GUSTAVO HENRIQUE FREIRE DE SOUZA

EFEITOS DA VARIAÇÃO DA VAZÃO DO INJETOR DE FERTILIZANTE EM DIFERENTES TEMPOS DE APLICAÇÃO NA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO ADUBO EM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura de Mossoró para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

MOSSORÓ

R.G. DO NORTE - BRASIL

MARÇO DE 1994

GUSTAVO HENRIQUE FREIRE DE SOUZA

EFEITOS DA VARIAÇÃO DA VAZÃO DO INJETOR DE FERTILIZANTE EM DIFERENTES TEMPOS DE APLICAÇÃO NA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO ADUBO EM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura de Mossoró para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

MOSSORO

R.G. DO NORTE - BRASIL

MARÇO DE 1994

M.
631.816
S719

BIBLIOTECA ORLANDO TEIXEIRA
Escola Sup. de Agricultura de
Mossoró - RN
32.784 | 23/06/94

Ficha catalográfica preparada pela área de catalogação e classificação da Biblioteca "Orlando Teixeira" da ESAM.

S719e

Souza, Gustavo Henrique Freire de
Efeitos da variação da vazão do injetor de fertilizante em diferentes tempos de aplicação na uniformidade de distribuição do adubo em irrigação por gotejamento / Gustavo Henrique Freire de Souza.- Mossoró: ESAM, 1994.
58p.
1.Fertirrigação - Uniformidade de distribuição.
2.Fertirrigação - Vazão da bomba injetora.

CDD - 631.816

GUSTAVO HENRIQUE FREIRE DE SOUZA

EFEITOS DA VARIAÇÃO DA VAZÃO DO INJETOR DE FERTILIZANTE EM DIFERENTES TEMPOS DE APLICAÇÃO NA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DO ADUBO EM IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura de Mossoró para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 07 / 03 / 1994

José Francismar de Medeiros
Eng. Agr. - ESAM
Membro

Jorge Moreira Maia Neto
Eng. Agr.Faz. São João
Membro

Francisco das Chagas Nogueira
Prof. - ESAM
Orientador

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

Aos

Meus pais, Aldemir e Zefinha, como retribuição ao esforço para minha educação, meus irmãos Júnior e Neto, e minha irmã Sara.

Dedico.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela fé e perseverança concedida em todos os momentos.

Ao Professor Francisco das Chagas Nogueira, pela orientação, ensinamentos, ajuda e amizade durante a realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo José Francismar de Medeiros, pela colaboração, ensinamentos e amizade.

A Fazenda São João Ltda., pela oportunidade da realização dos testes, em especial ao Engenheiro Agrônomo Jorge Moreira Maia Neto.

A Escola Superior de Agricultura de Mossoró, por intermédio do departamento de Engenharia Agrícola.

Aos colegas de curso, Leilson, Lucilane, Lucileudo e Onildo, pela amizade e auxílio nas coletas de dados.

Enfim, a todos as pessoas que de alguma forma contribuíram na execução deste trabalho.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

BIOGRAFIA DO AUTOR

Gustavo Henrique Freire de Souza, filho de Aldemir Vasconcelos de Souza e Josefa Freire de Oliveira de Souza, nasceu em Canguaretama, Rio Grande do Norte, aos 19 de outubro de 1970.

Concluiu o 1º grau na Escola Municipal José de Carvalho e Silva, Canguaretama-RN, e o 2º grau no Colégio Salesiano São José, Natal-RN.

Ingressou na Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, no primeiro semestre de 1989.

Foi monitor da disciplina de Zoologia do Departamento de Zootecnia, durante o período de junho de 1990 a março de 1994.

SUMARIO

EXTRATO viii

1. INTRODUÇÃO 01

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uniformidade de distribuição da água 04

2.2. Avaliação da uniformidade de distribuição da água 06

2.3. Equações utilizadas para cálculo dos coeficientes de uniformidade 08

2.3.1. Coeficiente de Uniformidade de Keller e Karmeli 08

2.3.2. Coeficiente de Uniformidade Absoluta de Keller e Karmeli 09

2.4. Fertirrigação 09

2.4.1. Considerações gerais 09

2.4.2. Métodos de injeção de fertilizantes na água de irrigação 12

2.4.3. Importância da vazão de injeção do fertilizante na uniformidade de distribuição do adubo 20

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE MOSSORÓ
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

2.4.4. Avaliação da uniformidade de distribuição do adubo 22

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento 24

3.2. Método de irrigação utilizado 24

3.3. Sistema de injeção de fertilizante utilizado ... 25

3.4. Procedimento para a realização dos testes 25

3.4.1. Seleção da subunidade de irrigação 25

3.4.2. Seleção dos emissores 26

3.5. Determinações realizadas durante os testes 26

3.5.1. Uniformidade de distribuição de água 26

3.5.2. Pressões 26

3.5.4. Injeção de fertilizantes 26

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pressões 32

4.2. Uniformidade de distribuição de água 33

4.3. Uniformidade de distribuição de adubos 35

5. CONCLUSÕES 42

6. RESUMO 44

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46

APÊNDICE 52

EXTRATO

SOUZA, G.H.F. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, março de 1994. **Efeitos da variação da vazão do injetor de fertilizante em diferentes tempos de aplicação na uniformidade de distribuição do adubo em irrigação por gotejamento.** Professor orientador: Francisco das Chagas Nogueira. Conselheiros: José Francismar de Medeiros e Jorge Moreira Maia Neto.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar o efeito de três diferentes vazões da bomba injetora na uniformidade de distribuição do adubo. Trabalhou-se com tempos de fertirrigação de 34, 40 e 46 minutos, coletando-se amostras para análise da quantidade de potássio em 10 diferentes instantes, no decorrer da fertirrigação, para cada gotejador. A uniformidade de distribuição de fertilizantes foi avaliada através do coeficiente de uniformidade de Christiansen. Estudou-se também a pressão de serviço disponível início da subunidade de irrigação, bem como a distribuição de água pelos gotejadores, sendo que esta última foi analisada pelos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

Os resultados demonstraram que a pressão de serviço apresentou variações muito altas, durante a realização de cada teste, indicando que não foi controlada adequadamente em todo o sistema. A uniformidade de distribuição de água, foi considerada razoável, com coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta de 90,24 e 86,73%, respectivamente. As diferentes vazões da bomba injetora, para as condições em que foram realizado o trabalho, não interferiram na uniformidade de distribuição do potássio. O coeficiente de distribuição de fertilizantes alcançou um valor médio em torno de 90,32%, oscilando entre 86,35 e 93,49%.

1. INTRODUÇÃO

A irrigação é uma tecnologia capaz de garantir a produção e promover o aumento da produtividade, embora de forma isolada, dificilmente, atinge estes benefícios. O seu sucesso depende da utilização conjunta de outras tecnologias de produção agrícola. Além de um manejo de solo-água-planta adequado, é necessário usar de maneira correta e eficiente os insumos, principalmente os fertilizantes (SOUSA & SOUSA, 1993a).

A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação é uma prática que pode ser associada aos sistemas de irrigação localizada e alguns tipos de aspersão. Esta prática, denominada fertirrigação, se constitui numa técnica de aplicação simultânea de fertilizantes e água ao solo, através de um sistema de irrigação. É uma prática agrícola essencial ao manejo de culturas irrigadas quando se utiliza sistema de irrigação localizada, sendo uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizantes às plantas, principalmente, em regiões de climas áridos e semi-áridos, pois em se aplicando os fertilizantes em menor quantidade por vez, mas com maior frequência, é possível manter um nível

uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo vegetativo da cultura, o que aumentará a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, consequentemente, a sua produtividade (BERNARDO, 1987).

No Brasil, são ainda poucas as áreas que recebem fertirrigação, porém, com as vantagens que oferece e a necessidade de se aumentar o uso da irrigação, abrem-se grandes perspectivas à utilização de tal prática. Contudo, necessita-se de pesquisas sobre este assunto, tais como sistemas de injeção de fertilizantes, uniformidade de distribuição de fertilizantes na rede de irrigação e no solo (ZANINE,1987).

Os fertilizantes aplicados via água de irrigação, devem ser uniformemente distribuídos em toda a área, ou ao longo das linhas de cultivos, no caso da irrigação localizada. Para que os fertilizantes tenham distribuição aceitável, é preciso que o sistema de irrigação esteja funcionando normalmente, para ter uma boa uniformidade de distribuição de água (SOUSA & SOUSA, 1993b).

Diante do que foi anteriormente exposto, torná-se imprescindível um estudo mais acurado dessa técnica, pois a falta de maiores informações pode acarretar um manejo inadequado da sua operacionalização, bem como elevar os seus custos. Vale apenas ressaltar que, a agricultura moderna exige uma maior eficiência das diferentes práticas que ela venha utilizar, para obtenção de maiores lucros com despesas

menores possíveis, dentro das recomendações técnicas exigidas.

Este trabalho tem como objetivo principal identificar as influências do tempo de fertirrigação e da vazão da bomba injetora de fertilizantes na uniformidade de distribuição do adubo, via água, na irrigação por gotejamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uniformidade de Distribuição da Água

REICHARDT (1978) afirma que a água é um fator de fundamental importância na produção agrícola, pois, sua falta ou excesso pode afetar de maneira decisiva no desenvolvimento das plantas, e devido a isto seu manejo racional é um imperativo fundamental na maximização da produção agrícola. Na agricultura irrigada, conforme SOUSA & SOUSA (1993a), a água é o insumo que mais onera o sistema de produção, devido, principalmente, aos elevados custos de instalação dos equipamentos e do bombeamento da fonte até a área cultivada.

De acordo com SCALOPPI (1986b), o custo da água depende primariamente de sua disponibilidade, localização e adequação. Nas regiões áridas e semi-áridas, a água é geralmente escassa e contém quantidades variáveis de sais solúveis. Além disso, nem sempre encontra-se próxima às áreas irrigadas. Evidentemente, quanto maior for o custo da água, maior deverá ser a eficiência de irrigação, o que pode ser mais facilmente obtido através dos métodos de irrigação localizada e por aspersão. Estes métodos, também, apresentam grande flexibilidade operacional e de manejo, o que pode

resultar em melhor aproveitamento da água aplicada.

Segundo AZEVEDO (1986), a irrigacão localizada compreende a aplicação de água molhando apenas uma fração do sistema radicular das plantas. A área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, enquanto que a área mínima molhada é de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semi-árido. O molhamento de mais de 55% da área sombreada pela planta descaracteriza o método, eliminando uma das suas principais vantagens que é a economia de água.

A irrigação localizada aplica água ao solo em pequenas quantidades, atendendo as necessidades das plantas, de acordo com as características do método. A aplicação de água ao solo desta maneira, exige eficiência de irrigação alta, que depende, dentre outros fatores, da uniformidade de distribuição de água pelos emissores.

