

634

2L

LEILSON COSTA GRANGEIRO

Escola Superior de Agricultura de Mossoró - R.G. DO NORTE - BRASIL
BIBLIOTECA "ORLANDO TEIXEIRA"

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE
DISTRIBUIÇÃO DE FERTILIZANTES,
VIA AGUA, EM IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

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

MOSSORÓ

R.G. DO NORTE - BRASIL

MARÇO - 1994

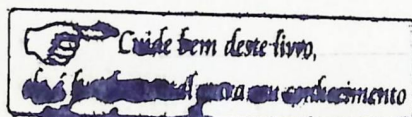
316
a
OG

PL

LEILSON COSTA GRANGEIRO

**AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE
DISTRIBUIÇÃO DE FERTILIZANTES,
VIA AGUA, EM IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO**

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira



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

MOSSORÓ

R.G. DO NORTE - BRASIL

MARÇO - 1974

11.
31.8.76
2370

ESOF UPERSA	
CAMPUS MOSSORÓ	
Patrimônio	2030074824
Registro Nº	32.781
Data:	29/09/95
Chamada Nº	631.816

BIBLIOTECA ORLANDO TEIXEIRA	
Escola Sup. de Agricultura de	
Mossoró - RN	
32.781	23/06/94

Ficha catalográfica preparada pelo setor de catalogação e classificação da Biblioteca "Orlando Teixeira" da ESAM.

Grangeiro, Leilson Costa

G757a Avaliação da uniformidade de distribuição de fertilizantes, via água, em sistema de irrigação por gotejamento / Leilson Costa Grangeiro. - Mossoró: ESAM, 1994.

50p.

1. Fertirrigação

I. Título

CDD. 631.816

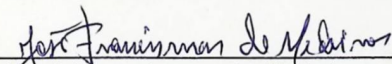
LEILSON COSTA GRANGEIRO

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE
DISTRIBUIÇÃO DE FERTILIZANTES,
VIA AGUA, EM IRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO

Orientador: Francisco das Chagas Nogueira

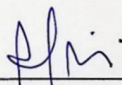
Monografia apresentada a Escola Superior de
Agricultura de Mossoró para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO EM: 04 / 03 / 1994


José Francismar de Medeiros

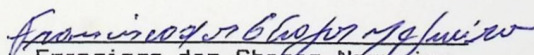
Eng. Agr. - ESAM

Membro


Antonio Hélio B. de Almeida

Eng. Agr. - Faz. São João

Membro


Francisco das Chagas Nogueira

Prof. - ESAM

Orientador

Aos

meus pais, com profunda admiração e
orgulho.

Aos

meus irmãos, pelo incentivo.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Francisco das Chagas Nogueira, pela amizade e orientação segura do presente trabalho.

Ao professor Everaldo Bernadino, pelas ilustrações.

A Maria do Socorro pela ajuda na correção deste trabalho.

A Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), pela formação profissional.

A equipe técnica administrativa da Fazenda São João, pela oportunidade da realização dos testes de campo.

Aos Engenheiros Agrônomos Jorge Moreira Maia Neto e Antonio Hélio Bezerra de Almeida, pela colaboração na realização dos testes de campo.

Ao Engenheiro Agrônomo José Francismar de Medeiros, pela colaboração e assistência oferecida.

Aos colegas Francisco das Chagas e Marcia pela ajuda oferecida durante todo o curso.

Aos colegas de turma, pela amizade e estímulo, em especial a Antonio Onildo, Lucileudo, Lucilane e Gustavo, pela ajuda na coleta dos dados de campo.

Finalmente, o meu muito obrigado a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

DADOS BIOGRAFICOS DO AUTOR

LEILSON COSTA GRANGEIRO, filho de Cicero Fontes Grangeiro e Rita Maria Costa Grangeira, nasceu em Mossoró - RN, em 31 de agosto de 1970.

Concluiu o 1º grau no Centro de Educação Integrada Professor Eliseu Viana e o 2º grau no Colégio Estadual Professor Abel Freire Coelho, em Mossoró - RN.

Ingressou na Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM, em março de 1989.

SUMARIO

	Pág.
EXTRATO.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Considerações sobre o método de irriga- ção localizada.....	04
2.2. Uniformidade de aplicação d'água.....	05
2.3. Fertirrigação.....	08
2.3.1. Fertilizantes utilizados na fer- tirrigação.....	10
2.3.2. Métodos de aplicação de fertili- zantes via água de irrigação.....	12
2.4. Uniformidade de distribuição de fer- tilizantes.....	19
2.5. Avaliação da uniformidade de aplicação de fertilizantes.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Localização do experimento.....	23
3.2. Método de irrigação utilizado.....	25

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
3.5.3. Injeção de fertilizantes.....	28
3.5.3.1. Fertilizantes utilizados e manejo do sistema para as fertirrigações.....	28
3.5.3.2. Tempo de fertirrigação e instantes de coleta de amostras.....	29
3.5.3.3. Coleta das amostras.....	29
3.5.3.4. Determinação do potássio total.....	30
3.5.3.5. Uniformidade de distribuição do fertilizante.....	32
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1. Pressões.....	33

4.2. Uniformidade de distribuição de água.....	35
4.3. Uniformidade de distribuição de adubos.....	36
5. CONCLUSÕES.....	41
6. RESUMO.....	43
7. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	44
APENDICE.....	49

EXTRATO

GRANGEIRO, L.C. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, março de 1994. Avaliação da uniformidade de distribuição de fertilizantes, via água, em sistema de irrigação por gotejamento. Professor orientador: Francisco das Chagas Nogueira. Conselheiros: José Francismar de Medeiros e Antonio Hélio Bezerra de Almeida.

A uniformidade de distribuição de fertilizantes é um aspecto técnico de grande importância, pois incide diretamente na produtividade das culturas. Determinou-se a uniformidade de distribuição de fertilizantes, em um sistema de irrigação por gotejamento, cuja avaliação foi feita através do coeficiente de uniformidade de Christiansen. A pressão média disponível no início da subunidade de irrigação, foi de 0,1794 MPa apresentando uma oscilação nos coeficientes de variação de 24,19% a 37,43% . Os coeficientes médios de uniformidade e uniformidade absoluta, na distribuição da água foram 90,50% e 86,74%, não sendo afetados pela variação de pressão. O tempo de avanço da solução do injetor de fertilizantes até a subunidade de irrigação foi de 12 minutos, sendo que a partir do 26º minuto o adubo distribuiu-se aproximadamente uniforme por todos os pontos. O coeficiente de

uniformidade de distribuição de fertilizantes foi em média de 89,85%, oscilando de 87,96% a 91,735 para o primeiro e segundo teste, respectivamente.

1 - INTRODUÇÃO

A agricultura atual requer diferentes técnicas para tornar possível maiores produções, garantindo bom rendimento por unidade de área. A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação se constitui em uma dessas técnicas que satisfazendo as exigências hídricas e nutricionais das culturas, proporciona uma elevada produtividade.

Esta prática denominada fertirrigação, é uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizantes às plantas, principalmente em regiões de clima árido e semi-árido, pois quando se aplica os fertilizantes em menor quantidade e com maior frequência, é possível manter um nível uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo vegetativo da cultura, aumentando portanto, a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas e consequentemente a sua produtividade (BERNARDO, 1987).

No Brasil, a fertirrigação é uma prática nova. Entretanto, devido as vantagens oferecidas e a necessidade de se incrementar o uso da irrigação, são grandes as perspectivas de se utilizar a água da irrigação para

aplicação de fertilizantes (SOUSA & SOUSA, 1993a).

