

**UNIFORMIDADE DA FERTIRRIGAÇÃO EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
POR GOTEJAMENTO**

MARIA IZALI MAGALHÃES

012

C 342793

BCT/UFCA CATIVO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO
REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

T
631.587
M167u
1996
ex. 1

FORTALEZA - 1996

UFCA/BU/BCT 15/05/1997



R665754 Uniformidade da fertirrigação em
C342793 um sis
T631.587 M167u

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M167u Magalhães, Maria Izali.
Uniformidade da fertirrigação em um sistema de irrigação por gotejamento. / Maria Izali Magalhães. – 1996.
63 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 1996.

Orientação: Prof. Dr. Fernando F. Ferreyra Hernández.

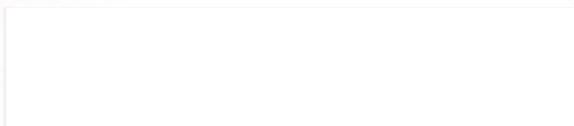
Coorientação: Prof. Me. Adunias dos Santos Teixeira.

1. Engenharia agrícola. I. Título.

CDD 630

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

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



DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30.08.96

Prof. Fernando V. Ferreyra Hernández, Dr.
Orientador da Dissertação

Prof. Adunias dos Santos Teixeira, M.S
Co - orientador da Dissertação

Prof. Francisco de Souza Ph.D
Conselheiro

AGRADECIMENTOS

A Comissão de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação da Companhia Saneamento de São Paulo, pela oportunidade oferecida e concessão de recursos financeiros para a realização do Projeto de Pesquisa.

À Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo empréstimo de material.

À Comissão Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela contribuição financeira durante a realização do Projeto de Pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro no desenvolvimento do Projeto de Pesquisa.

Às autoridades dos Santos Tensões, pelas facilidades oferecidas para a realização do trabalho.

Às Drs. Fernando F. Lacerda e Roberto de Paula, por terem cedido o laboratório de análise.

Às Drs. Paulo de Castro e Sérgio de Oliveira, Sr. Wagner Jacó e Sr. José Carlos, pelas análises de água e solo, e Sr. José Carlos, pela análise do referido material.

Às Drs. Fátima de Almeida e Sr. José Carlos, pela análise de água e solo, e Sr. José Carlos, pela análise do referido material.

Às Drs. Fátima de Almeida e Sr. José Carlos, pela análise de água e solo, e Sr. José Carlos, pela análise do referido material.

Às Drs. Fátima de Almeida e Sr. José Carlos, pela análise de água e solo, e Sr. José Carlos, pela análise do referido material.

A meus pais, JONAS ROBERTO
e MARIA IZABEL

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe (COHIDRO) pela oportunidade oferecida e concessão de recursos financeiros, para realização deste curso.

À Universidade Federal do Ceará, através do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo apoio moral e material.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela contribuição financeira durante a realização do Curso.

À Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa (FUNCAP), pela colaboração financeira no desenvolvimento do Projeto de Pesquisa

Ao Prof. Adunias dos Santos Teixeira, pela participação e orientação em todas as etapas do trabalho.

Ao Prof. Fernando F. Ferreyra Hernández, pelas orientações seguras, oportunas e de forma dedicada;

À Frutos do Ceará S/A (FRUCESA), na pessoa do Sr. Wagner Jucá que nos cedeu a instalação de seu sistema de irrigação para realização do referido trabalho.

A todos os professores do Curso de Mestrado e do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos Adolfo Freud, Mauro César, René Chipana e Luciano Saboya, por suas valiosas contribuições no decorrer dos trabalhos.