SAN JUAN (1981) comenta que se a uniformidade não é alta, haverá diferenças apreciáveis entre a água fornecida a uma planta e outra, e portanto, o cultivo não será homogêneo e o rendimento diminuirá. Se para solucionar este problema, aumentarmos as doses de forma que a planta que está em piores condições receba a água que precisa, haverá muitas plantas que receberão volumes superiores as suas necessidades e, portanto, haverá um excesso de água. Porém esta solução pode diminuir também os rendimentos por excesso de água em alguns casos, e sempre exigirá maiores vazões e portanto um

dimensionamento excessivo da rede e maiores necessidades de energia e fertilizantes. Compreende-se, portanto, que ao se projetar um sistema de irrigação, deve-se dispor de uma alta uniformidade, buscando como objetivo final, o máximo de vantagens possíveis dos mesmos sistemas, normalmente, caros, e obter uma grande eficiência.

SCALOPPI (1986a) relata que os sistemas de irrigação localizada, quando adequadamente dimensionados e operados, revelam elevados níveis de uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação de água.

PINTO et al. (1988) estudando a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação localizada, recomendaram que, após a implantação do sistema, deve-se proceder à avaliação para verificar a uniformidade de distribuição de água e a eficiência da irrigação, procurando-se assim, corrigir falhas porventura existentes.

BERNARDO (1987) recomenda que, após a instalação do sistema e a cada dois anos de funcionamento, deve-se determinar a uniformidade de irrigação. Entretanto, SOUSA et al. (1993) comentam que as instalações devem ser avaliadas pelo menos duas vezes por ano, além da realização de inspeções periódicas, a fim de detectar problemas de obstruções.

2.2. Avaliação da Uniformidade de Distribuição da Agua

De acordo com SAN JUAN (1981), a primeira equação

Escola Superior de Agricultura de Mossoró

que surgiu para avaliar a uniformidade de aplicação da água, utilizada, inicialmente, na irrigação por aspersão, foi a do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). A equação proposta por Christiansen é a que fornece resultados mais precisos, no entanto, possui alguns incovenientes, como, por exemplo, dar idêntica importância às variações tanto acima como abaixo da média; isto no caso de irrigação localizada é grave, pois muitas variações superiores indicam um excesso de água que em geral não afetará o cultivo, e, sim, a eficiência de irrigação; já as variações inferiores indicam que a planta receberá menos água do que necessita, podendo diminuir a produção, ou mesmo, provocar perda total.

Keller e Karmeli, citados por FARIA (1981) e PINTO et al. (1988), desenvolveram técnicas e critérios para determinar a uniformidade de distribuição da irrigação por gotejamento. Estudaram a relação entre as vazões mínimas e média dentro de um sistema de irrigação, definindo-a como uniformidade de distribuição, e entre as vazões máxima e mínima, denominando-a de uniformidade de distribuição absoluta. Estabeleceram, como regra geral, que um sistema de irrigação não deve ser projetado para um valor de uniformidade absoluta menor que 90% . Segundo SAN JUAN (1981) se os coeficientes de uniformidade e de uniformidade absoluta forem inferiores a 92% e 90%, respectivamente, deverá se buscar as causas desta perda de uniformidade e tratar de solucioná-la. Com estes índices, de acordo com o Serviço de

Conservação de Solos dos Estados Unidos, pode-se evitar a utilização de gotejadores obstruídos que dêem vazões muito pequenas e influa na avaliação do sistema.

Ao abordar aspectos relacionados com a avaliação da uniformidade de água, SILVA (1993) afirma que, os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta, quando avaliados em projetos já implantados,servem para apreciar a uniformidade com que a água está sendo aplicada pelos emissores, no campo. Uma das aplicações destes coeficientes, é no manejo adequado da irrigação, possibilitando ajustes na mesma.

2.3. Equações Utilizadas para Cálculo dos Coeficientes de Uniformidade

2.3.1. Coeficiente de uniformidade de Keller e Karmeli

No método proposto por KELLER e KARMELI (1975), a coleta de dados para determinar o coeficiente de uniformidade, é realizada utilizando a vazão em apenas 16 emissores por subunidade de irrigação.

Segundo esses mesmos autores o coeficiente de uniformidade pode ser estimado através da expressão:

$$CU = \frac{q_{min}}{q_{med}} \times 100 \qquad (1)$$

Onde:

CU = Coeficiente de uniformidade (%);

q_{min}= vazão média dos 25% dos menores valores de vazão

coletada (l/h);

q_{med}= média das vazões coletadas (l/h).

2.3.2. Coeficiente de uniformidade absoluta de Keller e Karmeli

Para considerar os efeitos das vazões máximas na irrigação localizada, KELLER e KARMELI (1975) propuseram o coeficiente de uniformidade absoluta, que pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$CUa = \frac{1}{2} \times \left(\frac{q_{min}}{q_{med}} + \frac{q_{med}}{q_{max}} \right) \times 100 \qquad (2)$$

onde:

CUa = Coeficiente de uniformidade absoluta (%);

q_{max}= média dos 12,5% dos maiores valores de vazões coletadas (l/h).

2.4. Fertirrigação

2.4.1. Considerações gerais

BERNARDO (1987) considera a fertirrigação como uma das maneiras mais eficiente e econômica de aplicar fertilizantes às plantas, principalmente, em regiões de climas áridos e semi-áridos, pois aplicando-se os fertilizantes em menor quantidade por vez, mas com maior frequência é possível manter um nível uniforme de nutrientes disponível às plantas e, em consequência, aumentará a sua produtividade.

Segundo COSTA & BRITO (1992), os métodos pressurizados de irrigação (aspersão e localizado) são os que mais se prestam à aplicação de produtos químicos, pelo fato de ser a água conduzida e aplicada atavés de condutos fechados e sob pressão, permitindo melhor controle das aplicações.

SOUSA et al. (1993) afirmam que a injeção de produtos químicos na água de irrigação é feita através de equipamentos apropiados, cuja seleção se baseia no sistema de irrigação específico, resultando em diferentes formas de aplicação.

ABREU et al.(1989) recomendam que a fertirrigação exige que os fertilizantes sejam solúveis, deixando um mínimo de impurezas; que sejam compatíveis entre eles, evitando portanto a formação de precipitados que podem causar obstruções nas tubulações e emissores, e que sejam compatíves com os íons contidos na água de irrigação e com seu pH.

Também, segundo ABREU et al. (1989), citando Veschanbre e Vaysse, os fertilizantes podem ser aplicados, na água de irrigação, de maneira fracionada ou contínua. A primeira seria uma técnica de injetar fertilizantes ao solo, onde os elementos a serem ministrados são calculados da forma clássica para cada época ou período vegetativo. Como não se busca uma concentração rigorosamente constante de adubos na água de irrigação, pode-se usar qualquer tipo de injetor de fertilizante. A injeção contínua, se baseia mais em conceitos

de nutrição vegetal; neste caso a água de irrigação está permanentemente fertilizada, sendo aplicada com alta frequência, aproximando-se, assim, da composição da solução do solo. O solo serve apenas como um suporte à cultura.

Pizarro, citado por ALVES et al. (1993), afirma que a concentração dos fertilizantes usados na fertirrigação constitui um dos principais fatores para o êxito desta prática e que os teores de fertilizantes na água de irrigação não devem ultrapassar 700 ppm e como intervalo básico, cita de 200 a 400 ppm, principalmente em fertirrigação através de gotejadores, onde pode ocorrer precipitação dos nutrientes da solução, devido a reduzida velocidade da água na tubulação. Em microaspersão, pode-se chegar até 700 ppm.

FEITOSA FILHO et al. (1992) relata que a carência de conhecimentos técnicos da fertirrigação e a pouca divulgação das vantagens dessa prática junto aos produtores fazem com que sua utilização em nosso país seja feita de forma pouco expressiva.

SOUSA & SOUSA (1993b) concluíram que apesar de existirem diversos trabalhos publicados sobre aplicação de fertilizantes via água de irrigação, constata-se que ainda há necessidade de pesquisas sobre dosagem, concentração e parcelamento de fertilizantes para as culturas e, principalmente, sobre dinâmica dos nutrientes no perfil do solo e seus efeitos. Sobre este mesmo assunto, COSTA et al. (1986) e COSTA & BRITO (1988), comentam a falta de

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

informações sobre equipamentos de injeção, modo e época de aplicação, dosagens e tipo de fertilizantes.

2.4.2. Métodos de injeção de fertilizantes na água de irrigação

ABREU et al. (1989), referindo-se sobre os equipamentos que realizam a fertirrigação, comentam que, a incorporação de adubo através da água de irrigação se efetua mediante alguns dispositivos que se situam, normalmente, no cabeçal de controle, se bem que, também podem ser instalados nas cabeceiras das unidades operacionais de irrigação, quando existem várias cultivos na mesma área ou essas se encontram dispersas. Em todos os casos, deve-se instalar um filtro de tela ou de disco logo após o dispositivo de fertilização, para evitar a passagem de impurezas contidas nos adubos para a rede de irrigação.

FEITOSA FILHO et al. (1992) consideram que o custo, o desempenho e a fonte de energia utilizada para o funcionamento dos injetores de fertilizantes usados na fertirrigação são parâmetros importantes na escolha desses equipamentos e no êxito dessa prática. Da mesma forma, COSTA et al. (1986) relatam que as características técnicas do injetor devem ser tais que a sua capacidade seja adequada a satisfazer a área pretendida, volume e dosagem do sistema de irrigação em apreço.

De acordo com SHANI (1981), os equipamentos de

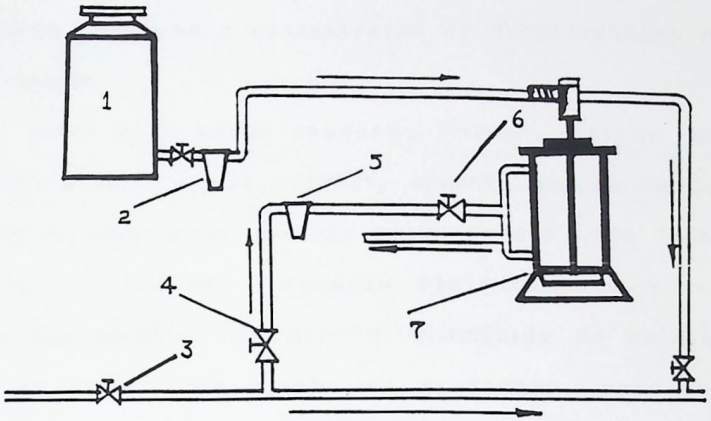
injeção de fertilizante podem ser classificados de acordo com o princípio de funcionamento, em duas classes: a primeira é baseada na pressão ou velocidade da corrente de água dentro do sistema, denominada "Venturi"; e a segunda, que integra uma força externa dentro do sistema, denominada "injeção". A cada um dos princípios se relacionam modelos diversos e tipos secundários.

Ao classificar os métodos de injeção de produtos químicos na água de irrigação, Howell et al. , citados por FEITOSA FILHO et al. (1992) separam estes em três grupos: métodos que operam sob condições de pressões efetiva positiva (bomba injetora e injeção por gravidade); métodos que operam sob condições de pressões efetiva negativa (sucção pela própia bomba de irrigação) e métodos que utilizam diferença de pressão (tanque de derivação, injetores tipos Venturi e Pitot).

a. Método da pressão positiva

a.1. Bomba injetora

O funcionamento desse sistema, conforme SOUSA & SOUSA (1993a), preconiza a geração de uma pressão maior que a pressão do conjuto principal, através de uma motobomba auxiliar. A solução é, normalmente, bombeada de tanque despressurizado. A escolha do tipo de bomba usada é dependente da fonte de energia. A bomba de injeção de acionamento hidráulico, é bastante utilizada. Esta aproveita



1 - Reservatório da solução fertilizante
2 - Filtro
3, 4 e 6 - Registros de fechamento rápido
5 - Filtro
7 - Bomba injetora de fertilizantes

Fig. 1 - Esquema de um sistema com bomba injetora.

a própria pressão da água para seu funcionamento, e a aplicação da solução, é uniforme (ver figura 1).