A fertirrigação pode ser perfeitamente adaptável a diferentes sistemas de irrigação, sejam eles fixos, semi-fixos ou convencionais, sendo os sistemas de irrigação localizada, os mais adequados, pois a aplicação do fertilizante é bem mais precisa e eficiente, além de permitirem uma alta uniformidade de distribuição dos adubos (PINTO & SOARES, 1990 e SOUSA et al., 1993).

A uniformidade de distribuição de fertilizantes, é um aspecto técnico de grande importância, pois incide diretamente nas produtividades das culturas. Mesmo assim, são poucas as citações encontradas sobre este assunto, associado a sistema de irrigação. A maioria das informações são incompletas e de natureza apenas descritiva.

Dentre os fatores que pode interferir na uniformidade de distribuição de adubos, a literatura destaca os seguintes: eficiência da agitação da solução no tanque, uniformidade de aplicação de água, tempo de aplicação dos fertilizantes, obstruções dos equipamentos (filtros, emissores etc) e taxa de injeção.

A avaliação da uniformidade de distribuição de adubos é normalmente feita utilizando os mesmos índices para avaliar a distribuição de vazão, sendo o mais utilizado o índice proposto por Christiansen, denominado de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

Este trabalho tem como objetivo principal a

obtenção da uniformidade de distribuição de fertilizantes, via água, na irrigação localizada, em sistema por gotejamento.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações sobre o sistema de irrigação localizada

O sistema de irrigação localizada, caracterizado por meio da aplicação de água sobre o solo através de pontos de aplicação, permite a distribuição uniforme da água no solo, evitando a perda de água por evaporação e permitindo a aplicação de fertilizantes e pesticidas diretamente no solo, reduzindo a contaminação do ambiente. Este sistema é considerado uma das formas mais modernas e eficientes de irrigação, sendo amplamente utilizado em culturas de alto valor econômico, como a horticultura e a fruticultura. A irrigação localizada pode ser dividida em dois tipos principais: a irrigação por gotejamento e a irrigação por aspersão localizada. A irrigação por gotejamento é caracterizada pela aplicação de água diretamente no solo através de pontos de aplicação, permitindo a distribuição uniforme da água no solo. A irrigação por aspersão localizada é caracterizada pela aplicação de água sobre o solo através de pontos de aplicação, permitindo a distribuição uniforme da água no solo. A irrigação localizada é considerada uma das formas mais modernas e eficientes de irrigação, sendo amplamente utilizado em culturas de alto valor econômico, como a horticultura e a fruticultura.

Segundo a literatura, a irrigação localizada é considerada uma das formas mais modernas e eficientes de irrigação, sendo amplamente utilizado em culturas de alto valor econômico, como a horticultura e a fruticultura. A irrigação localizada pode ser dividida em dois tipos principais: a irrigação por gotejamento e a irrigação por aspersão localizada. A irrigação por gotejamento é caracterizada pela aplicação de água diretamente no solo através de pontos de aplicação, permitindo a distribuição uniforme da água no solo. A irrigação por aspersão localizada é caracterizada pela aplicação de água sobre o solo através de pontos de aplicação, permitindo a distribuição uniforme da água no solo.

Segundo a literatura, a irrigação localizada é considerada uma das formas mais modernas e eficientes de irrigação, sendo amplamente utilizado em culturas de alto valor econômico, como a horticultura e a fruticultura. A irrigação localizada pode ser dividida em dois tipos principais: a irrigação por gotejamento e a irrigação por aspersão localizada. A irrigação por gotejamento é caracterizada pela aplicação de água diretamente no solo através de pontos de aplicação, permitindo a distribuição uniforme da água no solo. A irrigação por aspersão localizada é caracterizada pela aplicação de água sobre o solo através de pontos de aplicação, permitindo a distribuição uniforme da água no solo.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações sobre o método de irrigação localizada

O método de irrigação localizada, caracteriza-se basicamente, pela aplicação de água numa fração do volume do solo explorada pelas raízes das plantas de forma pontual ou contínua, geralmente com distribuição pressurizada, através de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura (PINTO et al., 1988).

Nesse método, a água é levada da fonte até as plantas por meio de tubos, eliminando totalmente as perdas por condução e minimizando-as por evaporação, uma vez que se aplica a água somente em parte da área e sob a copa das plantas (KELLER & KARMELI, 1975).

Atualmente, a irrigação localizada se tem desenvolvido bastante, devido principalmente ao aperfeiçoamento do material utilizado e aos resultados das pesquisas realizadas (OLITTA, 1987).

Nas regiões áridas e semi-áridas, onde a água é escassa, o método de irrigação localizada tem sido bastante utilizado, por causa de sua característica de aplicação de água somente na zona radicular da cultura, o que proporciona

economia de água e energia, como também a utilização de fontes com pequenas vazões (SOUZA & AGUIAR NETO, 1992).

SOUZA et al. (1993) citam que os sistemas de irrigação localizada são os mais adequados para o uso da fertirrigação, pois a aplicação do fertilizante é bem mais precisa e eficiente, uma vez que esta é localizada junto com a água na zona de maior concentração de raízes.

A aplicação de fertilizantes através da irrigação por gotejamento é mais eficaz que em qualquer outro sistema. As práticas clássicas de adubação determinam uma eficiência de aplicação entre 20 a 30%, dado que a distribuição não é muito uniforme e a aplicação é sobre todo o terreno. Com a irrigação por gotejamento os adubos são dissolvidos na água, e a aplicação às plantas e demais parte é uniforme, sendo as quantidades de adubos empregados menores e apenas é fertilizado parte do terreno. Estima-se que na irrigação por gotejamento utiliza em torno de $1/3$ a $1/2$ das quantidades de adubos empregados nos métodos tradicionais (SAN JUAN, 1981).

2.2. Uniformidade de aplicação da água

Uma das principais qualidades da superioridade da irrigação localizada em relação aos outros métodos (aspersão e superficial), é a alta uniformidade com que a água é distribuída no solo. A uniformidade de distribuição da água é um aspecto técnico de grande importância, pois incide tanto nas produtividades das culturas irrigadas como no

aproveitamento da água de irrigação, que sendo recalçada a grandes alturas, exige consumo maior de energia e, conseqüentemente maiores custos (SOLOMON, 1978).

No método de irrigação localizada, a uniformidade de aplicação da água ao longo da linha lateral está relacionada com a variação de vazão dos emissores. Esta variação é devido às perdas de energia da água por atrito ao longo do tubo e junto às inserções dos emissores, ganhos ou perdas de energia de posição, qualidade da matéria prima e dos processos de fabricação, obstrução e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor (Howell & Hiller, citados por PINTO et al. 1988).

Para a avaliação e análise da uniformidade de aplicação da água, é necessário a obtenção do coeficiente de uniformidade (CU) e do coeficiente de uniformidade absoluta (CUa).

Na irrigação localizada, a uniformidade com que a água é aplicada ao solo pode ser estimada para duas situações distintas: durante a elaboração do projeto de irrigação, onde fornece uma antecipação completa da uniformidade da vazão do sistema de irrigação a ser utilizado. Sendo os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta determinados através de equações proposta por KELLER & KARMELI (1975).

A outra situação, é em projetos já implantados, onde se avalia a uniformidade com que a água está sendo aplicada pelos emissores, no campo. Várias são as equações

empregadas para determinação dos respectivos coeficientes, dentre elas destacam-se: Keller e Karmeli; Christiansen; Pattern-Efficiency; Merriam, Keller e Alfaro. Sendo a mais usada a de Keller e Karmeli.