Aos colegas de turma, pelo tempo de convivência, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

INDICE

1. INTRODUÇÃO	.....
2. OBJETIVOS	.....
3. REVISÃO DE LITERATURA	.....
4. METODOLOGIA	.....
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	.....
6. CONCLUSÃO	.....
7. REFERÊNCIAS	.....
8. ANEXOS	.....
9. GLOSSÁRIO	.....
10. APÊNDICES	.....
11. BIBLIOGRAFIA	.....
12. RESUMO	.....
13. ABSTRACT	.....
14. RESUMEN	.....
15. RESUME	.....
16. RESUMÉ	.....
17. RESUMÈ	.....
18. RESUMÉ	.....
19. RESUMÈ	.....
20. RESUMÉ	.....
21. RESUMÈ	.....
22. RESUMÉ	.....
23. RESUMÈ	.....
24. RESUMÉ	.....
25. RESUMÈ	.....
26. RESUMÉ	.....
27. RESUMÈ	.....
28. RESUMÉ	.....
29. RESUMÈ	.....
30. RESUMÉ	.....
31. RESUMÈ	.....
32. RESUMÉ	.....
33. RESUMÈ	.....
34. RESUMÉ	.....
35. RESUMÈ	.....
36. RESUMÉ	.....
37. RESUMÈ	.....
38. RESUMÉ	.....
39. RESUMÈ	.....
40. RESUMÉ	.....
41. RESUMÈ	.....
42. RESUMÉ	.....
43. RESUMÈ	.....
44. RESUMÉ	.....
45. RESUMÈ	.....
46. RESUMÉ	.....
47. RESUMÈ	.....
48. RESUMÉ	.....
49. RESUMÈ	.....
50. RESUMÉ	.....
51. RESUMÈ	.....
52. RESUMÉ	.....
53. RESUMÈ	.....
54. RESUMÉ	.....
55. RESUMÈ	.....
56. RESUMÉ	.....
57. RESUMÈ	.....
58. RESUMÉ	.....
59. RESUMÈ	.....
60. RESUMÉ	.....
61. RESUMÈ	.....
62. RESUMÉ	.....
63. RESUMÈ	.....
64. RESUMÉ	.....
65. RESUMÈ	.....
66. RESUMÉ	.....
67. RESUMÈ	.....
68. RESUMÉ	.....
69. RESUMÈ	.....
70. RESUMÉ	.....
71. RESUMÈ	.....
72. RESUMÉ	.....
73. RESUMÈ	.....
74. RESUMÉ	.....
75. RESUMÈ	.....
76. RESUMÉ	.....
77. RESUMÈ	.....
78. RESUMÉ	.....
79. RESUMÈ	.....
80. RESUMÉ	.....
81. RESUMÈ	.....
82. RESUMÉ	.....
83. RESUMÈ	.....
84. RESUMÉ	.....
85. RESUMÈ	.....
86. RESUMÉ	.....
87. RESUMÈ	.....
88. RESUMÉ	.....
89. RESUMÈ	.....
90. RESUMÉ	.....
91. RESUMÈ	.....
92. RESUMÉ	.....
93. RESUMÈ	.....
94. RESUMÉ	.....
95. RESUMÈ	.....
96. RESUMÉ	.....
97. RESUMÈ	.....
98. RESUMÉ	.....
99. RESUMÈ	.....
100. RESUMÉ	.....

QUEM SABE FAZ A HORA,
NÃO ESPERA ACONTECER.

“Geraldo Vandré”

ÍNDICE

RESUMO	X
ABSTRACT	XII
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Considerações gerais	3
2.2 - Injeção de fertilizante	5
2.3 - Uniformidade de distribuição do fertilizante	6
2.4 - Interação fertilizante x equipamento de irrigação	9
2.5 - Distribuição do fertilizante no solo	13
3 - METODOLOGIA	18
3.1 - Generalidades	18
3.2- Caracterização físico-hídrica do solo	20
3.3 - Coeficiente de uniformidade	21
3.4 - Distribuição dos fertilizantes na linha de gotejadores	22
3.5 - Distribuição dos fertilizantes aplicados no solo	23