Segundo ALVES et al. (1993), as bombas injetoras, acionadas por motores convencionais, podem ser de pistão ou de membrana, e têm vazões reguláveis, no intervalo de 20 a 600 l/h. Existem também bombas constituídas por uma pequena câmara que, alternadamente, se esvazia e enche, acionada pela pressão da rede de irrigação, sendo que no enchimento da câmara há sucção do fertilizante e, no esvaziamento, o mesmo é injetado na rede de irrigação.

ABREU et al. (1989) comentam que tanto os injetores hidráulicos como os de acionamento elétrico,

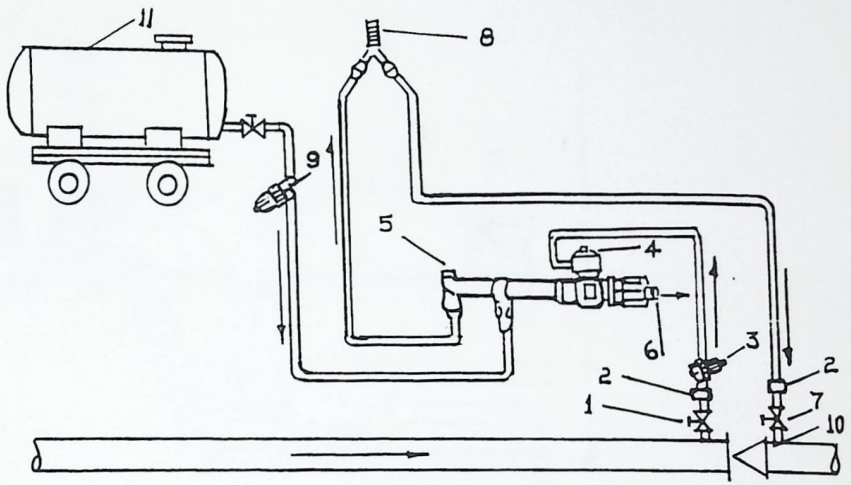
através de mecanismos mais ou menos complexos, conseguem adequar o ritmo de injeção à vazão de água que passa pela rede, mantendo constante a concentração de fertilizantes na água de irrigação.

Sobre este mesmo aspecto, Holman, citado por ZANINE (1987) e ALVES et al. (1993), comenta que as bombas injetoras devem desenvolver pressão maior do que a da linha de irrigação. Muitas são acionadas eletricamente e com dispositivo que permite controlar a quantidade de solução injetada. As bombas com pistão ou diafragma, operadas hidraulicamente ou eletricamente, são usadas mais frequentemente e permitem amplo ajuste para regulagem do volume de solução aplicado durante a fertirrigação, ou seja, a taxa de injeção.

Conforme SHANI (1981), os diversos tipos de injetores se diferenciam de acordo com a fonte de energia que impulsiona a bomba. O mesmo autor faz menção a diversos tipos de injetores, como: bomba proporcional ou racionador de fertilizantes; bomba com motor de combustão; bomba com motor elétrico; bomba acionada por um trator e bomba com motor de água.

a.2. Gravidade

Com relação a este sistema, COSTA et al. (1986) e PINTO & SOARES (1990) relatam que o mesmo opera em função da pressão existente na linha de irrigação, através do trabalho desenvolvido pelo conjunto motobomba, fazendo com que o



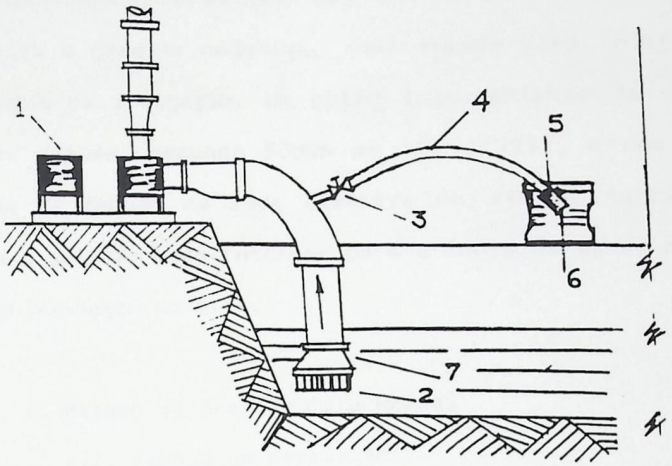
1 - Válvula de entrada de água
2 - União
3 - Filtro
4 - Botão partida/parada
5 - Bujão
6 - Válvula de descarga
7 - Válvula de injeção de fertilizante
8 - Sifão
9 - Filtro azul
10 - Válvula de linha unidirecional
11 - Tanque

Fig. 2 - Bomba dosadora de fertilizantes, com funcionamento por gravidade.

pistão do conjunto hidráulico injete a solução de fertilizante no sistema de irrigação.

SOUSA et al. (1993) mencionam que apesar de ser simples e relativamente de baixo custo, uma vez que não necessita de estruturas ou equipamentos sofisticados, além de dispensar a energia externa para funcionamento, a literatura não apresenta referências como um método muito utilizado.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró



1 - Conjunto motobomba
2, 6 - Crivo
3 - Registro de gaveta
4 - Tubo de sucção
5 - Depósito de fertilizante
7 - Válvula de pé

Fig. 3 - Esquema de instalação de uma bomba centrífuga com sucção de fertilizantes

b. Método da pressão negativa

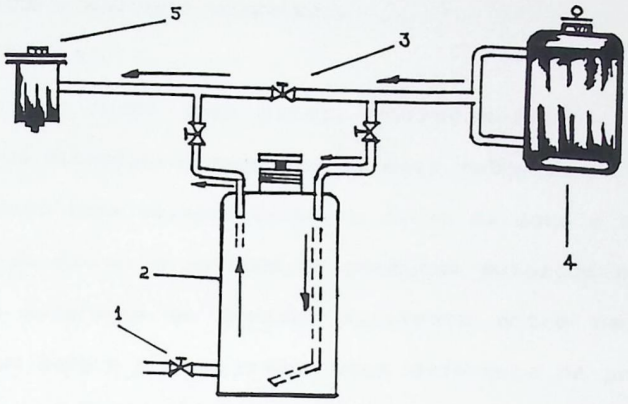
Reportando sobre este método, SOUSA & SOUSA (1993a) expõem que a pressão negativa gerada pela bomba centrífuga na tubulação de sucção, pode ser utilizada para injetar solução química à água de irrigação. No método de pressão negativa, utiliza-se um tubo ligado à sucção da bomba e um tanque despressurizado. A calibração da vazão de saída do tanque de fertilizante para a sucção é feita mediante um registro, e o volume correspondente é medido por um hidrômetro (ver figura 3).

PINTO & SOARES (1990) advertem que os produtos corrosivos ou abrasivos são contra-indicados, quando se utiliza a pressão negativa, como método para injetar adubos na água de irrigação. Um outro inconveniente da utilização deste método, segundo SOUSA et al. (1993), é nos casos de queda de tensão na rede elétrica no ato do funcionamento, pois a solução pode retornar para a fonte de água, provocando a contaminação do meio.

c. Método da pressão diferencial

c.1. Tanque de derivação

Este sistema apontado por SHANI (1981), SAN JUAN (1981), ABREU et al. (1989), PINTO & SOARES (1990), ANDRADE & GORNAT (1992) e SOUSA & SOUSA (1993a), opera com um tanque hermeticamente fechado conectado em paralelo à tubulação de irrigação. Esses tanques, consistem de depósitos cilíndricos, metálicos, plásticos ou de fibra de vidro, cujo interior se coloca os adubos para sua dissolução e posterior conexão à rede. Para provocar a diferença de pressão entre a entrada e a saída do tanque de fertilizante é feito um estrangulamento do fluxo com um registro acoplado à linha de irrigação, entre os pontos de saída para o tanque e de retorno do tanque. Isso causa a circulação de uma parte do fluxo de água através do mesmo e dilui a solução de nutrientes, a qual vai sendo injetada à rede de irrigação (ver figura 4).



1 - Registro do dreno
2 - Tanque de fertilizante
3 - Registro
4 - Filtro de areia
5 - Filtro de tela

Fig. 4 - Esquema de um tanque de fertilizantes.

c.2. Venturi

Segundo SHANI (1981), o princípio de funcionamento do venturi consiste no estrangulamento do fluxo de água, de modo a provocar variação na sua velocidade e pressão. Com o objetivo de fertirrigar, prepara-se uma peça, na qual as medidas de redução e ampliação sejam tais que se provoque sucção em determinado trecho da tubulação. Neste local, conecta-se um recipiente aberto. O equipamento fica instalado na linha de irrigação e através do mesmo, passa toda a vazão. FEITOSA FILHO et al. (1992) descrevem este tipo de injetor como um dispositivo metálico ou de PVC, com uma secção convergente gradual, seguida de um estrangulamento e de uma secção divergente gradual, para igual diâmetro da

tubulação que a ele está conectado.

c.3. Pitot

O injetor tipo pitot, conforme SOUSA & SOUSA (1993a) é um dispositivo composto de dois tubos de Pitot, em que o primeiro está voltado contra o fluxo da água e o outro na direção do fluxo. A injeção de produtos químicos é feita através da diferença de pressão existente entre os tubos ligados a um tanque pressurizado. Essa diferença de pressão, de acordo com COSTA & BRITO (1992), equivalente ao dobro da carga de velocidade, propicia a criação de um gradiente positivo de energia, quando se conecta o par de tubos de Pitot a um tanque de solução hermético, o que permite injetar esta solução na linha principal de irrigação.

2.4.3. Importância da vazão de injeção do fertilizante na uniformidade de distribuição do adubo

Conforme SOUSA et al. (1993), o acompanhamento da taxa de injeção e a concentração da solução aplicada na água de irrigação é muito importante no manejo do sistema, principalmente, quando se utiliza equipamentos em que a concentração varia com o tempo. A variação da concentração da solução durante a aplicação afeta diretamente a uniformidade de aplicação do produto nas linhas de plantio, notadamente, quando se tem unidades operacionais e linhas laterais extensas.

Woodward , citado por ZANINE (1987), comenta que

o tempo de aplicação irá variar em função de diversos fatores: tamanho e tipo de equipamento de injeção, fertilizante e taxa de aplicação. A maioria dos materiais são injetados entre 30 a 40 minutos, devendo-se evitar interrupção e reinício da aplicação, o que poderia levar a distribuição desuniforme ou excessiva deposição da substância aplicada sobre a planta. Após o tempo de injeção, deve-se continuar a operação do sistema por mais 30 minutos para lavagem do injetor, tubulações e cultura.

Com relação a esse mesmo aspecto SAN JUAN (1981) recomenda a aplicação do adubo em um tempo igual a 80% do tempo de irrigação, para que os 20% seja utilizado para eliminação dos resíduos.