As equações proposta por KELLER & KARMELI (1975), para estimar os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta para projetos já implantados são as seguintes:

a) Coeficiente de uniformidade

$$CU = (Q_{min}/Q_{med}) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

CU = Coeficiente de uniformidade (%);

Qmin = Vazão média dos 25% (1/4) menores valores de vazão coletada ($l.h^{-1}$);

Qmed = Média de todas as vazões coletadas ($l.h^{-1}$)

b) Coeficiente de uniformidade absoluta

$$CUa = (Q_{min}/Q_{med} + Q_{med}/Q_{max})100/2 \quad (2)$$

Onde:

CUa = Coeficiente de uniformidade absoluta (%);

Qmax = Vazão média dos 12,5% (1/8) maiores valores coletados ($l.h^{-1}$)

Os valores de coeficientes de uniformidade determinados em campo devem ficar entre 85 e 95% (SAN JUAN, 1981).

Os limites mínimos exigidos, têm a função de assegurar uma vazão suficiente para o desenvolvimento normal da cultura, sem promover redução significativa na

produtividade.

KELLER & KARMELI (1975) citam que não se pode considerar projetos com valores do coeficiente de uniformidade absoluta menores do que 90%.

SAN JUAN (1981) ressalta que o valor do coeficiente de uniformidade deve ficar compreendido entre 90 e 94%.

2.3. Fertirrigação

A fertirrigação consiste na aplicação simultânea de água e fertilizantes, através de um sistema de irrigação. É uma técnica relativamente antiga, que os agricultores de muitos países têm utilizado, por meio de diversos métodos de irrigação (ZANINI & OLITTA, 1987).

Essa prática que tem sido feita com muito sucesso em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, tem motivado agricultores de outras regiões para utilizar tal tecnologia, que apresenta vantagens como economia de mão-de-obra, boa uniformidade de aplicação, pouco contato do operador com os produtos e possibilidade de parcelamento de acordo com épocas críticas de necessidade da cultura, além de melhorar a eficiência de uso dos adubos, reduzindo os custos de produção (COSTA & BRITO, 1992).

Nir e Dasberg & Bresler, citados por SOUSA & SOUSA (1993a) acrescentam: com a fertirrigação é possível aplicar os fertilizantes com maior precisão, parcelar a

aplicação tanto quanto se deseja, reduzir as perdas por lixiviação e distribuir melhor os nutrientes no perfil do solo, mantendo a planta em nível ótimo de nutrição. Embora sejam diversos os aspectos favoráveis da fertirrigação, existem também algumas limitações.

Wiersma, citado por ZANINI (1987), destaca como limitações da fertirrigação: i) distribuição de fertilizantes desuniforme provocado por sistema de irrigação mal dimensionado; ii) a aplicação do fertilizante deve ser feita de acordo com a programação, mesmo não havendo necessidade de irrigação; iii) os produtos a serem aplicados devem ser solúveis em água; iv) operações inadequadas podem danificar os equipamentos.

Os métodos de irrigação mais apropriado para aplicação de fertilizante são aspersão e localizada. Isto porque os mesmos transportam a água em tubulações fechadas, assegurando uma boa distribuição e pouca perda de fertilizantes. Todavia, a fertirrigação é mais utilizada em irrigação localizada (PINTO & SOARES, 1990). Nos sistemas de irrigação por superfície, tipo inundação e sulco, a distribuição de água na superfície do solo é frequentemente irregular, o que proporciona uma distribuição de fertilizantes também irregular (SOUSA & SOUSA, 1993a).

ABREU et al. (1989), classifica a fertirrigação em fracionada e contínua.

a) **Fracionada:** seria somente uma técnica de

aplicar fertilizantes ao solo. Os elementos a usar, se calcula de forma clássica para cada época ou período vegetativo. Como não se busca uma concentração rigorosamente constante de adubos na água de irrigação, pode utilizar qualquer tipo de fertilizadores.

b) **Contínua:** se baseia em conceitos de nutrição dos vegetais. Neste caso a água de irrigação está fertilizada permanentemente, e se aplica com alta frequência.

2.3.1. Fertilizantes utilizados na fertirrigação

Existe vários fertilizantes que podem ser usados na fertirrigação. A escolha desse é função do sistema de irrigação, da cultura, do solo ou de cada caso em particular. Nesse processo, a solubilidade do produto é considerada fator de extrema importância, uma vez que fertilizantes insolúveis e pouco solúveis podem provocar obstruções no equipamento, afetando a eficiência de aplicação (SOUSA & SOUSA, 1993b).

Em sua maioria, os fertilizantes ricos em nitrogênio e potássio são solúveis em água e não apresentam nenhum problema de uso. Já os ricos em fósforo, no entanto, são mais problemáticos de serem usados, por serem em sua maioria, pouco solúveis em água. Mesmo os fertilizantes fosfatados solúveis, como o fosfato de amônio, apresentam o perigo de ser precipitado na forma de fosfato de cálcio quando o teor de cálcio na água de irrigação é elevado (BERNARDO, 1987).

COSTA et al. (1993) advertem que na escolha dos fertilizantes, deve-se considerar os seguintes aspectos: poder acidificador, pureza, poder corrosivo e solubilidade. Para SAN JUAN (1981), deve ser considerado também os riscos de salinização.

A quantidade total de fertilizantes a ser aplicado é função da necessidade da cultura, da produtividade esperada, do teor de nutrientes no solo e do histórico da área. Já o parcelamento de fertilizantes deve ser feito de acordo com a demanda de nutrientes pela planta, nos diferentes estádios do crescimento fenológico, determinado através da marcha de absorção de nutrientes da cultura (SOUSA et al., 1993).

Segundo Pizarro, citado por ALVES et al. (1993), 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.

SHANI (1981) indica que a aplicação de fertilizantes, via sistema de irrigação, envolve três etapas. Em um período inicial o sistema é operado com água para molhar a folhagem e o solo ou somente o solo. O segundo

período constitui na aplicação de fertilizante que não deverá ser menor que 30 minutos, sendo aconselhável uma a duas horas. O terceiro período deverá ser suficientemente longo para lavagem do sistema de irrigação e das plantas.

Woodward, citado por ZANINI (1987), ressalta que após o tempo de injeção do fertilizante, deve-se continuar a operação do sistema por mais 30 minutos para lavagem do injetor, tubulação e cultura.

KELLER & KARMELI (1975) indicam que a razão entre o tempo de aplicação da fertilizante e o tempo de irrigação é geralmente tomado como 0,8.

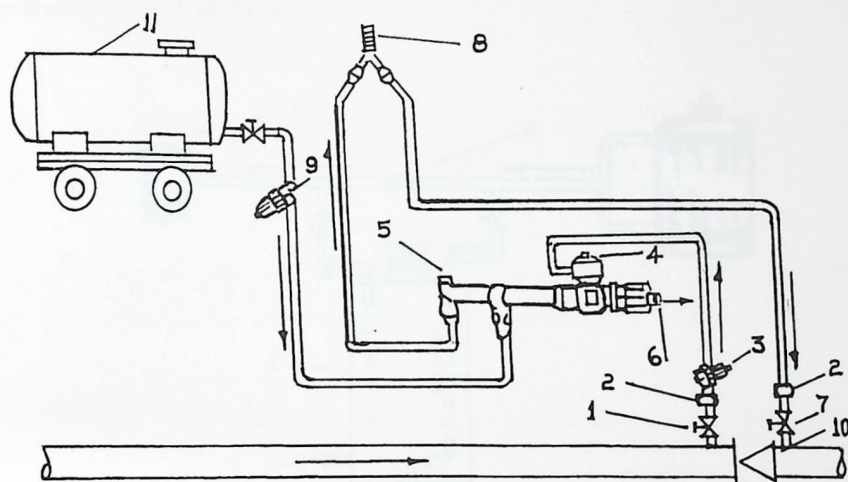
2.3.2. Métodos de aplicação de fertilizantes via água de irrigação

Os métodos de aplicação de produtos químicos através da água de irrigação foram desenvolvidos para proporcionar altas uniformidades de aplicação. Cada método apresenta aspectos favoráveis e desfavoráveis, portanto sua escolha dependerá das particularidades de cada situação (SOUSA et al., 1993).

