAGLEY, J.M. & CRIDDLE, W.D. Sprinkler irrigation systems in northern Utah. Utah State Agriculture College. 1955. 30p. (Bull. 387).
- BATIPSTELA, J.R.; LEME, E.J.A.; ROSENFELD, U. & CAMPOS, H. Uniformidade de Aspersão - Avaliação da Eficiência de Aplicação e de Armazenamento. Anais do V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, São Paulo, 354-391, 1981.
- BEALE, J.G. & HOWELL, D.T. Relationships among sprinkler uniformity neasures. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, 92(IR): 41-48, 1966.

- BENAMI, A. & HORE, F.R. A New Irrigation Sprinkler, Distribution Coefficient. Transaction of the ASAE, 157-158, 1964.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 2ª Ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1982. 436p.
- BRIDI, S. Análise de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por pivô central, Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1984. 87p. (Dissertação M.S.).
- CHARMELO, L.C.L. Desempenho de um equipamento de irrigação autopropelido, sob diferentes condições operacionais. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1990. 50p. (Dissertação M.S.).
- CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkling. Berkeley; California, University of California, 1942. 124 p. (Bull. nº 670).
- COSTA, S.C. Efeito da largura da faixa irrigada e da velocidade do vento no sistema de irrigação autopropelido. Fortaleza, UFC, 1994. 84p. (Dissertação M.S.).
- COTRIM, C.E.; BERNARDO, S.; SEDYMA, G.C.; SOARES, A.A.; DENICULI, W. Desempenho de um sistema de irrigação do tipo pivô central de baixa pressão. ITEM - Irrigação e tecnologia Moderna, (33):21-27, 1988.

CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H. & SHOCKLEY, D.G. Methods for evaluating irrigation systems. Soil Conservation Service, Agriculture Handbook nº 82. 1969.

D'ASSUMPÇÃO, A.L.G. Efeito do espaçamento entre coletores e da velocidade de operação na avaliação de um sistema pivô central. Fortaleza, UFC, 1990. 133p. (Dissertação M.S.).

DILLON JR, R.C.; HILER, E.A.; VITTETOE, G. Center-pivot sprinkler design based on intake characteristics, St Joseph, 1971, 27p. (ASAE paper, 71-759).

DYLLA, A.S. & SHULL, H. Estimating losses from a rotating - boon sprinkler. Transactions of the ASAE, 26(1):123-125, 1983.

FIETZ, C.R.; OLIVEIRA, C.S.G. DE; GAMA, A.A.; NOGUEIRA, L.C.; SILVA, W.L. DE C. & MIRANDA, N. DE O. Desempenho de pivô central nos tabuleiros litorâneos do Piauí. Parnaíba, EMBRAPA-CNPAL. Pesquisa em andamento, n.2, 1989. 10p.

FRIZZONE, J.A. Irrigação por Aspersão: Uniformidade e Eficiência. Piracicaba, ESALQ - Departamento de Engenharia Rural, 1992. 53p. (Série Didática ,3).

FROST, K.R. e SCHUWALEN, H.C. Evaporation During sprinkler Irrigation. Transactions of the ASAE. 18-24, 1960

GOMIDE, R.L. Análise de Uniformidade de Distribuição de Água no Sistema de Irrigação por Aspersão. Revista CERES, Viçosa, 27(153):457-70. 43p.

HALDERMAN, A.D. & FROST, K.R. Sprinkler irrigation in Arizona. Cooperative Extension Service and Agricultural Experiment Station. University of Arizona, 1968. (Bull. A-56).

HART, W. E. & REYNOLDS, W. N. Analytical design of sprinkler system. Transaction of the ASAE, 8(1):83-85, 89, 1965.

IDE, M.R.P. Perfil da taxa de aplicação de água de duas instalações com pivô central. Piracicaba, ESALQ/USP, Imprensa Universitária, 1989. 80p. (Dissertação M.S.).

KRAUS, J.H. Application efficiency of sprinkler irrigation and its effects on microclimate. Transaction of the ASAE, 9(5):642-645, 1966.

MERRIAM, J. L. e KELLER, J. Form Irrigation Systems Evaluation. A Guide for Management, Utah State University, Logan, Utah, 1978, 271 p.

MERRIAM, J.L.; KELLER, J.; ALFARO, J. Irrigation system evaluation and improvement. Logan, Utah State University, 1973 n.p.