ZANINE (1987), reportando sobre a uniformidade de distribuição de fertilizantes pela linha de gotejadores injetado por tanque de derivação de fluxo e bomba injetora, verificou que as diferenças entre quantidades de cloreto distribuído no início e ao final da linha de gotejadores reduziram com aumento do tempo de aplicação.

ALVES et al. (1993), ao estudarem o desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na distribuição de fertilizante ao longo de uma linha lateral de microaspersão, constataram que os tempos de fertirrigação de 60, 90 e 120 minutos se mostraram adequados, pois proporcionaram boa uniformidade de distribuição de fertilizante na água de irrigação, com índices de

Escola Superior de Agricultura de Mossoró

uniformidade de Christiansen superiores a 96% . Portanto, os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) verificados nos resultados obtidos, mostraram-se elevados para os dois sistemas de injeção e qualquer tempo de aplicação do adubo. Estes valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) concordam com os de ZANINE (1987), o qual obteve valores de uniformidade de distribuição do adubo muito semelhantes, quando utilizou três vazões diferentes na injeção dos fertilizantes aplicados à rede de irrigação.

Descrevendo sobre aplicação de produtos químicos via água de irrigação, Holman citado por ZANINE (1987) e SOUSA & SOUSA (1993b), sugere que, em quase todos os casos, é preferível injetá-los vagarosamente ao sistema de irrigação, a fim de ocorrer cobertura uniforme. A injeção muito rápida pode distribuir o material somente a uma parte do campo.

2.4.4. Avaliação da uniformidade de distribuição do adubo

SOUSA et al. (1993) mencionam que a avaliação da uniformidade de distribuição de produtos químicos nos sistemas de irrigação localizada, normalmente, é feita utilizando os mesmos índices para avaliar a distribuição de vazão.

Segundo ALVES et al. (1993), apesar de ser específico para aplicação de água, pode ser considerado como

válido a extrapolação do coeficiente de uniformidade de Christiansen para avalição da fertirrigação, uma vez que a distribuição do fertilizante está relacionada diretamente com a vazão. BERNARDO (1987), ZANINE (1987), FEITOSA FILHO et al. (1992) e SOUSA & SOUSA (1993b) também recomendam a aplicação do coeficiente de uniformidade de Christiansen para avaliação da uniformidade de distribuição do adubo em sistema de irrigação localizada. O coeficiente de uniformidade de Christiansen é calculado pela seginte equação:

$$CUC = \left(1 - \frac{\Sigma X}{n \cdot X}\right) \cdot 100 \qquad (3)$$

Onde:

CUC= coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

$\Sigma x = \sum_{i=1}^{n} |Xi - X|$

Xi = valor obtido no ponto de ordem i (g);

X = média dos valores obtidos nos pontos (g);

n = número de pontos.

ZANINE (1987) afirma que são poucas as citações encontradas sobre uniformidade de distribuição de fertilizantes por meio de sistemas de irrigação. A maioria das considerações são incompletas e de natureza apenas descritiva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do Experimento

Os testes de campo do presente trabalho, foram realizados em uma área de 53,76 ha, cultivada com melão (**Cucumis melo** L. hibr. Gold Mine), na fazenda São João Ltda, localizada no Km 4 da RN 15, no município de Mossoró-RN (ver figura 5).

Segundo a classificação de Koeppen, o clima de Mossoró é do tipo BSWh', isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono. Na classificação climática de Thornthwait, o clima no local do experimento enquadra-se no tipo Dd'Aa', ou seja, semi-árido, megatérmico e com pequeno ou nenhum excesso de água durante o ano (CARMO FILHO et al., 1987).

3.2. Método de Irrigação Utilizado

O método de irrigação empregado foi localizada, sendo o sistema por gotejamento. O local onde foram realizados os testes era composto por 14 unidades operacionais, constituída cada unidade, de duas subunidades de irrigação, sendo que o manejo da fertirrigação era

BIBLIOTECA "ORLANDO TAVARES"

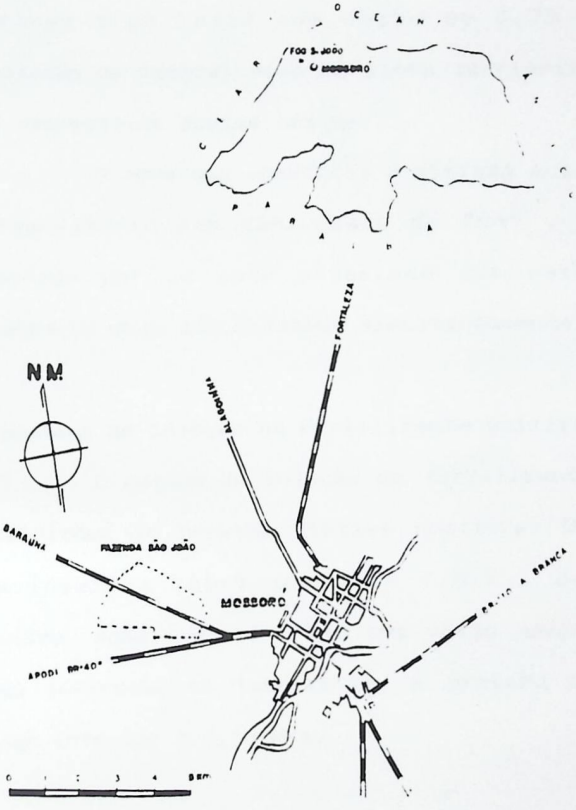


Figura 5 - Localização da Fazenda São João Ltda.

realizado por subunidade.

A subunidade de irrigação tinha uma área de 1,92 ha e era composta de 48 linhas laterais, distanciadas de 2m entre si, apresentando cada uma, 200 m de comprimento e 200 emissores tipo katif com vazão de 3,75 l/h. Tanto a alimentação da lateral como da linha terciária era realizada pelos respectivos pontos médios.

A água que abastecia o sistema era proveniente de um reservatório com capacidade de $70m^3$, sendo o mesmo alimentado por um poço artesiano com vazão de $80m^3/h$, irrigando-se duas subunidades, simultaneamente.

3.3. Sistema de Injeção de Fertilizante Utilizado

O método de injeção de fertilizantes foi operado sob condições de pressão efetiva positiva. Utilizou-se uma bomba injetora fabricada pela T.M.B., de acionamento hidráulico, modelo WP-60 1988, com vazão máxima de 250 l/h. Segundo instrução do fabricante, a pressão de serviço não pode ser inferior a 0,18 MPa.

3.4. Procedimento para a Realização dos Testes

3.4.1. Seleção da subunidade de irrigação

Foi selecionada uma subunidade de irrigação (1,92 ha), que representava as condições médias da área irrigada (ver figura 6).

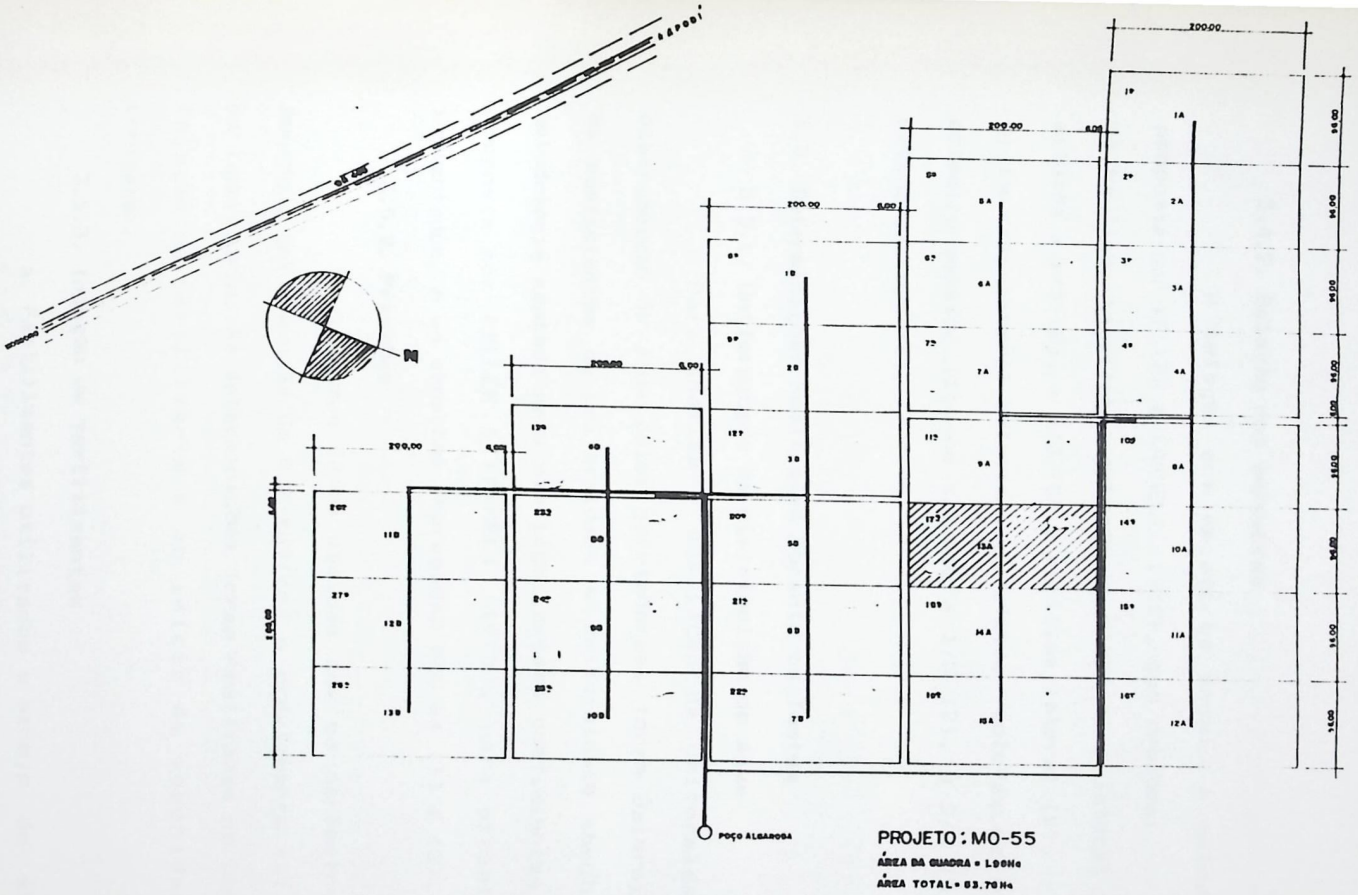


Figura 6 - Local onde foram realizados os testes de campo.

3.4.2. Seleção dos emissores

A seleção dos emissores seguiu a metodologia proposta por KELLER & KARMELI (1975), que propõem:

a) Na linha terciária, selecionar a primeira lateral (A), a situada a 1/3 (B), a 2/3 (C) e a última lateral (D).

b) Em cada lateral selecionada, efetuar coletas de água no primeiro emissor (1), no situado a 1/3 (2), a 2/3 (3) e no último emissor (4).