Segundo COSTA et al. (1987), a injeção de fertilizantes, via água de irrigação, é basicamente feita através dos métodos: Gravidade, Pressão diferencial, Pressão negativa e Pressão positiva.

a) Gravidade

Este método opera em função da pressão existente na linha de irrigação, resultante do trabalho desenvolvido pelo conjunto motobomba, fazendo com que o pistão do conjunto hidráulico injete a solução de fertilizante no sistema de irrigação (Ver Figura 1).



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

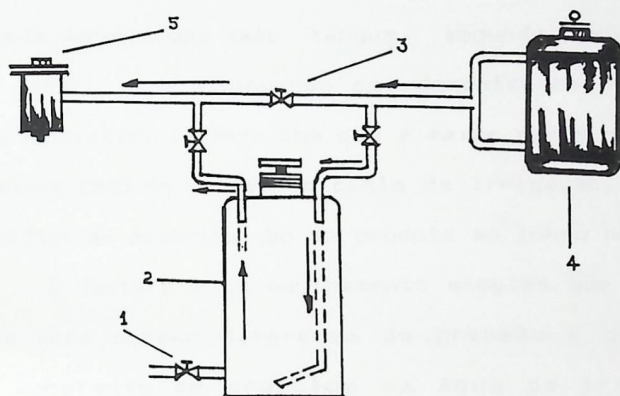
Figura 1 - Bomba dosadora de fertilizantes, com funcionamento por gravidade.

Apesar do processo de injeção 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 (SOUSA et al., 1993).

b) Pressão diferencial

Esse método funciona de acordo com a transformação de energia. A energia de pressão se transforma em energia de velocidade e esta novamente em energia de pressão (Ver Figura 2).



- 1 - Dreno
- 2 - Tanque de fertilizantes
- 3 - Registro
- 4 - Filtro de areia
- 5 - Filtro de tela

Figura 2 - Esquema de um tanque de fertilizante

São basicamente utilizados os aplicadores tipo Venturi, pitot e tanque de derivação de fluxo, sendo o último o mais usado, devido as vantagens que apresenta, tais como, e

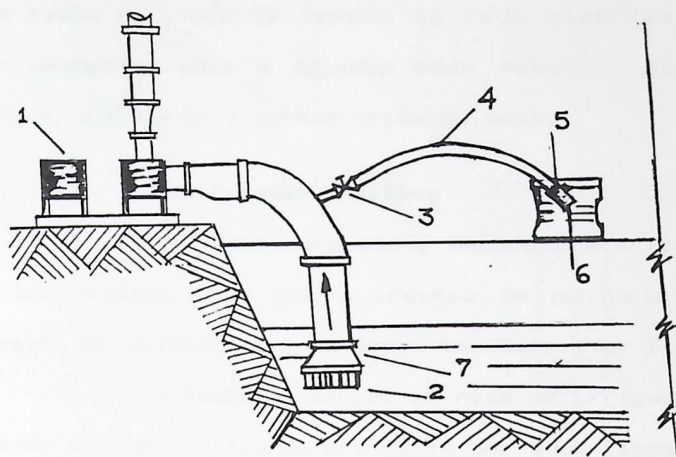
de fácil construção, instalação, operação e também de baixo custo. Este sistema opera com um tanque conectado em paralelo à tubulação de irrigação. Provocando-se uma diferença de pressão entre os pontos de entrada e saída do tanque, parte do fluxo da água de irrigação flui através do mesmo e dilui a solução de nutrientes, a qual vai sendo injetada à rede de irrigação.

Apesar dessas vantagens, um dos maiores inconveniente apresentado pelo tanque, segundo SHANI (1981) e ZANINI (1987), é a diminuição da concentração do produto durante a aplicação, fazendo com que a maior parte da solução seja injetada logo no início do ciclo da irrigação, afetando a uniformidade de distribuição do produto ao longo do tempo.

O Venturi é um equipamento simples que pode ser utilizado para causar diferença de pressão e permite a injeção constante de produtos na água de irrigação, entretanto, provoca perdas de cargas elevadas, que podem atingir $1/3$ da pressão de operação.

c) Pressão negativa

De um modo geral, as bombas centrífugas em operação geram uma pressão negativa responsável pela entrada de água na tubulação de sucção. Essa depressão pode ser utilizada para injetar solução de fertilizantes à água de irrigação (Ver Figura 3).



- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1 - Conjunto moto bomba | 5 - Depósito de fertilizante |
| 2 - Crivo | 6 - Crivo |
| 3 - Registro | 7 - Válvula de pé |
| 4 - Tubo de sucção | |

Figura 3 - Esquema de uma bomba centrífuga com sucção de fertilizante.

Nesse método, 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.

De acordo com Kennedy, citado por ZANINI (1987), este método, apesar de ser fácil e de baixo custo, pode apresentar problema quando o produto é corrosivo ou abrasivo, danificando os componentes da bomba; quando mal manejado facilita a ocorrência de cavitação e perda do escorvamento da

bomba. Um outro inconveniente, 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 d'água, provocando a contaminação do meio.

d) Pressão positiva

O funcionamento deste método preconiza a geração de uma pressão maior que a pressão do conjunto principal, através de um conjunto moto-bomba auxiliar (Ver Figura 4).

A injeção de adubos na rede de irrigação por este método pode ser feita, em princípio por dois tipos de bombas:

d.1) Bombas convencionais: São bombas desenvolvidas especialmente para este fim, geralmente, de pistão ou diafragma, que acionadas por motores elétricos, são capazes de injetar adubos ou outras substâncias. A pressão de injeção pode variar de 0,05 a 0,15 MPa.

d.2) Bombas de acionamento hidráulico: São bombas de acionamento hidráulico, que usam a própria energia da água da rede para mover seus mecanismo e injetar os fertilizantes. São do tipo peristáltico que, portanto, produzem uma dosagem a impulsos, injetando em cada movimento do pistão da bomba, um volume de solução igual a da capacidade de sua câmara receptora. A pressão máxima de trabalho dos modelos existentes no mercado, pode variar entre 0,06 a 0,10 MPa e sua capacidade máxima de injeção está entre 200 e 300 l.h⁻¹. Estas bombas operam proporcionalmente, ou seja, a quantidade de solução injetada no sistema de irrigação é diretamente

proporcional as vazões da bomba e sistema. Permitem amplo ajuste do fluxo para regulagem da taxa de injeção.

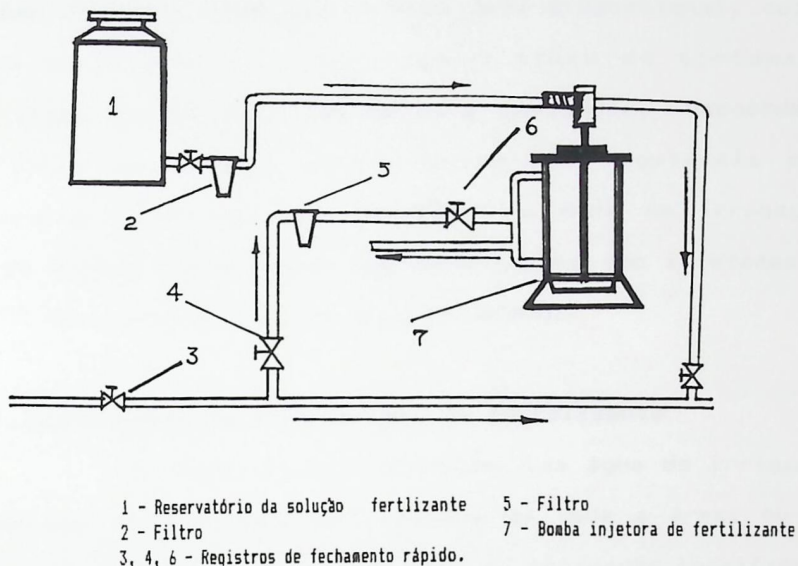


Figura 4 - Esquema de um sistema com bomba injetora.