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 - Coeficiente de uniformidade	25
4.2 - Distribuição dos fertilizantes na linha de gotejadores	26
4.3 - Distribuição dos fertilizantes na linha de derivação	45
4.4 - Distribuição dos nutrientes aplicados no solo	48
4.4.1- Distribuição da umidade no perfil do solo	48
4.4.2- Distribuição do fósforo aplicado no solo	50
4.4.3- Distribuição do potássio aplicado no solo	54
5 - CONCLUSÕES	58
6 - RECOMENDAÇÕES	60
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Caracterização físico-química dos fertilizantes, segundo o fabricante e o Laboratório de Solos da Universidade Federal do Ceará	19
2	Resultado da análise física do solo	20
3	Vazões média dos gotejadores dentro da parcela experimental	25
4	CE, pH, e concentrações de P e K em quatro emissores da linha B, para diversos tempos, com vazão de derivação de 0,43 l/s	28
5	Quantidades de P e K aplicados ao longo da linha de gotejadores, com vazão de derivação de 0,43 l/s, considerando-se a vazão média dos emissores.....	34
6	Quantidades de P e K aplicados ao longo da linha de gotejadores, com vazão de derivação de 0,43 l/s, considerando-se a vazão individual dos emissores ..	38
7	CE e pH em quatro emissores da linha B, para diversas vazões de derivação.	43
8	CE, pH e teores de P e K nos primeiros emissores de quatro linhas de distribuição para diversos tempos, com vazão de derivação de 0,761 l/s	46
9	Quantidades de P e K nos primeiros emissores de quatro linhas de distribuição para diversos tempos, com vazão de derivação de 0,761 l/s	47
10	Distribuição da umidade dentro do bulbo úmido, em percentagem de peso seco	48
11	Distribuição do P ($\mu\text{g/ml}$) disponível no solo, aplicado via fertirrigação	51
12	Distribuição do K($\mu\text{g/ml}$) disponível no solo, aplicado via fertirrigação	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Efeito da fertirrigação na CE da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha.....	29
2	Efeito da fertirrigação no pH da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha.....	30
3	Efeito da fertirrigação na [P] da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha.....	31
4	Efeito da fertirrigação na [K] da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha.....	32
5	Variação da quantidade de P aplicado nos emissores, ao longo da linha lateral, no período de 90 minutos	35
6	Variação da quantidade de P aplicado nos emissores, ao longo da linha lateral, no período de 90 minutos	36
7	Relação entre a CE, pH, [P] e [K] da água de irrigação, em função do tempo, para o primeiro gotejador da linha	40
8	Relação entre a CE, pH, [P] e [K] da água de irrigação, em função do tempo, para o último gotejador da linha	41
9	Relação entre a CE da água de irrigação e a vazão de derivação do tanque, em função do tempo	44
10	Perfil de umidade (bulbo úmido) com base no peso seco	49
11	Distribuição dos teores de P ($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, antes da fertirrigação	52
12	Distribuição dos teores de P ($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, após sete fertirrigações	53
13	Distribuição dos teores de K ($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, antes da fertirrigação	56
14	Distribuição dos teores de K ($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, após sete fertirrigações	57

UNIFORMIDADE DA FERTIRRIGAÇÃO EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Autora: Maria Izali Magalhães
Orientador: Fernando F. Ferreira Hernandes
Co-orientador: Adunias dos Santos Teixeira

RESUMO

Foi realizado um experimento com o objetivo de estudar, em condições de campo, a uniformidade de distribuição dos nutrientes, fósforo (P) e potássio (K) ao longo da linha de derivação e de uma linha de distribuição, bem como a mobilidade dos respectivos nutrientes dentro do bulbo úmido do solo. Para tanto, utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento com tanque de derivação de fluxo.

Para avaliação da uniformidade de distribuição do fertilizante dentro da parcela, foram coletadas amostras da solução nos primeiros gotejadores de quatro linhas de distribuição situadas a 0 m, 40 m, 80 m e 120 m do início da parcela. Para avaliar a distribuição ao longo de uma linha de distribuição, foram selecionados os gotejadores situados na posição inicial, a 1/3 e 2/3 da linha e na posição final. A coleta das amostras iniciou-se concomitantemente com a abertura do registro do tanque de derivação e findou após 90 minutos. A partir da chegada da solução ao emissor (24 minutos), determinada através do monitoramento da variação da condutividade elétrica da água emitida pelos emissores, utilizando-se um eletrocondutímetro portátil previamente

calibrado, foram coletadas amostras em intervalos regulares de 1,0 minuto na linha teste e de 5,0 minutos nos primeiros gotejadores das quatro linhas previamente selecionadas.