- NOGUEIRA, L.C. Determinação dos parâmetros de avaliação de dois sistemas de irrigação por aspersão. Fortaleza, UFC, 1987. 110 p. (Dissertação M.S.).
- NORMAN, J.M. & CAMPBELL, G. Application of a plant-environment model to problems in irrigation. In: HILLEL, D. *Advances in irrigation*. New York, Academic Press, 1983. V.2, p.155-88.
- PAIR, C.H. Water distribution under sprinkler irrigation. Transaction of the ASAE, 11(5):648-651, 1968.
- PAIVA, J.B.D. DE. Uniformidade de aplicação de água, abaixo da superfície do solo, utilizando irrigação por aspersão. São Carlos, 1980. 333p. (Mestrado - escola de Engenharia de São Carlos/USP).
- RAWITZ, E. Gravity Irrigation in "Arid Zone Irrigation" Ed. by B. Yaron, E. Danfors and Y. Vardia, Springer-Verlag, Berlin. 1973.
- RIBEIRO, J.M. Avaliação do sistema de irrigação por aspersão através do modelo linear. Fortaleza, UFC, 1982. 89p. (Dissertação M.S.).
- RIBEIRO, J.M. & SOUZA, F.DE. Aplicação do modelo linear de KARMELI na avaliação do sistema de irrigação por aspersão. *ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna*, (16):7-10, 1984.

- RING, L. & HEERMANN, D.F. Determining center - pivot sprinkler uniformities Joseph, Michigan, ASAE. Paper n. 78-2001, 1978. 19p.
- ROSA, J.A.; BERNARDO, S.; LOUREIRO, B.T. & DENICULI, W. Avaliação do desempenho de um sistema de irrigação microautopropelido em diferentes condições de operação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. 8. Florianopolis, 1988. Anais. V. 1. p.217-235.
- SIGINER, I. & KOSTRINSKY, M. Wind, sprinkler patterns and system design. Journal of the irrigation and drainage division, ASCE 101(1R4):251-264, 1975.
- SHULL, H.; DYLLA, A.S. Traveling Boan Sprinkler Operation in Wind. Transaction of the ASAE, 22 (3):537-539, 1979.
- SOARES, J.M. Manejo e avaliação do sistema de irrigação por aspersão. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA, 1982. 11p.
- SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of Uniformity test results. Transaction of the ASAE, 22():1079-1080, 1086. 1979.
- STEINER, J.L.; KAWEMASU, E.T. & CLARK, R.N. S. Spray losses and partitioning of water under a center-pivot sprinkler system, ASAE paper (82-2006, june 1982).

VON BERNUTH, R.D.V. & GILLEY, J.R. Evaluation of center pivot application packages considering droplet induced infiltration reduction. St. Joseph, (Paper, 83-2516). ASAE, 1985.

WALKER, W.R. Explicit sprinkler irrigation uniformity: Efficiency Model. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 105(2): 129-136, 1979.

ANEXO II

Lista de campo do sistema de irrigação por pivô central em funcionamento

TABELA 1 - Médias de aplicação na área irrigada (m²) por unidade de tempo

Aspersor: modelo de Neta I (Alves) - Ano: 1984
 Pressão inicial: 14,8 kgf/cm² - Local: Fazenda Pimenta
 Diâmetro: 33 mm - Tempo de aplicação: 30 min
 Aspersor: Marca: A-5 - Modelo: 1000
 Diâmetro nos bueiros: 100 mm - Altura: 2 m
 Caudal de vazão: 1,2 l/s - Caudal de água: 174,54 m³/h
 Pressão na saída do bueiro: 10,5 kgf/cm² - Área irrigada: 1000 m²
 Unidade predomina: 100 m - Tempo: 1 hora
 Temperatura média: 21,09 °C - Temperatura média da água: 21,09 °C
 Umidade relativa: 65,57 %

Tempo (min)	Água (litros)	ÁREA IRIGADA (m ²)		
		1	II	III
00	0	0	0	0
01	10	10	10	10
02	20	20	20	20
03	30	30	30	30
04	40	40	40	40
05	50	50	50	50
06	60	60	60	60
07	70	70	70	70
08	80	80	80	80
09	90	90	90	90
10	100	100	100	100
11	110	110	110	110
12	120	120	120	120
13	130	130	130	130
14	140	140	140	140
15	150	150	150	150
16	160	160	160	160
17	170	170	170	170
18	180	180	180	180
19	190	190	190	190
20	200	200	200	200
21	210	210	210	210
22	220	220	220	220
23	230	230	230	230
24	240	240	240	240
25	250	250	250	250
26	260	260	260	260
27	270	270	270	270
28	280	280	280	280
29	290	290	290	290
30	300	300	300	300

ANEXO 01

Dados de campo do sistema de aspersão por canhão hidráulico portátil testado.