Para FEITOSA et al. (1991), a utilização da pressão positiva, para injetar produtos químicos nos sistemas de irrigação localizada, é bem mais eficiente do que os demais métodos, principalmente por manter constante a concentração da solução injetada. A taxa de bombeamento e a concentração da solução armazenada no reservatório pode ser ajustada para atender aos níveis do produto a se injetar. Entretanto, alterações no fluxo de água, falta de energia ou deficiência mecânica podem causar mudanças na concentração original.

Discorrendo sobre fertirrigação por gotejamento, Grobbelaar & Lourens citado por ZANINI (1987) comentam que as bombas injetoras podem ser do tipo taxa proporcional, cuja a taxa de injeção se altera com o fluxo do sistema de irrigação. Outros tipos são de taxa constante, independente do fluxo do sistema, porém, podem ser reguláveis para obterem-se diferentes concentrações na rede de irrigação. Esses autores citam também que normalmente são injetados 80 l.h^{-1} de solução em sistema de gotejamento.

2.4. Uniformidade de distribuição de fertilizante

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

São poucas as citações encontradas sobre uniformidade de distribuição de fertilizantes por meio de sistema de irrigação. A maioria das considerações são incompletas e de natureza apenas descritiva.

Globbelaar & Lourens, citados por ALVES et al. (1993), indicam que para se obter em sistemas de irrigação localizada, uma melhor uniformidade de distribuição, o tempo de fertirrigação deve ser de 3 a 5 horas. Já para Rolston et

al., citados por esses autores, a uniformidade de distribuição de fertilizantes depende da eficiência da agitação da solução no tanque, da uniformidade da aplicação de água e das características do fluxo de água e solutos na tubulação de irrigação.

Outro fator que afeta a uniformidade de aplicação de fertilizantes, é a obstrução dos emissores e outros equipamentos (filtros, válvulas etc), sendo aconselhado avaliar as instalações pelo menos duas vezes por ano a fim de detectar tais problemas (SOUSA et al., 1993).

SOUSA et al. (1993) mencionam que a uniformidade de distribuição de fertilizantes é afetada pela variação da concentração da solução durante a aplicação nas linhas de plantio, principalmente quando se tem unidades operacionais e linhas laterais extensas. Essa variação ocorre com o tempo de irrigação, influenciado pelo tamanho e tipo de equipamento, produto utilizado e a taxa de aplicação. Segundo Holman, citado por esses mesmos autores, sugere que a injeção de fertilizantes seja lenta, a fim de ocorrer cobertura uniforme. A injeção muito rápida pode distribuir o produto somente numa parte da área.

Para Woodward, citado por ZANINI (1987), a maioria dos produtos devem ser injetados entre 30 e 40 minutos, devendo evitar interrupções e reinício de aplicação que podem prejudicar muito a uniformidade de distribuição da substância aplicada às plantas.

2.5. Avaliação da uniformidade de aplicação de fertilizantes

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 (SOUSA et al., 1993).

SOUSA & SOUSA (1993b) mencionam que a avaliação da uniformidade de distribuição de fertilizantes deve ser realizada em termos da distribuição da água de irrigação. Existem vários índices que determinam a uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação, dentre esses, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é um dos utilizados. Esse índice é uma medida de dispersão, definido como:

$$CUC = 100 \left[1 - \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2 / n\bar{h} \right] \quad (3)$$

Onde:

CUC = Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

h_i = Valor observado no ponto i (g);

$\bar{h}$ = Média dos valores observados (g);

n = Número de observações

ALVES et al. (1993) consideram válido a utilização do coeficiente de Christiansen para avaliar a uniformidade de distribuição de fertilizantes, uma vez que esta relaciona-se diretamente com a vazão.

Segundo trabalho realizado por ZANINI & OLITTA (1987), na determinação da uniformidade de distribuição de

potássio, em irrigação por gotejamento (em condições especiais - uma linha lateral com vinte pontos), mostrou resultados de coeficiente de Christiansen maiores ou iguais que 97%, revelando que o produto propagou-se adequadamente nas linhas de irrigação junto com a água. SOUSA et al. (1993) comentam que esses resultados tenham sido elevados devido ao pequeno comprimento da linha lateral.

ALVES et al. (1993), trabalhando com tanque de derivação e bomba injetora, obtiveram valores de coeficiente de Christiansen superiores a 98%, na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão.

FEITOSA FILHO et al. (1991), usando injetor tipo Venturi e tanque de derivação, obtiveram excelentes uniformidades de distribuição do fertilizante na água de irrigação em microaspersão, com coeficiente de uniformidade de Christiansen superiores a 96% .

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), da Fazenda São João Ltda., localizada no Km 4 da RN 15, no município de Mossoró-RN (Ver Figura 5).

Mossoró está situada na latitude 5° 11' S, longitude 37° 20' WGr e altitude de 18 m.

De acordo com a classificação de Gaussen, o bioclima da área é 4 ath tropical quente de seca acentuada, com índice xerotérmico entre 200 e 150 e 7 a 8 meses secos. 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 Thornthwaite, o clima do local experimental enquadra-se no tipo Dd'a', ou seja, semi-árido, megatérmico e com pequeno ou nenhum excesso de água durante o ano (CARMO FILHO et al., 1987).

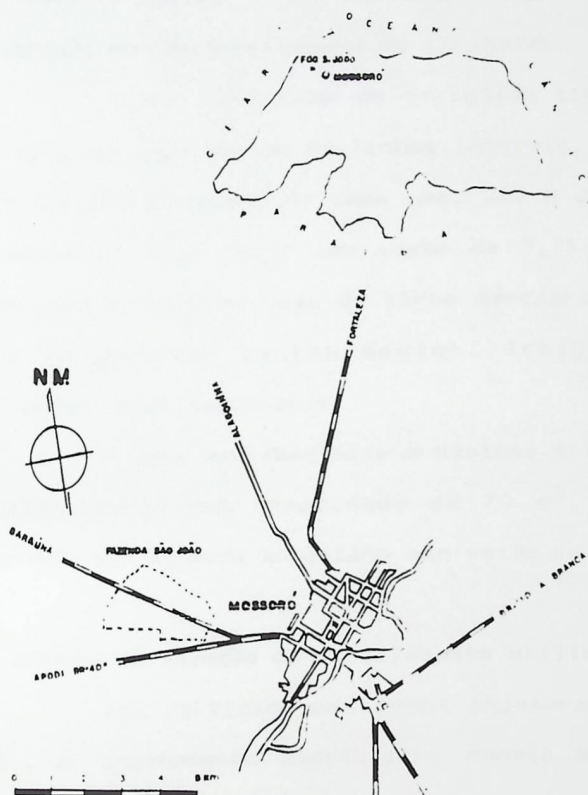


Figura 5 - Localização da Fazenda São João Ltda.

3.2. Método de irrigação utilizado

O método de irrigação utilizado foi localizada, sendo o sistema por gotejamento. O local onde foram realizados os testes, tinha uma área total irrigada de 53,76 ha, formada por 28 subunidades de irrigação.