3.5. Determinações Realizadas Durante os Testes

3.5.1. Uniformidade de distribuição de água

Para análise e avaliação da uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores, foram determinados, os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta. A metodologia adotada para avaliação desses coeficientes foi a proposta por KELLER & KARMELI (1975), para projetos já implantados, e as equações empregadas são as (1) e (2).

3.5.2. Pressões

As pressões foram medidas com um manômetro tipo Bourdon, com precisão de 0,2 Kgf/cm^2 e previamente calibrado em laboratório. As determinações foram realizadas no ponto de injeção do fertilizante e no início da subunidade de irrigação.

3.5.3. Injeção de fertilizantes

a. Fertilizantes utilizados e manejo do sistema para as fertirrigações

As fertirrigações realizadas na Fazenda São João Ltda., no momento dos testes eram contínuas e compostas por uma mistura de vários adubos, com concentrações diferentes (QUADRO 1), sendo as aplicações diárias, parceladas em três turnos de acordo com as irrigações, obedecendo as necessidades nutricionais da cultura, que naquele período estava com aproximadamente 45 dias.

QUADRO 1 - Adubos utilizados nos testes

ADUBOS	CONCENTRAÇÃO g/100ml DE AGUA	QUANTIDADE DA SOLUÇÃO APLICADO POR TESTE(1)
Nitrato de amônia	50,00	16
Uréia	65,79	9
Cloreto de potássio	25,00	21
Sulfato de potássio	15,00	76

O controle no preparo e medição das quantidades de solução utilizado em cada fertirrigação era feita por um funcionário da fazenda.

Para todas as fertirrigações, operou-se o sistema inicialmente com água, depois de alcançar uma pressão em torno de 0,18 MPa, abria-se o registro da saída da bomba e iniciava a injeção de adubos. Completado o tempo de aplicação do adubo (fertirrigação), o registro de saída era fechado, deixando o sistema operando novamente com água para lavagem do mesmo.

b. Tempo de fertirrigação e instantes de coleta de amostras

Os tempos de fertirrigação utilizados foram 34, 40 (valor médio adotado pela empresa) e 46 minutos. Esses tempos constituíram-se nos testes 1, 2 e 3, respectivamente.

O volume médio de solução fertilizante injetado para o primeiro teste foi de 104,5 l, o segundo apresentou volume médio de 107 l e o terceiro apresentou 97,5 l. Porém, o volume preparado para todos os testes foi de 122 l.

Os instantes para coleta das amostras, foram escolhidas aleatoriamente, seguindo a metodologia proposta por ZANINE (1987), que são os seguintes: primeiro teste : 2, 4, 8, 12, 18, 26, 30, 34, 44 e 54 minutos; segundo teste: primeira repetição: 2, 4, 8, 12, 18, 26, 34, 40, 45, e 50 minutos e para a segunda repetição: 2, 4, 8, 12, 18, 26, 34, 40, 50, e 60 minutos; terceiro teste: 2, 4, 8, 12, 18, 26, 36, 46, 56, e 66 minutos, para ambas repetições.

c. Coleta das amostras

As amostras foram coletadas em 16 pontos, selecionados dentro da subunidade de irrigação, os quais também foram utilizados para medição da vazão, e um outro no local de alimentação da terciária. As mesmas foram tomadas durante todo o instante de coleta em recipiente com capacidade de 1 l, em seguida retirava-se um volume de 200 ml e acondicionava em um recipiente de vidro com esssa mesma capacidade, no qual representava a amostra média para aquele instante de coleta.

As coletas foram feitas por 16 pessoas,

indicando-se os dez instantes de amostragem com um cronômetro.

d. Determinação do potássio total

Para o estudo da distribuição de fertilizante, analisou-se o potássio contido na solução, sendo utilizado como fonte desse elemento, o cloreto e o sulfato de potássio.

d.1. Determinação da condutividade elétrica ajustada

De posse das amostras coletadas, imediatamente determinou-se a condutividade elétrica (CE), com condutivímetro da marca Corning, modelo PS-17, com precisão de ± 2% e a temperatura com termômetro de mercúrio com precisão de $1^{o}C$.

A condutividade elétrica ajustada a $25^{o}C$ foi calculada de acordo com equação (4) proposta por RICHARDS (1954) e MEDEIROS et al. (1993), definida da seguinte maneira:

$$CEa = CEt \times Ft \qquad (4)$$

Onde:

CEa = Condutividade elétrica ajustada a $25^{o}C$ (10 x uS/cm);

CEt = condutividade elétrica lida no aparelho (10 x uS/cm);

Ft = fator de correção, dado pela seguinte equação:

$$Ft = 0,831 \times e^{-0,0203 \times t} + 2,51 \times t^{-0,502} \qquad (5)$$

Onde:

t = temperatura da amostra (^{o}C).

d.2. Estimativa da concentração do potássio

Com os dados da condutividade elétrica ajustada estimou-se a concentração de potássio, através da equação ajustada em laboratório para as condições específicas do trabalho.

$$C = -171,2 + 2,601 \times CEa \qquad (6)$$

Onde:

C = Concentração do potássio (ppm).

d.3. Determinação da quantidade de potássio por intervalo de coleta

A quantidade de potássio para cada intervalo de tempo, foi determinada pela equação sugerida por ZANINE & OLITTA (1988).

$$Qap = \frac{q \times t \times C}{1000} \qquad (7)$$

Onde:

Qap = Quantidade de potássio aplicado (g);

q = vazão do gotejador no ponto considerado(l/h);

t = intervalo de tempo entre o instante considerado e o instante anterior (h);

C = concentração do potássio na amostra analisada (ppm).

d.4. Determinação do total de potássio por emissor

A quantidade de potássio total aplicado por gotejador foi determinado, através do somatório dos valores obtidos nos intervalos durante a fertirrigação.

e. Uniformidade de distribuição do adubo

Para determinação e análise da uniformidade de distribuição do fertilizante aos diversos pontos do sistema, foi utilizado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), citado por ZANINE & OLLITA (1988), conforme equação (3).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PRESSÕES:

Os valores médios das pressões, obtidos antes do injetor de fertilizantes e no início da subunidade de irrrigação, bem como os coeficientes de variação, estão apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2 - Valores de pressão média obtidos para diferentes tempos de fertirrigação e seus coeficientes de variação.

TESTES	PRESSÕES (MPa)		CV(%)	
	* P.I.F	** I.S.I.	P.I.F.	I.S.I.
1 - I	0,281	0,188	12,54	10,20
1 - II	0,289	0,226	18,44	19,42
2 - I	0,312	0,196	11,58	24,19
2 - II	0,257	0,163	27,04	37,43
3 - I	0,274	0,186	20,11	20,12
3 - II	0,252	0,195	10,12	22,66
MÉDIA	0,277	0,192	--	--
CV(%)	7,92	10,59	--	--

* P.I.F = Pressão na tubulação, no ponto onde está localizada a bomba injetora de fertilizantes.
** I.S.I = Início da subunidade de irrigação.

A pressão no ponto onde está instalada a bomba injetora, apresenta uma pressão média em torno de de 0,277,

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

pressão esta, que está dentro da faixa ideal de funcionamento da bomba injetora, que segundo o fabricante deve ser de no mínimo 0,18 Mpa.

A pressão de serviço média, entre os testes, verificada no início da subunidade de irrigação, alcançou o valor de 0,192 MPa, apresentando um coeficiente de variação de 10,59%, que, segundo GOMES (1987), é considerado médio.

Os coeficientes de variação observados para as pressões, no início da subunidade oscilaram de 10,20% a 37,43%, sendo, então, classificados por GOMES (1987) de médio a muito alto, respectivamente. Conforme os resultados, pode-se concluir que não há bom controle na pressão do sistema, a qual deveria ser constante. Para diminuir essa grande variação nas pressões, observada nos diferentes testes, seria interessante empregar reguladores de pressão em alguns pontos, na rede de distribuição de água.

4.2. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE AGUA

No Quadro 3 estão representados os coeficientes de distribuição da água e as vazões médias dos gotejadores, para os diferentes testes, além dos erros obtidos na medição das vazões.

Os erros nas medições das vazões dos emissores oscilaram entre 0,5161 e 0,5739%, com um erro médio de 0,5544%. Segundo KRAATZ & MAHAJAN (1976), são considerados aceitáveis, erros de vazão compreendidos entre 1 a 5%.

QUADRO 3 - Uniformidade de distribuição da água e valores médios na vazão dos gotejadores nos diversos testes.

TESTES	DISTRIBUIÇÃO DA AGUA(%)		VAZÃO	ERRO NA VAZÃO
	CU	CUa	(l/h)	(%)
1 - I	98,60	89,60	4,59	0,5590
1 - II	80,71	82,27	5,08	0,5161
2 - I	91,14	86,29	4,74	0,5446
2 - II	89,87	87,20	4,54	0,5663
3 - I	90,60	88,87	4,47	0,5739
3 - II	90,53	86,16	4,54	0,5667
MÉDIA	90,24	86,73	4,66	0,5544

A vazão média dos gotejadores nos testes correspondeu a 4,66 l/h, com vazões oscilando entre 4,47 e 5,08 l/h. Considerando-se a vazão nominal dos gotejadores de 3,75 l/h (fabricante), encontrou-se um aumento na vazão média destes, nos testes, de 24,27%, em relação à nominal. Segundo KELLER e KARMELI (1975) e SAN JUAN (1981), esse valor está além do admissível, pois a variação máxima na vazão dos gotejadores não deve ultrapassar 10% em relação a sua vazão nominal.

Analisando-se os dados apresentados no Quadro 3, no que diz respeito a distribuição de água, verifica-se que os valores dos coeficiente de uniformidade encontra-se entre 80,71% e 98,60%, com valor médio de 90,24%. SAN JUAN (1981) recomenda que o valor mínimo para o coeficiente de uniformidade, em projetos já instalados, deve ser maior do que 92%. Por outro lado, VERMEIREN & JOBLING (1986), consideram que os valores médios para esse coeficiente,

determinados no campo, devem estar compreendidos entre 85% e 95%.

Quanto ao coeficiente de uniformidade absoluta, este oscilou entre 82,27% e 89,60%, encontrando-se um valor médio de 86,73%. O valor mínimo recomendado por SAN JUAN (1981), para o coeficiente de uniformidade absoluta,também para projetos já instalados, é de 90%.

Apesar de que, os coeficientes de uniformidade absoluta determinados nos testes, não estejam de acordo com o exigido pela literatura, pode-se afirmar que houve uma razoável uniformidade de distribuição de água, pois os coeficientes de uniformidade foram relativamente altos, sendo considerados aceitáveis para as condições em que foi feito o trabalho.

4.3. UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ADUBOS

As quantidades de potássio, correspondentes às vazões de injeção média de 184,41 , 161,25 e 127,17 l/h, distribuídas pela bomba injetora e coletadas por cada gotejador, em cada tempo de fertirrigação, resumidas como médias de duas repetições, estão apresentadas nos Quadros 4, 5 e 6.