TABELA 8 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 01.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 26.10.94
Horário inicial: 14 h 30 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 30 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 7,0 atm	Vazão medida: 174,54 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,5 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,5atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 5,67 m/s
Temperatura média do ar: 31,5° C	Umidade relativa média do ar: 56%
Evaporação média do ar: 5,06 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	68	67	171	370
02	136	89	168	342
03	51	178	245	260
04	68	281	253	305
05	66	159	131	427
06	219	114	190	342
07	26	61	200	476
08	90	89	190	540
09	55	131	85	422
10	46	105	218	12
11	6	0	336	0
12	64	1	74	4
13	59	9	64	105
14	32	10	247	215
15	0	6	47	210
16	0	0	0	19
17	0	0	56	51
18	24	0	121	4
19	50	0	78	0
20	30	0	160	0
21	0	0	80	0
22	0	0	20	0
23	0	0	217	0
24	21	0	111	0
25	28	0	101	0
26	0	0	108	0
27	0	0	9	0
28	0	0	0	3
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	13	0
32	0	0	42	0
33	14	0	80	0

TABELA 8 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 01 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	6	0	68	0
35	0	0	112	0
36	0	0	0	0
39	0	0	98	0
40	5	0	124	0
41	0	0	46	0
42	0	0	25	0
43	0	0	0	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	0	0
50	0	0	26	0
51	0	0	72	0
52	0	0	96	0
53	0	0	8	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	1	0
57	0	0	5	0
58	0	0	23	0
59	0	0	8	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	1	0
66	0	0	13	0
67	0	0	5	0
68	0	0	5	0
69	0	0	1	0
70	0	0	1	0
71	0	0	0	0

TABELA 9 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 02.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 04.11.94
Horário inicial: 04 h 35 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 35 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 6,2 atm	Vazão medida: 164,26 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,9atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 0,89 m/s
Temperatura média do ar: 25,5° C	Umidade relativa média do ar: 68%
Evaporação média do ar: 1,74 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	120	83	46	114
02	77	95	92	145
03	74	71	71	94
04	81	54	65	116
05	73	49	65	88
06	117	78	72	82
07	119	75	80	92
08	91	79	60	103
09	39	57	44	117
10	62	85	76	103
11	71	94	77	129
12	51	61	62	88
13	75	81	52	105
14	112	93	67	106
15	129	78	102	85
16	100	90	110	109
17	112	77	96	134
18	86	109	70	117
19	116	77	57	135
20	76	85	72	124
21	76	104	100	72
22	129	66	137	21
23	65	95	101	62
24	76	83	69	100
25	70	93	54	132
26	117	90	81	162
27	78	110	96	112
28	16	86	67	80
29	0	0	35	1
30	2	99	80	97
31	65	122	93	109
32	107	92	69	79
33	96	100	72	75

TABELA 9 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 02 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	108	68	72	92
35	99	41	107	10
36	2	22	41	0
39	5	34	125	0
40	77	60	58	11
41	94	94	69	25
42	45	129	95	25
43	2	65	54	9
44	0	0	11	1
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	20	0
49	0	5	47	0
50	5	15	80	0
51	10	16	73	0
52	0	1	47	0
53	0	0	10	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	4	0
58	0	0	18	0
59	0	0	49	0
60	0	0	12	0
61	0	0	1	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 10 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 03 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	5	0	98	0
35	0	0	101	0
36	0	0	9	0
39	0	0	56	0
40	0	0	123	0
41	0	0	42	0
42	0	0	76	0
43	0	0	0	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	3	0
50	0	0	48	0
51	0	0	47	0
52	0	0	72	0
53	0	0	14	0
54	0	0	8	0
55	0	0	0	0
56	0	0	1	0
57	0	0	7	0
58	0	0	59	0
59	0	0	13	0
60	0	0	5	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	4	0
66	0	0	3	0
67	0	0	9	0
68	0	0	4	0
69	0	0	0	0
70	0	0	3	0
71	0	0	0	0