Cada subunidade de irrigação tinha uma área de 1,92 ha e era composta de 48 linhas laterais, distanciadas de 2 m entre si, apresentando cada uma, 200 m de comprimento e 200 emissores tipo Katif com vazão de $3,75 \text{ l.h}^{-1}$. Tanto a alimentação da lateral como da linha terciária era realizada pelos respectivos pontos médios. Irrigavam-se duas subunidades simultaneamente.

A água que abastecia o sistema era proveniente de um reservatório com capacidade de 70 m^3 , sendo o mesmo alimentado por um poço artesiano com vazão de $80 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

3.3. Sistema de injeção de fertilizante utilizado

Foi utilizado uma bomba injetora fabricada pela T.M.B., de acionamento hidráulico, modelo WP-60 1988, com vazão máxima de 250 l.h^{-1} . 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 representou as condições médias da área irrigada no

momento da realização dos testes (Ver Figura 6).

3.4.2. Seleção dos emissores

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

a) Na linha terciária, selecionar a primeira lateral, a situada a 1/3, a 2/3 e a última lateral.

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

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 & KARMEI (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 $0,2 \text{ Kgf/cm}^2$ e previamente calibrado em laboratório. As determinações foram realizadas no início da subunidade de irrigação e no ponto de injeção do fertilizante.

3.5.3. Injeção de fertilizantes

3.5.3.1. Fertilizantes utilizados e manejo do sistema para as fertirrigações

As fertirrigações realizadas na Fazenda São João Ltda., no momento dos teste, eram contínuas e compostas por uma mistura de vários adubos, com concentrações variadas (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 água	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
TOTAL	-	122

O controle do preparo e medição das quantidades das soluções empregadas em cada fertirrigação ficou a cargo de um funcionário da fazenda. Observou-se que os instrumentos utilizados para este fim, não eram adequados, e a forma na qual foi conduzida, não era muito criteriosa.

Embora se tenha injetado em média 107 l de

solução, o volume preparado para cada teste foi de 122 l.

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. Decorridos 40 minutos após o início da operação (fertirrigação) o registro de saída era fechado, deixando o sistema operando novamente com água para lavagem do mesmo. Para coletar amostras nos dois últimos instantes, a irrigação foi mantida até os 50 minutos no primeiro teste e 60 no segundo teste.

3.5.3.2. Tempo de fertirrigação e instantes de coleta de amostra

O tempo de fertirrigação utilizado foi o adotado pela empresa, ou seja, 40 minutos.

Os instantes para coleta das amostras, foram escolhidos aleatoriamente, seguindo a metodologia proposta por ZANINI (1987), que são os seguintes: para o primeiro teste: 2, 4, 8, 12, 18, 26, 34, 40, 45 e 50 minutos, para o segundo teste: 2, 4, 8, 12, 18, 26, 34, 40, 50 e 60 minutos.

3.5.3.3. Coleta das amostras

As amostras foram coletadas em 16 pontos, selecionados dentro da subunidade de irrigação. As mesmas foram tomadas durante todo o instante de coleta em recipiente com capacidade de 1 l, em seguida retirava-se um volume de

aproximadamente 200 ml e acondicionava em um recipiente de vidro com essa 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 auxílio de um cronômetro.

3.5.3.4. Determinação do potássio total

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

a) 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 $\pm 2\%$ e a temperatura com termômetro de mercúrio com precisão de 1°C .

A condutividade elétrica ajustada a 25°C foi calculada de acordo com as equações (4) e (5) propostas por RICHARDS (1954) e MEDEIROS et al. (1993), respectivamente, definidas da seguinte maneira:

$$\text{CEa} = \text{CEt} \times \text{Ft} \quad (4)$$

Onde:

CEa = Condutividade elétrica ajustada a 25°C (10. $\mu\text{S}/\text{cm}$);

CEt = Leitura da condutividade elétrica no aparelho
(10.uS/cm);

Ft = Fator de correção, dado pela seguinte equação:

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

Onde:

t = temperatura da amostra (°C)

b) 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 específica do trabalho.

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

Onde:

C = Concentração do potássio (ppm)

c) Determinação da quantidade de potássio por intervalo de coleta

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

$$Qap = q \times t \times C/1000 \quad (7)$$

Onde:

Qap = Quantidade de potássio aplicado (g);

q = Vazão do gotejador no ponto considerado (l.h⁻¹);

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

C = Concentração do potássio na amostra analisada (ppm)

d) 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.

3.5.3.5. Uniformidade de distribuição do fertilizante

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 ZANINI & OLITTA (1988), conforme equação (3).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Pressões

O Quadro 2 apresenta os valores médios de pressões, determinadas no ponto de injeção de fertilizante e no início da subunidade de irrigação.

QUADRO 2 - Valores médios das pressões (MPa), determinadas nos testes.

TESTE	PRESSÕES (MPa)		CV (%)	
	P.I.F	I.S.I.	P.I.F.	I.S.I.
1	0,3122	0,1962	11,58	24,19
2	0,2575	0,1626	27,04	37,43
MÉDIA	0,2848	0,1794	-	-
Df.R.(%)	17,52	17,12	-	-

P.I.F. = Pressão determinada no ponto de injeção de adubos.

I.S.I. = Pressão determinada no início da subunidade.

As pressões no ponto de injeção de fertilizante foram de 0,2575 e 0,3122 MPa, valores estes dentro da faixa ideal para o funcionamento da bomba injetora.

A pressão média disponível no início da

subunidade de irrigação foi de 0,1794 MPa, apresentando uma oscilação no coeficiente de variação de 24,19% a 37,43%, para o primeiro e segundo teste, respectivamente, sendo considerados altos a muito altos (GOMES, 1987). Esses coeficientes altos, demonstram que no momento das irrigações as variações de pressões no sistema eram muito grande.

Essas variações são atribuídas, principalmente, a forma na qual era manejada a irrigação. Como o sistema era abastecido por um poço que apresentava uma vazão de $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, insuficiente para irrigar as duas subunidades simultaneamente, haja vista que se necessitava de uma vazão de $87,90 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Com isto, armazenava-se água em um reservatório com capacidade de 70 m^3 , o qual não era suficiente para regularizar o volume de água fornecida ao sistema, sendo obrigado em determinados momentos interromper a irrigação em uma das subunidades, ocasionando aumento de pressão na outra, onde permanecia irrigando-se.

Outro problema, era com relação a altura manométrica fornecida pelo sistema de recalque, ou seja, como a bomba trabalhava afogada, as variações no nível da água do reservatório, manifestava também variações nas pressões no sistema.

As variações de pressões no sistema ocasiona geralmente, uma má distribuição de vazão, podendo ser controlada através de reguladores de pressões.

Analisou-se também a variação de pressão entre os

testes, as médias encontradas para o início da subunidade de irrigação foram 0,1962 e 0,1626 MPa, sendo que no segundo teste as pressões foram 17,0% inferiores, em relação ao primeiro.

4.2. Uniformidade de distribuição de água

O Quadro 3 apresenta os valores dos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta, além das vazões médias e os erros nas suas medições. Observa-se que os coeficientes foram aproximados entre os testes, apresentando médias de 90,50% e 86,74%, para os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta, respectivamente. Com respeito ao erro de vazão, a média dos testes foi de 0,5554%, que segundo KRAATZ & MAHAJAN (1976), são aceitáveis de 1 a 5%.

QUADRO 3 - Valores dos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta.

TESTE	DISTRIBUIÇÃO D' ÁGUA (%)		VAZÃO MÉDIA DOS EMISSORES (l.h ⁻¹)	ERRO NA VAZÃO (%)
	CU	CUa		
1	91,14	86,29	4,74	0,5446
2	89,87	87,20	4,54	0,5663
MÉDIA	90,50	86,74	4,64	0,5554

Os resultados encontrados para os coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta estão dentro das faixas recomendadas para esse tipo de sistema de irrigação, levando em consideração as condições em que foram realizados os testes, ou seja, em projetos já instalados. Os mesmos aproximam-se dos sugeridos por KELLER & KARMEI (1975) e SAN JUAN (1981).