Analisando-se estes quadros, observa-se que o tempo de avanço foi praticamente o mesmo, ou seja, 12 minutos (4º instante de coleta), para as três vazões da bomba injetora. Isso indica que a vazão ou taxa de injeção da

QUADRO 4 - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção média de 184,41 l/h e tempo de fertirrigação de 34 minutos.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	30	34	44	54	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,0667	0,0667	0,1667	0,1667	
A1	-	-	0,0155	0,0055	0,0020	0,1245	0,0655	0,0705	0,1745	0,1590	0,6170
A2	0,0020	-	-	0,0400	0,1215	0,1375	0,0670	0,0745	0,1800	0,0265	0,6490
A3	0,0005	-	-	0,0495	0,1400	0,1640	0,0755	0,0865	0,2065	0,0280	0,7505
A4	-	0,0130	0,0100	-	0,0435	0,1660	0,0770	0,0785	0,1995	0,1520	0,7395
B1	0,0025	0,0110	0,0030	-	0,0285	0,1485	0,0072	0,0700	0,1835	0,1270	0,6460
B2	-	-	-	0,0825	0,1430	0,1800	0,0825	0,0915	0,2180	0,0045	0,8020
B3	-	-	-	0,0845	0,1330	0,1685	0,0770	0,8550	0,2070	0,0050	0,7605
B4	-	0,0025	0,0145	0,0015	0,0155	0,1745	0,0800	0,0840	0,2055	0,1790	0,7570
C1	-	0,0090	0,0105	0,0005	0,0230	0,1495	0,0725	0,0710	0,1815	0,1445	0,6620
C2	-	-	0,0015	0,0710	0,1165	0,1500	0,0725	0,0775	0,1830	0,0060	0,6780
C3	-	-	-	0,0825	0,1340	0,1665	0,0795	0,0880	0,2065	0,0005	0,7575
C4	-	0,0040	0,0120	0,0020	0,0235	0,1485	0,0705	0,0760	0,1815	0,1570	0,6750
D1	-	0,0015	0,0205	0,0055	0,0105	0,2020	0,0935	0,1025	0,2440	0,2340	0,9140
D2	0,0010	-	0,0340	0,0765	0,1320	0,1795	0,0830	0,0910	0,1245	0,0635	0,7850
D3	0,0010	-	-	0,0425	0,1195	0,1450	0,0675	0,0760	0,1835	0,0245	0,6595
D4	-	0,0110	0,0110	-	0,0395	0,1895	0,0850	0,0885	0,2120	0,1720	0,8085

bomba, não influenciou na velocidade de caminhamento da solução nutritiva. Isto é lógico, pois a velocidade da água na linha principal é quem controla o tempo para o adubo atingir a subunidade de irrigação.

Estes resultados concordam com os que foram obtidos por ZANINE (1987), que trabalhando com gotejamento, concluiu que a velocidade de avanço da solução de cloreto de potássio na linha de gotejadores, foram semelhantes para diferentes taxas de injeção do fertilizante.

QUADRO 5 - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção média de 161,25 l/h e tempo de fertirrigação de 40 minutos.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	34	40	47,5	55	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1333	0,1000	0,1250	0,1250	
A1	-	-	-	-	-	0,0830	0,1170	0,0885	0,1230	0,0980	0,5095
A2	-	-	-	0,0145	0,0515	0,1170	0,1205	0,0885	0,1160	0,0230	0,5310
A3	-	-	-	0,0160	0,0810	0,1120	0,1155	0,0865	0,1125	0,0215	0,5450
A4	-	-	-	-	0,0130	0,1160	0,1185	0,0905	0,1250	0,0840	0,5470
B1	-	-	-	-	0,0060	0,0920	0,1010	0,0765	0,1030	0,0590	0,4375
B2	-	-	-	0,0380	0,0890	0,1220	0,1245	0,0935	0,1080	0,0155	0,5905
B3	-	-	-	0,0345	0,0785	0,1060	0,1120	0,0830	0,0960	0,0150	0,5250
B4	-	-	-	-	-	0,0825	0,1080	0,0870	0,1110	0,0875	0,4760
C1	-	-	-	-	0,0060	0,1000	0,1150	0,0900	0,1205	0,0805	0,5120
C2	-	-	-	0,0325	0,0770	0,1030	0,1045	0,0785	0,0870	0,0150	0,4980
C3	-	-	-	0,0360	0,0835	0,1115	0,1175	0,0870	0,1005	0,0145	0,5465
C4	-	-	-	-	0,0035	0,0940	0,1080	0,0840	0,1130	0,0840	0,4865
D1	-	-	-	-	0,0005	0,1085	0,1325	0,1030	0,1315	0,1125	0,5885
D2	-	-	-	0,0200	0,0990	0,1330	0,1425	0,1075	0,1350	0,0265	0,6635
D3	-	-	-	0,0145	0,0750	0,1025	0,1050	0,0810	0,1020	0,0150	0,4950
D4	-	-	-	-	0,0060	0,1035	0,1085	0,0825	0,1100	0,0815	0,4920

Considerou-se tempo de avanço, o intervalo que a solução nutritiva levou para ir do injetor de fertilizantes até a subunidade de irrigação. A partir dos 26 minutos e com o transcorrer da fertirrigação, a taxa de aplicação de potássio, manteve-se praticamente constante, no decorrer do tempo e ao longo da linha de gotejadores, para diferentes taxas de injeção do fertilizante.

QUADRO 6 - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção média de 127,17 l/h e tempo de fertirrigação de 46 minutos.

	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										
	2	4	8	12	18	26	36	46	56	66	
PONTOS	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										TOTAL
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	
A1	-	-	0,0015	0,0005	-	0,0625	0,1035	0,1040	0,1090	0,0920	0,4730
A2	0,0045	-	-	0,0140	0,0510	0,0840	0,1010	0,1050	0,1055	0,0120	0,4770
A3	-	-	-	0,0160	0,0550	0,0865	0,1020	0,0965	0,1035	0,0095	0,4690
A4	-	0,0005	0,0010	-	0,0070	0,0815	0,1085	0,1030	0,1030	0,0790	0,4835
B1	-	0,0005	0,0020	-	0,0055	0,0775	0,1015	0,0965	0,0945	0,0705	0,4485
B2	-	-	0,0005	0,0325	0,0615	0,0950	0,1180	0,1175	0,1205	0,0010	0,5465
B3	-	-	0,0125	0,0330	0,0605	0,0960	0,1195	0,1120	0,1165	0,0010	0,5510
B4	-	0,0005	0,0020	-	0,0025	0,0710	0,1105	0,1050	0,1075	0,0925	0,4915
C1	-	-	0,0010	-	0,0225	0,0900	0,1205	0,1080	0,1110	0,0920	0,5450
C2	-	-	-	0,0260	0,0515	0,0790	0,0975	0,0930	0,0925	-	0,4395
C3	-	0,0005	-	0,0310	0,0580	0,0915	0,1085	0,1110	0,1090	-	0,5095
C4	-	-	0,0015	-	0,0005	0,0730	0,1045	0,0990	0,1065	0,0810	0,4661
D1	-	-	0,0020	-	-	0,0870	0,1365	0,1300	0,1250	0,1180	0,5985
D2	-	-	0,0090	0,0315	0,0695	0,1010	0,0570	0,1220	0,1260	0,0065	0,5225
D3	-	-	-	0,0160	0,0520	0,0840	0,1000	0,0985	0,1045	0,0060	0,4610
D4	-	-	0,0020	-	-	0,0745	0,0495	0,1025	0,1035	0,0760	0,4080

As figuras 7, 8 e 9 ilustram as quantidades de adubo coletadas nos diversos pontos das diferentes linhas laterais. Através deles, verifica-se que a quantidade de potássio variou na subunidade de irrigação independente da sua posição. Estando, dependente em grande parte, possivelmente, da variação de vazão dos emissores.

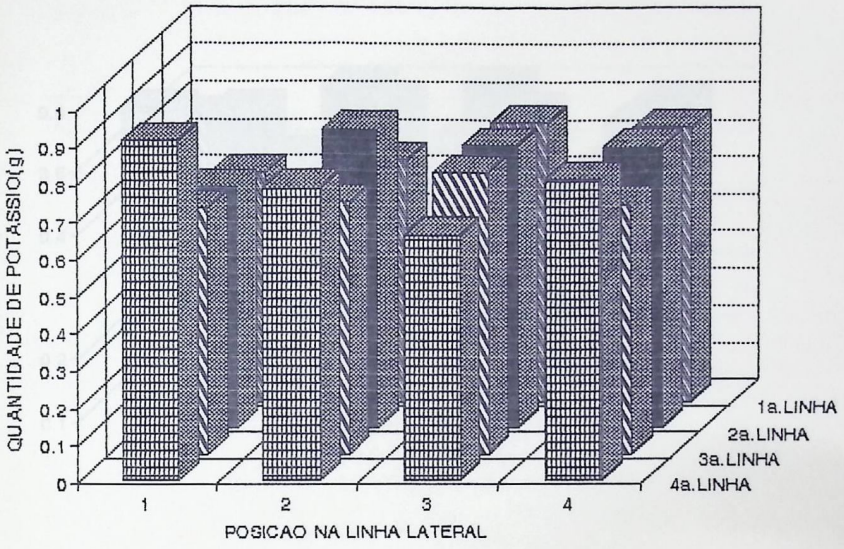


Fig. 7 - Quantidades médias aplicadas de potássio (g), para a vazão do injetor de 184,41 l/h e tempo de fertirrigação de 34 minutos.

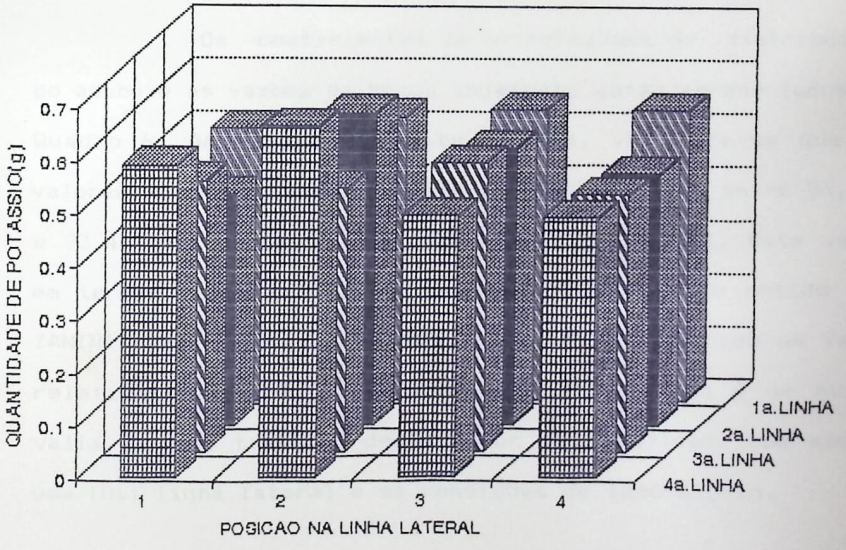


Fig. 8 - Quantidades médias aplicadas de potássio (g), para a vazão do injetor de 161,25 l/h e tempo de fertirrigação de 40 minutos.