TABELA 11 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 04.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 10.11.94
Horário inicial: 13 h 45 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 35 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 7,0 atm	Vazão medida: 174,54 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,1 atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 6,06 m/s
Temperatura média do ar: 31° C	Umidade relativa média do ar: 56%
Evaporação média do ar: 7,0 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	75	53	115	208
02	86	35	145	354
03	59	183	245	263
04	54	361	282	218
05	52	189	110	411
06	172	93	281	380
07	9	40	372	406
08	94	101	208	342
09	70	295	80	160
10	46	246	347	0
11	28	28	338	0
12	64	47	140	0
13	65	20	76	35
14	26	11	212	215
15	0	15	113	238
16	0	0	20	20
17	0	0	150	15
18	37	0	141	0
19	57	0	77	0
20	37	0	245	0
21	2	0	105	0
22	0	0	10	0
23	3	0	158	0
24	24	0	102	0
25	44	0	97	0
26	0	0	130	0
27	0	0	51	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	1	0
31	0	0	53	0
32	0	0	90	0
33	15	0	74	0

TABELA 11 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 04 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	5	0	104	0
35	0	0	64	0
36	0	0	5	0
39	0	0	71	0
40	0	0	106	0
41	0	0	79	0
42	0	0	42	0
43	0	0	15	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	8	0
50	0	0	57	0
51	0	0	114	0
52	0	0	57	0
53	0	0	15	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	9	0
58	0	0	28	0
59	0	0	41	0
60	0	0	7	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	4	0
66	0	0	26	0
67	0	0	0	0
68	0	0	1	0
69	0	0	1	0
70	0	0	3	0
71	0	0	0	0

TABELA 12 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 05.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 11.11.94
Horário inicial: 5 h	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 35 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 6,6 atm	Vazão medida: 169,48 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,1 atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 1,03 m/s
Temperatura média do ar: 24° C	Umidade relativa média do ar: 72%
Evaporação média do ar: 0,63 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	134	90	51	80
02	88	76	78	115
03	77	78	71	94
04	78	66	45	105
05	85	53	59	69
06	115	80	73	60
07	110	81	74	74
08	98	91	57	67
09	80	52	42	101
10	72	85	52	99
11	82	108	67	123
12	83	56	59	96
13	91	62	50	90
14	106	92	74	80
15	148	78	108	75
16	102	74	97	90
17	162	84	100	92
18	100	75	64	81
19	84	68	60	113
20	84	87	82	141
21	89	116	68	117
22	58	42	98	0
23	86	119	89	94
24	99	78	68	146
25	103	78	60	110
26	136	102	110	88
27	93	92	118	69
28	0	95	49	115
29	0	0	8	90
30	0	97	41	102
31	38	113	111	101
32	134	128	75	127
33	109	100	70	125

TABELA 12 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 05 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUA DRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	96	106	66	42
35	89	58	96	0
36	0	9	72	0
39	61	22	85	0
40	104	93	109	1
41	69	120	88	31
42	2	155	75	88
43	0	37	37	110
44	0	0	5	17
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	3	0
49	0	0	26	0
50	0	8	55	0
51	2	35	78	0
52	0	9	69	0
53	0	0	15	0
54	0	0	1	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	11	0
58	0	0	32	0
59	0	0	44	0
60	0	0	11	0
61	0	0	1	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	1	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 13 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 06.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 17.11.94
Horário inicial: 13 h 17 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 25 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 6,2 atm	Vazão medida: 164,26 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 6,7atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 6,08 m/s
Temperatura média do ar: 31,8° C	Umidade relativa média do ar: 54%
Evaporação média do ar: 7,65 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	101	65	168	251
02	107	72	197	390
03	53	186	160	261
04	87	362	216	379
05	62	186	134	392
06	256	109	265	280
07	38	31	397	281
08	120	68	266	592
09	53	203	78	375
10	54	148	232	18
11	25	0	262	0
12	98	10	80	0
13	60	5	56	126
14	35	10	251	176
15	0	9	48	186
16	0	0	0	35
17	0	7	137	48
18	62	0	130	36
19	60	0	80	0
20	38	0	157	0
21	8	0	98	0
22	0	0	12	0
23	1	0	170	0
24	26	0	72	0
25	26	0	75	0
26	0	0	134	5
27	0	0	13	8
28	0	0	0	5
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	36	0
32	0	0	67	0
33	5	0	73	0