A variação de pressão ocorrida durante os testes e entre teste não afetou de forma considerável a uniformidade de distribuição de água, isto porque os gotejadores utilizados eram autocompensantes (a vazão se mantém constante para uma faixa longa de pressão, 0,06 - 0,35 MPa).

4.3. Uniformidade de distribuição de adubos

Os Quadros 4 e 5 mostram as quantidades de potássio aplicado por cada emissor, determinados a partir dos teores de potássio das amostras em parte por milhão (ppm), através da equação (7).

Analisando-se esses quadros, observa-se que em ambos os testes, a solução alcançou os primeiros gotejadores em um tempo de 12 minutos (49 instante de coleta), considerando-se o tempo de avanço da solução, desde o injetor de fertilizante até a subunidade de irrigação.

QUADRO 4 - Quantidade aplicada de potássio (g), para os diversos pontos (TESTE 1).

PONTOS	INSTANTE DE COLETA DE AMOSTRAS (Min.)										TOTAL (g)
	2	4	8	12	18	26	34	40	45	50	
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTES (Hora)										
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1333	0,1000	0,0833	0,0833	
1						0,0580	0,0950	0,0730	0,0560	0,0560	0,3380
2					0,0050	0,0990	0,0930	0,0690	0,0590	0,0460	0,3710
3				0,0050	0,0680	0,0960	0,0910	0,0680	0,0580	0,0430	0,4290
4					0,0030	0,0950	0,1010	0,0720	0,0600	0,0580	0,3890
5						0,0740	0,0880	0,0620	0,0510	0,0510	0,3260
6				0,0220	0,0760	0,1060	0,0970	0,0750	0,0630	0,0310	0,4700
7				0,0220	0,0690	0,0980	0,0940	0,0700	0,0600	0,0300	0,4430
8						0,0640	0,0930	0,0690	0,0530	0,0560	0,3350
9						0,0750	0,1020	0,0730	0,0610	0,0580	0,3690
10				0,0240	0,0760	0,1020	0,0940	0,0710	0,0600	0,0300	0,4570
11				0,0220	0,0730	0,0990	0,0940	0,0730	0,0610	0,0290	0,4510
12						0,0760	0,0980	0,0730	0,0600	0,0600	0,3670
13						0,0900	0,1300	0,1000	0,0790	0,0800	0,4790
14				0,0020	0,0820	0,1160	0,1110	0,0820	0,0700	0,0530	0,5160
15				0,0030	0,0650	0,0900	0,0860	0,0650	0,0570	0,0300	0,3960
16					0,0020	0,0900	0,1000	0,0720	0,0590	0,0590	0,3820

A partir do 26º minuto, verifica-se que até o final da injeção de fertilizante pela bomba (40 minutos), a quantidade de potássio manteve-se praticamente constante, no decorrer do tempo e ao longo de todos os pontos.

Essa constância na concentração da solução injetada, é uma das vantagens da aplicação de fertilizantes através da bomba injetora, segundo FEITOSA et al., (1991).

QUADRO 5 - Quantidade aplicada de potássio (g), para os diversos pontos (TESTE 2).

	INSTANTE DE COLETA DE AMOSTRA (min.)										
PONTOS	2	4	8	12	18	26	34	40	50	60	TOTAL
	INTERVALO ENTRE OS INSTANTE (Hora)										(g)
	0,0333	0,0333	0,0667	0,0667	0,1000	0,1333	0,1333	0,1000	0,1667	0,1667	
1						0,1080	0,1390	0,1040	0,1900	0,1400	0,6810
2				0,0290	0,0980	0,1350	0,1480	0,1080	0,1730		0,6910
3				0,0270	0,0940	0,1280	0,1400	0,1050	0,1670		0,6610
4					0,0230	0,1370	0,1360	0,1090	0,1900	0,1100	0,7050
5					0,0120	0,1100	0,1140	0,0910	0,1550	0,0670	0,5490
6				0,0540	0,1020	0,1380	0,1520	0,1120	0,1530		0,7110
7				0,0470	0,0880	0,1140	0,1300	0,0960	0,1320		0,6070
8						0,1010	0,1230	0,1050	0,1690	0,1190	0,6170
9					0,0120	0,1250	0,1280	0,1070	0,1800	0,1030	0,6550
10				0,0410	0,0780	0,1040	0,1150	0,0860	0,1150		0,5390
11				0,0500	0,0940	0,1240	0,1330	0,1010	0,1400		0,6420
12					0,0070	0,1120	0,1180	0,0950	0,1660	0,1080	0,6060
13					0,0010	0,1270	0,1350	0,1060	0,1840	0,1450	0,6980
14				0,0380	0,1160	0,1500	0,1740	0,1330	0,2000		0,8110
15				0,0260	0,0850	0,1150	0,1240	0,0970	0,1470		0,5940
16					0,0100	0,1170	0,1170	0,0930	0,1610	0,1040	0,6020

As quantidades totais de potássio estão sendo mostradas nas Figuras 7 e 8. Através dessas, verifica-se que a quantidade de potássio variou na subunidade de irrigação independente da sua posição. Entretanto, depende em grande parte, possivelmente, da variação de vazão dos emissores.

No Quadro 6 estão apresentados os resultados da uniformidade de aplicação de adubos, avaliado pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

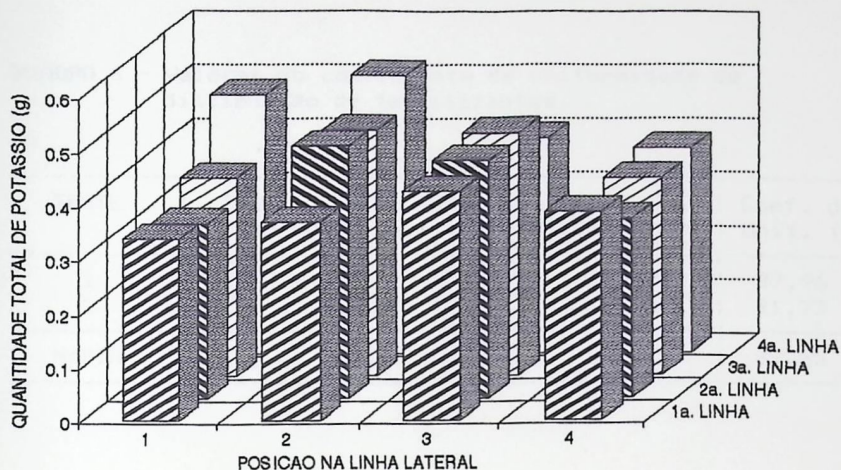


Figura 7 - Quantidade total aplicada de potássio (g), para os diversos pontos (TESTE 1).

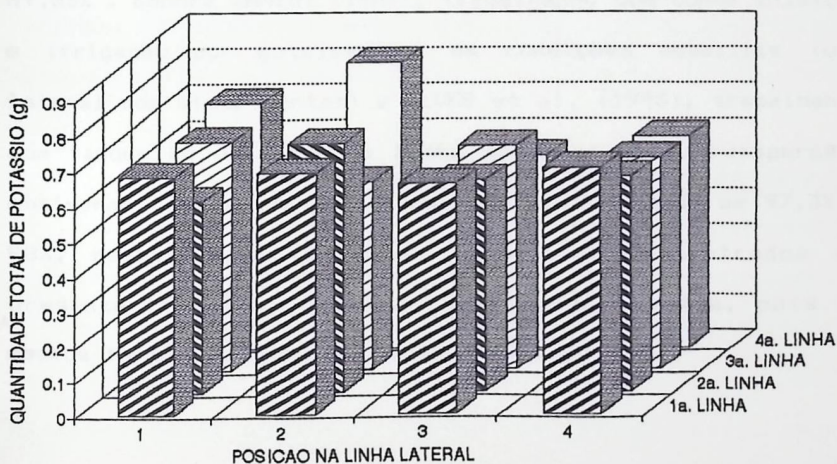


Figura 8 - Quantidade total aplicada de potássio (g), para os diversos pontos (TESTE 2).