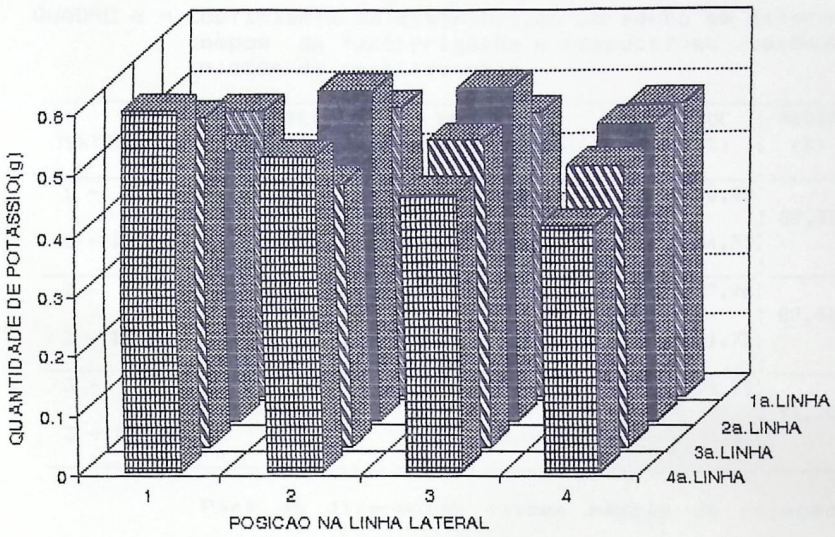


Fig. 9 - Quantidades médias aplicadas de potássio (g), para a vazão do injetor de 127,17 l/h e tempo de fertirrigação de 46 minutos.

Os coeficientes de uniformidade de distribuição do adubo e as vazões da bomba injetora, estão apresentados no Quadro 6. Analisando-se este quadro, verifica-se que os valores do coeficiente de distribuição oscilaram entre 86,35% e 93,49% apresentando, um valor médio de 90,32%. Este valor em termos médios (90%), embora esteja abaixo do obtido por ZANINI (1987), que foi de 98%, pode ser considerado um valor relativamente alto, pois essa comparação não é de muita valia, pois o trabalho deste autor foi realizado com apenas uma (01) linha lateral e em condições de laboratório.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

QUADRO 6 - Coeficiente de distribuição do adubo em diferentes tempos de fertirrigação e respectivas vazões no injetor de fertilizantes.

TESTES	TEMPO DE APLICAÇÃO DA FERTIRRIGAÇÃO(min)	VAZÃO DO INJETOR(l/h)	MÉDIA (l/h)	CUC (%)	MÉDIA (%)
1 - I	34	190,59	184,41	93,49	89,92
1 - II		178,23		86,35	
2 - I	40	157,50	161,25	87,96	89,46
2 - II		165,00		91,73	
3 - I	46	130,43	127,17	90,80	91,20
3 - II		123,91		91,61	

Para as diferentes vazões médias de injeção de fertilizantes, observa-se que os coeficientes de distribuição do adubo apresentaram valores semelhantes, demonstrando assim, que as variações na vazão do injetor nos tempos de aplicação adotados não interferiram na distribuição do adubo. Estes resultados condizem com os obtidos por ZANINE (1987).

5.CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, chegou-se às seguintes conclusões:

1 - A pressão de serviço apresentou variações muito altas, durante a realização de cada teste, indicando que não há um controle adequado em todo o sistema.

2 - A vazão média dos gotejadores foi de 4,66 l/h, ocasionando um aumento de vazão de 24,27%, em relação a sua vazão nominal.

3 - Os coeficientes de uniformidade e de uniformidade absoluta alcançaram valores médios na ordem de 90,24 e 86,73%, respectivamente, indicando que houve uma distribuição aceitável de água pelo sistema de irrigação avaliado.

4 - O tempo de avanço da solução nutritiva foi de 12 minutos, sendo que a partir dos 26 minutos, o adubo se distribuiu praticamente de maneira uniforme ao longo de todos os pontos até o final da injeção, para as três diferentes taxas de injeção de fertilizantes.

5 - O adubo foi distribuído de maneira uniforme, através do sistema de irrigação para as diferentes taxas de injeção e tempos de aplicação adotadas, alcançando um coeficiente de

distribuição médio de 90,32%.

6.RESUMO

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar o efeito de três diferentes vazões da bomba injetora na uniformidade de distribuição do adubo. Trabalhou-se com tempos de fertirrigação de 34, 40 e 46 minutos, coletando-se amostras para análise da quantidade de potássio em 10 diferentes instantes, no decorrer da fertirrigação, para cada gotejador. A uniformidade de distribuição de fertilizantes foi avaliada através do coeficiente de uniformidade de Christiansen. Estudaram-se também a pressão de serviço disponível no início da subunidade de irrigação e a distribuição de água pelos gotejadores, analisada pelos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta.

Os resultados demonstraram que a pressão de serviço média apresentou variações muito altas, durante a realização de cada teste, indicando que não houve um controle adequado em todo o sistema. O mesmo teve uma razoável uniformidade de distribuição de água, com coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta de 90,24 e 86,73%, respectivamente. As diferentes vazões da bomba injetora não interferiram na uniformidade de distribuição do potássio,

pois proporcionaram uma boa uniformidade desse fertilizante. O coeficiente de distribuição de fertilizantes alcançou um valor médio em torno de 90,32%, oscilando entre 86,35 e 93,49%.

7.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABREU, J.M.H. et al. **El riego localizado:** Curso internacional de riego localizado. Tenerife: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1989. 317p.

ALVES, D.N.B. et al. Desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 22.,Ilhéus, 1993. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. v.4. p.2587-2597.

ANDRADE, C.L. & GORNAT, B. Desenvolvimento e calibração de um tanque de fertirrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, Natal, 1991. **Anais ...** Natal: ABID, 1992. v.1. t.2. p.1051-1068.

AZEVEDO, H.M. Irrigação localizada. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.54-62, jul, 1986.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 5. ed. Viçosa: UFV, 1987. 488p.

CARMO FILHO, F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A.P. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1898 a dezembro de 1986).** Mossoró: ESAM/FGD, 1987. 325p. Colecão mossoroense. Série C, 341).

COSTA, E.F.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água te irrigação. **Informe agropecuário,** Belo Horizonte, v.12, n.139, p.63-68, julho de 1986.

COSTA, E.F.; BRITO, R.A.L. Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, 1992. **Anais...** Natal: ABID, 1992. v.1. t.3. p.1477-1494.

FARIA, M.A. **Características hidráulicas do microgotejador IRTEC e da linha lateral de irrigação.** Viçosa, MG: UFV, 1981. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - UFV, 1981.

FEITOSA FILHO, J.C. et al. Desempenho dos injetores de fertilizantes tipo venturi e tanque de derivação, na fertirrigação por microaspersão. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, Natal, 1991. **Anais...** Natal: ABID, 1992. v.1. t.3. p.1423-1441.

GOMES, F.P. **Curso de estatistica experimental.** 12.ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.

KRAATZ, D.B. & MAHAJAN, I.K. Estructuras y dispositivos para medición de água. In: ----------. **Pequenas obras hidráulicas.** Roma: FAO, 1976. v.2, p.161-268. (Estudio sobre riego y avenamiento, 26).

KELLER, J. & KARMELI, D. **Trinckle irrigation desing.** Glendora, California: Rain Bird, 1975. 133p.

MEDEIROS, J.F.; RAJ GHEYI, H.; BATISTA, M.A.F. **Procedimentos de análise de solo e água para diagnóstico de salinidade.** Mossoró: ESAM, 1993. 26p.(Coleção mossoroense, Série B, 1256).

PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; NASCIMENTO, J. Análise de coeficiente de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. **Anais...** Florianópolis: ABID, 1988. v.1. p. 309-326.

PINTO, J.M. & SOARES, J.M. Fertirrigação: a adubação via água de irrigação. **Documento,** Petrolina, n.70, p.1-16, out. 1990.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola.** São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 119p.

RICHARDS, A. (ed). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United State Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SAN JUAN, J.A.M. **Riego por goteo teoria y prática.** 2.ed. Madrid: Mundi-prensa, 1981. 216p.

SCALOPPI, E.J. Caraterísticas dos principais sistemas de irrigação. **Item**, Brasília, n.25, p.22-27. jun. 1986a.

---------- Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.54-62, jul. 1986b.

SHANI, M. **La fertilizacion combinada com el riego.** Israel: Ministério de Agricultura, 1981. 36p.

SILVA, J.S. **Variação espacial dos coeficientes de unifomidade e uniformidade absoluta, na irrigação localizada.** Mossoró: ESAM, 1993. 41p. Monografia (Graduação em Agronomia) - ESAM, 1993.

SOUSA, V.F. & AGUIAR NETTO, A.O. Avaliação da uniformidade de funcionamento em sistema de irrigação por gotejamento em área cultivada com citrus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA., 21 e SIMPOSIO DE ENGENHARIA AGRICOLA DO CONE SUL, 1, Santa Maria, 1992 **Anais...** Santa Maria: SBEA, 1992. v.2 "B", p.77-86.

SOUSA, A.P. & SOUSA, V.F. Fertirrigação: Princípio e métodos de aplicação, vantagens e limitações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 22., Ilhéus, 1993 **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993a. v.4. p.2518-2528.

---------- Fertirrigação: Tipos e seleção de produtos, aplicação e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 22., Ilhéus, 1993. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993b. v.4. p. 2529-2537.

SOUSA, V.F.; MELLO JUNIOR, A.V.; DANTAS NETO, J. Considerações sobre uso e manejo de aplicação de fertilizantes através de sistemas de irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 22., Ilhéus: SBEA, 1993. v.4 p.2539-2545.

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

VERMEIREN, L. & JOBLING, G.A. **Riego localizado.** Roma: FAO, 1986. 203p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje, 36).

ZANINI, J.R. **Hidráulica de fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora.** Piracicaba, ESALQ, 1987. 103p. Tese(Doutorado em Irrigação).

ZANINI, J.R. & OLITTA, A.F.L. Uniformidade de distribuição de fertilizantes pela linha de gotejadores. **Item,** Brasília, n.33, p.40-44. jun. 1988.

A P Ê N D I C E

QUADRO 1A - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção média de 190,59 l/h e tempo de fertirrigação de 34 min.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	30	34	44	54	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,0667	0,0667	0,1667	0,1667	
A1	-	-	0,0310	0,0110	-	0,1040	0,0660	0,0680	0,1780	0,1540	0,6120
A2	0,0040	-	-	0,0260	0,1160	0,1520	0,0760	0,0760	0,1910	0,0330	0,6740
A3	0,0010	-	-	0,0250	0,1090	0,1460	0,0700	0,0720	0,1780	0,0330	0,6350
A4	-	0,0260	0,0200	-	0,0180	0,1390	0,0700	0,0720	0,1800	0,1490	0,6740
B1	0,0050	0,0220	0,0060	-	0,0180	0,1280	0,0630	0,0670	0,1680	0,1240	0,6010
B2	-	-	-	0,0520	0,1200	0,1600	0,0790	0,0790	0,2000	0,0090	0,6990
B3	-	-	-	0,0500	0,1080	0,1440	0,0690	0,0700	0,1820	0,0100	0,6330
B4	-	0,0050	0,0290	0,0030	0,0020	0,1240	0,0680	0,0680	0,1730	0,1540	0,6260
C1	-	0,0170	0,0200	0,0010	0,0130	0,1530	0,0780	0,0790	0,1960	0,1680	0,7250
C2	-	-	0,0030	0,0500	0,1070	0,1440	0,0700	0,0700	0,1720	0,0120	0,6280
C3	-	-	-	0,0560	0,1160	0,1480	0,0780	0,0760	0,1900	0,0010	0,6650
C4	-	0,0070	0,0230	0,0040	0,0050	0,1210	0,0680	0,0700	0,1720	0,1570	0,6270
D1	-	0,0020	0,0410	0,0090	-	0,1590	0,0880	0,0890	0,2260	0,2120	0,8260
D2	0,0020	-	-	0,0340	0,1250	0,1630	0,0800	0,0770	0,2000	0,0330	0,7140
D3	0,0020	-	-	0,0280	0,1100	0,1500	0,0720	0,0730	0,1820	0,0320	0,6490
D4	-	0,0210	0,0220	-	0,0150	0,1550	0,0770	0,0790	0,1880	0,1660	0,7230

QUADRO 2A - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção de 178,23 l/h e tempo de fertirrigação de 34 min.