TABELA 13 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 06 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	0	0	108	0
35	0	0	77	0
36	0	0	8	0
40	0	0	86	0
41	0	0	45	0
42	0	0	31	0
43	0	0	2	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	4	0
50	0	0	32	0
51	0	0	52	0
52	0	0	33	0
53	0	0	18	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	10	0
58	0	0	65	0
59	0	0	25	0
60	0	0	5	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	5	0
66	0	0	5	0
67	0	0	1	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 14 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 07.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 18.11.94
Horário inicial: 6 h 35 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 35 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 6,7 atm	Vazão medida: 170,76 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,0atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 2,31 m/s
Temperatura média do ar: 26,2° C	Umidade relativa média do ar: 68%
Evaporação média do ar: 3,00 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	165	108	99	71
02	175	74	72	96
03	88	68	77	165
04	82	78	64	137
05	115	50	71	84
06	172	68	76	56
07	258	81	143	58
08	158	57	93	68
09	110	90	55	123
10	68	108	78	183
11	102	100	74	85
12	108	113	78	166
13	183	65	97	79
14	235	62	110	65
15	106	85	97	59
16	76	92	47	73
17	104	78	112	74
18	162	78	111	98
19	120	95	96	177
20	99	82	113	62
21	106	46	83	81
22	15	24	90	12
23	68	57	97	70
24	93	60	89	53
25	105	106	98	107
26	83	94	81	93
27	64	77	44	81
28	5	32	21	86
29	0	0	0	52
30	0	31	23	65
31	28	70	26	99
32	47	84	51	64
33	45	55	65	36

TABELA 14 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 07 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	30	40	84	62
35	5	20	89	37
36	0	0	59	0
40	0	44	44	32
41	3	60	46	24
42	0	33	19	46
43	0	16	12	86
44	0	0	0	41
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	11
49	0	1	1	32
50	0	1	13	67
51	0	5	25	58
52	0	0	35	18
53	0	0	6	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	4	0
58	0	0	8	1
59	0	0	0	12
60	0	0	0	1
61	0	0	0	1
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 15 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 08.

Responsável: Antônio de Sousa Alves
 Horário inicial: 7 h 30 min
 Duração: 60 min
 Aspersor: Marca: ASBRASIL
 Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm
 Pressão de serviço: 6,6 atm
 Pressão na saída da bomba: 10,5 atm
 Direção predominante do vento: Leste
 Temperatura média do ar: 29,5° C
 Evaporação média do ar: 4,00 ml/h

Data: 19.11.94
 Local: Fazenda Palma I
 Tempo de Coleta: 25 min
 Modelo: SC-77
 Altura da haste: 2 m
 Vazão medida: 169,48 m³/h
 Pressão na entrada da linha lateral: 6,9atm
 Velocidade do vento: 3,72 m/s
 Umidade relativa média do ar: 58%

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	149	91	152	119
02	189	37	89	149
03	75	115	98	159
04	57	167	78	263
05	117	70	172	247
06	366	46	183	64
07	326	55	191	69
08	219	66	210	152
09	98	195	98	269
10	69	160	65	239
11	88	26	76	20
12	91	125	87	203
13	165	100	180	268
14	177	62	178	138
15	22	54	38	82
16	0	43	1	93
17	0	85	42	178
18	47	75	167	180
19	109	78	161	110
20	71	17	85	23
21	41	30	71	0
22	8	0	127	0
23	70	0	130	0
24	48	0	91	28
25	9	50	124	70
26	0	70	24	115
27	0	50	1	109
28	0	0	0	98
29	0	0	0	48
30	0	0	0	57
31	0	22	1	40
32	0	17	25	21
33	7	0	77	8

TABELA 15 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 08 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	10	0	99	0
35	0	0	122	0
36	0	0	55	0
40	0	0	47	0
41	0	0	16	0
42	0	0	1	0
43	0	0	0	8
44	0	0	0	29
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	0	0
50	0	0	1	0
51	0	0	6	0
52	0	0	31	0
53	0	0	45	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	5	0
58	0	0	1	0
59	0	0	0	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

UFC-CCA-DENA
CURSO DE MESTRADO EM
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

TABELA 16 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 09.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 26.11.94
Horário inicial: 5 h 40 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 30 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 7,0 atm	Vazão medida: 174,54 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,1atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 0,75 m/s
Temperatura média do ar: 24,5° C	Umidade relativa média do ar: 74%
Evaporação média do ar: 1,39 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	122	97	59	49
02	140	117	68	68
03	130	97	57	87
04	88	67	46	67
05	87	79	50	58
06	62	87	54	46
07	81	82	71	60
08	85	85	65	59
09	88	76	54	71
10	88	70	56	80
11	97	91	73	72
12	90	91	60	68
13	106	102	65	63
14	102	93	66	59
15	78	85	82	74
16	110	102	72	71
17	92	94	82	73
18	106	97	62	70
19	95	92	61	74
20	107	105	67	81
21	105	81	75	118
22	119	56	86	91
23	122	90	78	117
24	107	92	68	87
25	107	105	66	72
26	114	100	80	81
27	80	100	71	71
28	102	85	62	84
29	0	5	6	60
30	83	91	40	63
31	126	110	65	82
32	122	131	68	101
33	122	100	71	98