QUADRO 6 - Valores do coeficiente de uniformidade de distribuição de fertilizantes.

TESTE	TEMPO DE APLICAÇÃO DO ADUBO (min.)	VAZÃO DO INJETOR ($l.h^{-1}$)	Coef. de Unif. (%)
1	40	157,50	87,96
2	40	165,00	91,73
MÉDIA	40	161,25	89,85

Como pode-se observar, os valores dos coeficientes de uniformidade foram de 87,96 e 91,73%, respectivamente para o primeiro e segundo teste, com média de 89,85%. Embora ZANINI (1987), trabalhando com bomba injetora e irrigação por gotejamento, em condições especiais (uma lateral com vinte pontos) e ALVES et al. (1993), trabalhando com tanque de derivação e bomba injetora em microaspersão, obtiveram valores de coeficiente de uniformidade de 97,3% e 98%, respectivamente. Esses resultados encontrados no presente trabalho, pode ser considerados altos, pois os mesmos foram determinados em condições de campo.

5 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados e discussão, foi possível chegar as seguintes conclusões:

1 - A pressão média disponível no início da subunidade de irrigação foi de 0,1794 MPa, apresentando no transcorrer dos testes uma oscilação do coeficiente de variação de 24,19% a 37,43%, indicando com isso uma grande variação nas pressões, sendo que estas foram insuficiente para afetar a uniformidade de distribuição de água e do adubo.

2 - A distribuição de vazão dos emissores, avaliados pelos coeficientes de uniformidade e uniformidade absoluta, foram em média de 90,50% e 86,74%, respectivamente.

3 - O tempo de avanço da solução do injetor de fertilizantes até a subunidade de irrigação, foi de 12 minutos, sendo que só a partir do 269 minuto, o adubo distribuiu-se aproximadamente uniforme ao longo de todos os pontos, até o final da injeção.

4 - O coeficiente de uniformidade de distribuição do adubo foi em média de 89,85%, oscilando de 87,96% a 91,73% para o primeiro e segundo teste, respectivamente, revelando

que o fertilizante aplicado à rede de irrigação propagou-se adequadamente pela mesma, através da água.

6 - RESUMO

A uniformidade de distribuição de fertilizantes é um aspecto técnico de grande importância, pois incide diretamente na produtividade das culturas. Determinou-se a uniformidade de distribuição de fertilizantes, em um sistema de irrigação por gotejamento, cuja avaliação foi feita através do coeficiente de uniformidade de Christiansen. A pressão média disponível no início da subunidade de irrigação foi de 0,1794 MPa, apresentando no transcorrer dos testes uma oscilação do coeficiente de variação de 24,19% a 37,43% . Os coeficientes médios de uniformidade e uniformidade absoluta, na distribuição da água, foram 90,50% e 86,74% respectivamente, não sendo afetados pela variação de pressão. O tempo de avanço da solução do injetor de fertilizantes até a subunidade de irrigação foi de 12 minutos, sendo que a partir do 26º minuto o adubo distribuiu-se aproximadamente uniforme por todos os pontos. O coeficiente de uniformidade de distribuição de fertilizantes foi em média de 89,85%, oscilando de 87,96% a 91,73% para o primeiro e segundo teste, respectivamente.

7 - BIBLIOGRAFIA CITADA

ABREU, D.A. et al. *El riego localizado*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 316p.

ALVES, D.N.B.; FARIA, M.A. ; SILVA, A.M. Desempenho da bomba injetora e do tanque de derivação de fluxo na aplicação de cloreto de potássio em microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., Ilhéus, 1993. *Anais...* Ilhéus: SBEA, 1993. p. 2587 - 97.

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 5.ed. Viçosa: UFV, 1987. 596p.

CARMO FILHO, F. & OLIVEIRA, O.F. *Mossoró - Um município do semi-árido - características climáticas e aspectos florestais*. Mossoró: ESAM, 1989. 62 p. (Coleção mossoroense, série B, 672).

COSTA, E.F. ; FRANÇA, G.E. ; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p. 63 - 8, jul., 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. p. 1477 - 94.

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, 1992. **Anais...** Natal: ABID, 1992. p. 1423 - 41.

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

KRAATZ, D.B. & MAHAJAN, I.K. Estructuras y dispositivos para medición de agua. 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, Califórnia: Rain Bird, 1975. 133 p.

MEDEIROS, J.F. ; RAJ GHEYI, H. ; BATISTA, M.A.F.

Procedimentos de análise de solo e água para diagnóstico de salinidade. Mossoró:ESAM, 1993. 26 p. (Coleção mossoroense, Série B, 1256).

OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo: Nobel, 1977. 267 p.

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., Florionópolis, 1988. Anais... Florionópolis: ABID, 1988. v.1. p. 309 - 26.

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

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

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

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

SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of uniformity. In: Agricultural Irrigation Analistic, Rain Bird Technical Services, Logan, Utah. América Society of Agricultural Engineers, 1978. 10 p.

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, 1993. p.2518 - 28.

SOUSA, V.F. & SOUSA, A.P. Fertirrigação: tipos e seleção de produtos, aplicação e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 22., Ilhéus, 1993 *Anais...* Ilhéus: SBEA, 1993. p. 2529 - 37.

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 AGRÍCOLA, 22.,
Ilhéus, 1993. Anais..... Ilhéus: SBEA, 1993.
p. 2539 - 45.

ZANINI, J.R. Hidráulica de fertirrigação por gotejamento
utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora.
Piracicaba, ESALQ, 1987. 103 p. dissertação (Doutorado em
Agronomia: Solos e Nutrição de planta).

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.

APENDICE

QUADRO 1A - Valores das pressões (MPa), determinadas nos testes.

PRESSÕES (MPa)				
TESTE 1	ANTES	TESTE 2	I.S.I.	
			TESTE 1	TESTE 2
0,3232	:	0,1818	:	0,1111
0,3232	:	0,1919	:	0,1111
0,3232	:	0,1919	:	0,1111
0,3232	:	0,1919	:	0,1111
0,3232	:	0,1919	:	0,1111
0,3232	:	0,2323	:	0,1616
0,3333	:	0,2626	:	0,1818
0,3333	:	0,2727	:	0,2222
0,3333	:	0,3434	:	0,2525
0,2020	:	0,3434	:	0,2525
0,3030	:	0,3434	:	0,2525
0,3030	:	0,3434	:	0,2525

QUADRO 2A - Valores das vazões ($l.h^{-1}$), determinadas nos testes.

PONTOS	VAZÕES ($l.h^{-1}$)	
	TESTE 1	TESTE 2
01	4,50	4,56
02	4,57	4,50
03	4,50	4,44
04	4,62	4,68
05	4,08	4,08
06	4,92	4,86
07	4,62	4,20
08	4,32	4,44
09	4,74	4,86
10	4,80	3,84
11	4,74	4,56
12	4,74	4,44
13	6,30	4,92
14	5,34	5,82
15	4,38	4,20
16	4,62	4,26

UFERSA SIGAA - BIBLIOTECAS



SIGAA

2010074824