	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										
	2	4	8	12	18	26	30	34	44	54	
PONTOS	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										TOTAL
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,0667	0,0667	0,1667	0,1667	
A1	-	-	-	-	0,0040	0,1450	0,0650	0,0730	0,1710	0,1640	0,6220
A2	-	-	-	0,0540	0,1270	0,1230	0,0580	0,0730	0,1700	0,0200	0,6250
A3	-	-	-	0,0740	0,1710	0,1810	0,0810	0,1010	0,2350	0,0230	0,8660
A4	-	-	-	-	0,0690	0,1930	0,0840	0,0850	0,2119	0,1550	0,8050
B1	-	-	-	-	0,0390	0,1690	0,0810	0,0730	0,1990	0,1300	0,6910
B2	-	-	-	0,1130	0,1660	0,2000	0,0860	0,1040	0,2360	-	0,9050
B3	-	-	-	0,1190	0,1580	0,1930	0,0850	0,1010	0,2320	-	0,8880
B4	-	-	-	-	0,0290	0,2250	0,0920	0,1000	0,2380	0,2040	0,8880
C1	-	0,0010	0,0010	-	0,0330	0,1460	0,0670	0,0630	0,1670	0,1210	0,5990
C2	-	-	-	0,0920	0,1260	0,1560	0,0750	0,0850	0,1940	-	0,7280
C3	-	-	-	0,1090	0,1520	0,1850	0,0810	0,1000	0,2230	-	0,8510
C4	-	0,0010	0,0010	-	0,0420	0,1760	0,0730	0,0820	0,1910	0,1570	0,7230
D1	-	0,0010	-	0,0020	0,0210	0,2450	0,0990	0,1160	0,2620	0,2560	1,0020
D2	-	-	0,0680	0,1190	0,1390	0,1960	0,0860	0,1050	0,0490	0,0940	0,8560
D3	-	-	-	0,0570	0,1290	0,1400	0,0630	0,0790	0,1850	0,0170	0,6700
D4	-	0,0010	-	-	0,0640	0,2240	0,0930	0,0980	0,2360	0,1780	0,8940

QUADRO 3A - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção de 157,50 l/h e tempo de fertirrigação de 40 min.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	34	40	45	50	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1333	0,1000	0,0833	0,0833	
A1	-	-	-	-	-	0,0580	0,0950	0,0730	0,0560	0,0560	0,3380
A2	-	-	-	-	0,0050	0,0990	0,0930	0,0690	0,0590	0,0460	0,3710
A3	-	-	-	0,0050	0,0680	0,0960	0,0910	0,0680	0,0580	0,0430	0,4290
A4	-	-	-	-	0,0030	0,0950	0,1010	0,0720	0,0600	0,0580	0,3890
B1	-	-	-	-	-	0,0740	0,0880	0,0620	0,0510	0,0510	0,3260
B2	-	-	-	0,0720	0,0760	0,1060	0,0970	0,0750	0,0630	0,0310	0,4700
B3	-	-	-	0,0720	0,0690	0,0980	0,0940	0,0700	0,0600	0,0300	0,4430
B4	-	-	-	-	-	0,0640	0,0930	0,0690	0,0530	0,0560	0,3330
C1	-	-	-	-	-	0,0750	0,1020	0,0730	0,0610	0,0580	0,3690
C2	-	-	-	0,0240	0,0760	0,1020	0,0940	0,0710	0,0600	0,0300	0,4570
C3	-	-	-	0,0220	0,0730	0,0990	0,0940	0,0730	0,0610	0,0290	0,4510
C4	-	-	-	-	-	0,0760	0,0980	0,0730	0,0600	0,0600	0,3670
D1	-	-	-	-	-	0,0900	0,1300	0,1000	0,0790	0,0800	0,4790
D2	-	-	-	0,0020	0,0820	0,1160	0,1110	0,0820	0,0700	0,0530	0,5160
D3	-	-	-	0,0030	0,0650	0,0900	0,0860	0,0650	0,0570	0,0300	0,3960
D4	-	-	-	-	0,0020	0,0900	0,1000	0,0720	0,0590	0,0590	0,3820

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

QUADRO 4A - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção de 165,00 l/h e tempo de fertirrigação de 40 min.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	34	40	50	60	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1333	0,1000	0,1667	0,1667	
A1	-	-	-	-	-	0,1080	0,1390	0,1040	0,1900	0,1400	0,6810
A2	-	-	-	0,0290	0,0980	0,1350	0,1480	0,1080	0,1730	-	0,6910
A3	-	-	-	0,0270	0,0940	0,1280	0,1400	0,1050	0,1670	-	0,6610
A4	-	-	-	-	0,0230	0,1370	0,1360	0,1090	0,1900	0,1100	0,7050
B1	-	-	-	-	0,0120	0,1100	0,1140	0,0910	0,1550	0,0670	0,5490
B2	-	-	-	0,0540	0,1020	0,1380	0,1520	0,1120	0,1530	-	0,7110
B3	-	-	-	0,0470	0,0880	0,1140	0,1300	0,0960	0,1320	-	0,6070
B4	-	-	-	-	-	0,1010	0,1230	0,1050	0,1690	0,1190	0,6170
C1	-	-	-	-	0,0120	0,1250	0,1280	0,1070	0,1800	0,1030	0,6550
C2	-	-	-	0,0410	0,0780	0,1040	0,1150	0,0860	0,1150	-	0,5390
C3	-	-	-	0,0500	0,0940	0,1240	0,1330	0,1010	0,1400	-	0,6420
C4	-	-	-	-	0,0070	0,1120	0,1180	0,0950	0,1660	0,1080	0,6060
D1	-	-	-	-	0,0010	0,1270	0,1350	0,1060	0,1840	0,1450	0,6980
D2	-	-	-	0,0380	0,1160	0,1500	0,1740	0,1330	0,2000	-	0,8110
D3	-	-	-	0,0260	0,0850	0,1150	0,1240	0,0970	0,1470	-	0,5940
D4	-	-	-	-	0,0100	0,1170	0,1170	0,0930	0,1610	0,1040	0,6020

Escola Superior de Agricultura de Mossoró
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

QUADRO 5A - Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção de 130,43 l/h e tempo de fertirrigação de 46 min.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	36	46	56	66	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	
A1	-	-	-	-	-	0,0600	0,0980	0,0970	0,0990	0,0650	0,4190
A2	0,0090	-	-	0,0150	0,0460	0,0860	0,0940	0,0940	0,0880	0,0110	0,4430
A3	-	-	-	0,0170	0,0490	0,0830	0,0950	0,0940	0,0880	0,0070	0,4330
A4	-	-	-	-	0,0050	0,0850	0,1100	0,1010	0,0930	0,0750	0,4690
B1	-	-	-	-	0,0040	0,0760	0,0950	0,0930	0,0790	0,0530	0,4000
B2	-	-	-	0,0330	0,0570	0,0960	0,1130	0,1130	0,1170	-	0,5290
B3	-	-	0,0250	0,0360	0,0580	0,1010	0,1290	0,1090	0,1180	-	0,5760
B4	-	-	-	-	-	0,0710	0,1120	0,1010	0,1030	0,0830	0,4700
C1	-	-	-	-	0,0380	0,0900	0,1030	0,0840	0,0890	0,0780	0,4820
C2	-	-	-	0,0270	0,0450	0,0760	0,0910	0,0830	0,0860	-	0,4080
C3	-	-	-	0,0320	0,0480	0,0860	0,0980	0,0950	0,0920	-	0,4510
C4	-	-	-	-	-	0,0760	0,1020	0,0980	0,0950	0,0730	0,4440
D1	-	-	-	-	-	0,0790	0,1200	0,1140	0,0990	0,0960	0,5080
D2	-	-	0,0180	0,0450	0,0590	0,0980	0,1140	0,1070	0,1100	0,0070	0,5580
D3	-	-	-	0,0160	0,0450	0,0790	0,0920	0,0870	0,0880	0,0030	0,4100
D4	-	-	-	0,0010	-	0,0670	0,0990	0,0960	0,0930	0,0730	0,4290

QUADRO 6A – Quantidade média de potássio (g), entre os instantes de coleta, aplicada pela bomba injetora, para vazão de injeção de 123,91 l/h e tempo de fertirrigação de 46 min.

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DAS AMOSTRAS (min)										TOTAL
	2	4	8	12	18	26	36	46	56	66	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (h)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	
A1	-	-	0,0030	0,0010	-	0,0650	0,1090	0,1110	0,1190	0,1190	0,5270
A2	-	-	-	0,0130	0,0560	0,0820	0,1080	0,1160	0,1230	0,0130	0,5110
A3	-	-	-	0,0150	0,0610	0,0900	0,1090	0,0990	0,1190	0,0120	0,5050
A4	-	0,0010	0,0020	-	0,0090	0,0780	0,1070	0,1050	0,1130	0,0830	0,4980
B1	-	0,0010	0,0040	-	0,0070	0,0790	0,1080	0,1000	0,1100	0,0880	0,4970
B2	-	-	0,0010	0,0320	0,0660	0,0940	0,1230	0,1220	0,1240	0,0020	0,5640
B3	-	-	-	0,0300	0,0630	0,0910	0,1100	0,1150	0,1150	0,0020	0,5260
B4	-	0,0010	0,0040	-	0,0050	0,0710	0,1090	0,1090	0,1120	0,1020	0,5130
C1	-	-	0,0020	-	0,0070	0,0900	0,1380	0,1320	0,1330	0,1060	0,6080
C2	-	-	-	0,0250	0,0580	0,0820	0,1040	0,1030	0,0990	-	0,4710
C3	-	0,0010	-	0,0300	0,0680	0,0970	0,1190	0,1270	0,1260	-	0,5680
C4	-	-	0,0030	-	0,0010	0,0700	0,1070	0,1000	0,1180	0,0890	0,4880
D1	-	-	0,0040	-	-	0,0950	0,1530	0,1460	0,1510	0,1400	0,6890
D2	-	-	-	0,0180	0,0800	0,1040	-	0,1370	0,1420	0,0060	0,4870
D3	-	-	-	0,0160	0,0590	0,0890	0,1080	0,1100	0,1210	0,0090	0,5120
D4	-	-	0,0040	-	-	0,0820	-	0,1090	0,1140	0,0790	0,3880

UFERSA SIGAA - BIBLIOTECAS
SIGAA
2010075833