TABELA 16 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 09 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUA DRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	100	101	85	92
35	75	66	91	46
36	2	2	63	0
40	98	108	64	93
41	95	94	66	81
42	82	108	40	74
43	93	52	47	107
44	0	0	0	34
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	9
49	20	9	0	52
50	61	35	22	113
51	17	34	40	36
52	11	0	45	4
53	0	0	2	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	2	0
58	0	0	2	0
59	0	0	6	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 17 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 10.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 13.12.94
Horário inicial: 6 h 15 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 35 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 7,2 atm	Vazão medida: 177,01 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 10,5 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 7,5atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 4,78 m/s
Temperatura média do ar: 26,5° C	Umidade relativa média do ar: 67,5%
Evaporação média do ar: 3,21 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	160	110	161	170
02	151	55	80	117
03	78	72	117	221
04	66	175	70	268
05	125	48	131	131
06	248	69	148	50
07	303	91	167	114
08	195	70	178	110
09	124	120	110	208
10	74	114	60	277
11	60	59	72	136
12	93	81	156	258
13	108	71	174	212
14	212	87	164	91
15	83	64	61	52
16	0	35	2	63
17	27	52	54	73
18	87	86	163	160
19	63	87	147	241
20	61	38	120	84
21	44	2	90	0
22	7	0	83	0
23	42	2	151	0
24	25	22	147	52
25	20	52	144	158
26	5	70	57	106
27	0	41	1	67
28	0	15	1	67
29	0	0	0	58
30	0	7	0	87
31	0	30	2	127
32	0	42	20	116
33	5	21	56	27

TABELA 17 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 10 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	11	5	120	0
35	0	0	92	0
36	0	0	62	0
40	0	4	32	0
41	0	11	10	25
42	0	31	0	82
43	0	0	0	94
44	0	0	0	88
45	0	0	0	12
46	0	0	0	0
47	0	0	0	8
48	0	0	0	21
49	0	0	0	13
50	0	0	0	11
51	0	0	5	0
52	0	0	10	0
53	0	0	30	0
54	0	0	5	0
55	0	0	0	0
56	0	0	1	0
57	0	0	1	0
58	0	0	5	0
59	0	0	0	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	5
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 18 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 11.

Responsável: Antônio de Sousa Alves
 Horário inicial: 5 h 55 min
 Duração: 60 min
 Aspersor: Marca: ASBRASIL
 Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm
 Pressão de serviço: 5,7 atm
 Pressão na saída da bomba: 10,0 atm
 Direção predominante do vento: Leste
 Temperatura média do ar: 26,5° C
 Evaporação média do ar: 2,18 ml/h

Data: 14.12.94
 Local: Fazenda Palma I
 Tempo de Coleta: 46 min
 Modelo: SC-77
 Altura da haste: 2 m
 Vazão medida: 157,50 m³/h
 Pressão na entrada da linha lateral: 6,0atm
 Velocidade do vento: 1,67 m/s
 Umidade relativa média do ar: 70%

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	146	94	55	37
02	103	75	62	80
03	73	78	88	120
04	76	66	58	92
05	87	76	52	63
06	121	78	62	50
07	117	79	86	67
08	112	80	76	87
09	94	99	59	118
10	67	85	68	102
11	82	115	67	100
12	91	91	72	84
13	112	94	91	74
14	135	85	83	73
15	107	77	94	61
16	72	81	72	135
17	144	75	96	66
18	156	89	86	69
19	91	84	92	97
20	87	88	92	90
21	118	74	132	112
22	110	49	127	0
23	45	124	88	110
24	90	113	121	107
25	148	88	116	108
26	119	110	72	122
27	53	81	90	171
28	0	117	58	25
29	0	0	0	8
30	0	110	33	26
31	55	125	69	127
32	53	90	48	92
33	57	124	66	98

TABELA 18 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 11 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	28	76	108	73
35	25	12	116	0
36	0	0	2	0
40	0	90	38	36
41	0	65	103	96
42	0	23	26	50
43	0	36	3	77
44	0	0	0	2
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	0	3
50	0	0	11	8
51	0	0	31	0
52	0	0	9	0
53	0	0	0	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	0	0
58	0	0	1	0
59	0	0	0	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

TABELA 19 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 12.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 20.12.94
Horário inicial: 13 h 45 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 30 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 5,0 atm	Vazão medida: 147,51 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 7,5 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 5,4atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 4,28 m/s
Temperatura média do ar: 31,5º C	Umidade relativa média do ar: 57,5%
Evaporação média do ar: 5,56 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	172	127	18	388
02	150	69	123	223
03	53	110	79	390
04	57	165	84	548
05	92	92	53	289
06	530	95	90	178
07	226	108	155	171
08	262	128	43	298
09	87	207	35	427
10	168	165	123	143
11	81	20	115	0
12	110	73	72	14
13	160	52	38	114
14	386	47	82	112
15	0	34	86	60
16	0	0	0	5
17	17	9	109	0
18	154	6	58	0
19	135	1	52	0
20	136	1	70	0
21	5	0	19	0
22	0	0	5	0
23	0	0	40	0
24	237	0	77	0
25	171	0	46	0
26	19	0	60	0
27	0	0	27	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	55	0
32	30	0	42	0
33	11	0	57	0

TABELA 19 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 12 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUA DRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	0	0	68	0
35	0	0	3	0
36	0	0	0	0
40	0	0	38	0
41	0	0	71	0
42	0	0	24	0
43	0	0	3	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	1	3
50	0	0	19	0
51	0	0	22	0
52	0	0	4	0
53	0	0	0	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	0	0
58	0	0	0	0
59	0	0	0	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 20 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 13.

Responsável: Antônio de Sousa Alves Data: 21.12.94
 Horário inicial: 8 h Local: Fazenda Palma I
 Duração: 60 min Tempo de Coleta: 45 min
 Aspersor: Marca: ASBRASIL Modelo: SC-77
 Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm Altura da haste: 2 m
 Pressão de serviço: 5,4 atm Vazão medida: 153,30 m³/h
 Pressão na saída da bomba: 8,2 atm Pressão na entrada da linha lateral: 5,9atm
 Direção predominante do vento: Leste Velocidade do vento: 3,36 m/s
 Temperatura média do ar: 29° C Umidade relativa média do ar: 63%
 Evaporação média do ar: 3,86 ml/h

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	177	115	63	225
02	150	56	154	163
03	75	98	61	152
04	71	151	56	207
05	109	69	116	175
06	271	62	106	87
07	197	101	207	83
08	167	112	130	187
09	93	170	52	275
10	84	187	56	129
11	85	57	76	5
12	92	136	82	132
13	122	147	111	308
14	156	137	207	220
15	14	96	75	130
16	0	102	6	108
17	5	73	84	195
18	150	75	184	188
19	128	70	104	69
20	85	21	75	7
21	90	3	71	0
22	0	0	87	0
23	75	0	113	0
24	66	5	134	9
25	107	35	160	11
26	24	48	93	37
27	0	50	7	65
28	0	0	0	28
29	0	0	0	0
30	0	0	0	2
31	0	0	6	3
32	10	15	57	0
33	72	8	228	0

TABELA 20 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 13 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	34	0	80	0
35	0	0	100	0
36	0	0	12	0
40	0	0	88	0
41	0	0	55	0
42	0	0	8	0
43	0	0	0	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	0
49	0	0	0	0
50	0	0	5	0
51	0	0	28	0
52	0	0	37	0
53	0	0	3	0
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	0	0
58	0	0	5	0
59	0	0	3	0
60	0	0	1	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	2	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABELA 21 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 14.

Responsável: Antônio de Sousa Alves	Data: 22.12.94
Horário inicial: 6 h 35 min	Local: Fazenda Palma I
Duração: 60 min	Tempo de Coleta: 50 min
Aspersor: Marca: ASBRASIL	Modelo: SC-77
Diâmetro dos Bocais: 44,0 x 6,3 mm	Altura da haste: 2 m
Pressão de serviço: 6,3 atm	Vazão medida: 165,58 m ³ /h
Pressão na saída da bomba: 9,0 atm	Pressão na entrada da linha lateral: 6,8atm
Direção predominante do vento: Leste	Velocidade do vento: 2,75 m/s
Temperatura média do ar: 25° C	Umidade relativa média do ar: 68%
Evaporação média do ar: 2,41 ml/h	

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
01	145	62	102	85
02	117	68	148	72
03	95	68	70	149
04	73	110	52	147
05	136	43	106	81
06	163	79	202	38
07	196	62	224	49
08	105	51	129	66
09	112	75	67	132
10	87	192	70	173
11	95	111	85	87
12	92	124	86	188
13	142	61	105	125
14	160	69	182	64
15	102	83	88	49
16	33	144	28	87
17	62	86	102	86
18	152	84	166	88
19	150	87	106	142
20	100	50	97	81
21	124	35	94	17
22	28	14	112	6
23	110	48	128	33
24	141	37	137	62
25	135	48	143	129
26	56	71	58	90
27	16	72	23	59
28	12	16	11	80
29	0	0	0	23
30	0	21	13	58
31	36	48	20	56
32	60	60	30	60
33	88	43	89	36

TABELA 21 - Volumes coletados na área irrigada durante o teste nº 14 (Continuação).

Nº DE ORDEM DO PLUVIÔMETRO	QUADRANTES			
	I	II	III	IV
	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)	Volume Coletado (ml)
34	70	28	118	5
35	5	5	72	2
36	0	0	100	0
40	5	28	41	6
41	45	20	19	23
42	7	15	17	28
43	0	1	6	23
44	0	0	0	8
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	0	0	10
49	0	0	0	1
50	0	7	10	1
51	0	2	18	6
52	0	0	11	0
53	0	0	27	0
54	0	0	6	0
55	0	0	0	0
56	0	0	0	0
57	0	0	0	0
58	0	0	0	0
59	0	0	0	0
60	0	0	0	0
61	0	0	0	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
67	0	0	0	0
68	0	0	0	0
69	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0

TABLA 22 - Características Físicas

Parámetro/Característica	Condición	Valor	Unidad
Altera			
Draxia			
01			
02			
03			
04			

APÊNDICE 01

Elemento	Unidad	Valor
TPAD		
Na ⁺		
		12 0.23
		0.49 0.06
		0.10 0.2414

TABELA 23 - Especificações Técnicas do Cimento Portland (Cimento Branco)

TABELA 22 - Características Físicas do Solo

Horizonte/Camadas		Composição Granulométrica (%)				Textura	Densidade Solo Partic.	taxa de Infiltração (mm/h)
Símbolo	Profundidade (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
AM - 1	0 - 30	69	26	2	3	Arenosa	1,51 2,70	498,7
AM - 2	30 - 60	74	22	2	2	Arenosa	1,51 2,70	
AM - 3	60 - 90	65	29	3	3	Arenosa	1,55 2,69	

Características Químicas do Solo.

Profund. (cm)	PH Água	CE.EX Saturado (ds/ml)	Carb- no (%)	Nitro- gênio (%)	Matéria Orgânica (%)	Fosfóro Disponível (PPM)	Cátions				P S T
							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	
0 - 30	7,3	0,85	0,20	0,02	0,34	2	2,0	0,4	0,12	0,23	8
30 - 60	6,9	0,67	0,10	0,01	0,17	2	0,6	0,3	0,06	0,06	5
60 - 90	6,7	1,36	0,10	0,01	0,17	3	0,6	0,3	0,06	0,24	14

Resultados da análise físico-química do solo, realizado pelo Laboratório de Análise de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo - CCA - UFC.

TABELA 23 - Especificações Técnicas do Aspersor Gigante (Canhão Hidráulico).

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
- Marca	ASBRASIL
- Modelo	SC - 77
- Diâmetro dos Aneis (Bocais)	44 mm x 6,3 mm
- Pressão de Serviço	4,50 a 8,00 atm
- Vazão Teórica	141,08 m ³ /h a 188,9 m ³ /h

Fonte: Catálogo do Fabricante

TABELA 24 - Características do Motor Elétrico e Bomba Centrífuga

MOTOR ELÉTRICO	
- Marca	WEG
- Modelo	250 S/N
- Potência Nominal	100 Cv
- Número de Fases	03
- Frequência	60 Hz
- Rotação	1780 rpm
BOMBA CENTRÍFUGA	
- Marca	KING
- Modelo	IRR-125-100-404
- Número de Estágios	03
- Diâmetro dos Rotores	404 mm
- Vazão Nominal	180 m ³ /h
- Rotação	1780 RPM
- Diâmetro de Sucção	125 mm
- Diâmetro de Recalque	100 mm
- Peso	250 kg
- Rendimento	70%