Os parâmetros físico-químicos estudados para avaliação da uniformidade, foram a condutividade elétrica (CE), o pH e as concentrações de P e K. Para tanto foram utilizados, respectivamente, o eletrocondutivímetro, o reagômetro, o fotolorímetro e o fotômetro de chama.

As análises dos resultados, em relação a uniformidade de distribuição dos fertilizantes, revelaram que na linha de gotejadores, com vazão constante e um tempo de fertirrigação de 66 minutos, a redução na quantidade de nutrientes aplicado, em relação ao primeiro emissor, foi de 2,4%, 4,2% e 8,1% para o P e 2,6%, 3,1% e 3,6% para o K, nos gotejadores de número 2, 3 e 4, respectivamente, verificando-se uma tendência à uniformização, com o decorrer do tempo.

Pela análise da variação das quantidades de nutrientes aplicados, considerando-se o sistema com e sem variação na uniformidade de aplicação, verifica-se que a uniformidade de aplicação de água é uma variável determinante na variação da uniformidade de distribuição de nutrientes na linha.

Analisando-se a elevada sensibilidade na variação da CE, em relação aos teores de nutrientes, verifica-se que a mesma pode ser usada como parâmetro para avaliar a distribuição de nutrientes ao longo da linha de emissores.

Com relação à distribuição dos fertilizantes no solo, os dados mostraram que o P e o K deslocaram-se, tanto horizontal quanto verticalmente, sendo que o deslocamento do fósforo limitou-se a um raio de 15 cm, enquanto que o do potássio ultrapassou os 40 cm do solo estudado, tanto horizontal quanto verticalmente.

UNIFORMITY OF DISTRIBUTION OF FERTILIZERS APPLIED VIA FERTIRIGATION, IN A DRIP IRRIGATION SYSTEM

Author: Maria Izali Magalhães

Adviser: Fernando F. Ferreira Hernandes

Co-adviser: Adunias dos Santos Teixeira

ABSTRACT

This research was developed with the objective of evaluating the Phosphorus (P) and Potassium (K) distribution by a drip irrigation system, and their movement into the soil profile limited by the wet zone.

In the study of the fertilizer distribution uniformity in the manifold line, it was chosen the first emitter of the two extreme lines, and the first emitter of the two intermediate lines, and to study the fertilizer distribution by the lateral line, were chosen the two extreme and the two intermediate drippers from the lateral line with best uniformity.

The water sampling started as the fertilizer was introduced into the system and lasted 90 min. The time that the solution reached the emitters was found through a portables Electric Conductivity gauge. Than, the samples were collected minute-by-minute in the lateral line, and in five-minute interval in the manifold line.

The chemical parameters used in the evaluation of the fertilizer distribution, were the Electrical Conductivity (EC), pH, P and K rate.

Analyzing the fertilizer distribution through the drip line, admitting constant flow rate of the emitters, it was found that the differences in the amount of fertilizer applied were 2,4%; 4,2%; and 8,1% for P and 2,6%; 3,1% and 3,6% for K, respectively in the 2^o, 3^o and 4^o emitter in the line, in relation to the first emitter, what indicate a little decrease in the nutrient applied from the beginning to the end of the line, specially considering Phosphorus. In addition, analyzing the distribution of fertilizers applied by a system working at two different uniformity of water application(100% e 96,4%), it was found that the uniformity of distribution of fertilizer is largely affected the distribution of water.

It was also found that the Electrical Conductivity of the irrigation water is a useful parameter in the evaluation of the fertilizer distribution.

The Results of the fertilizer distribution into the soil profile show that the Phosphorus applied reached a radius of 15 cm, and the Potassium reached a radius larger than 40 cm.

1 - INTRODUÇÃO

A prática denominada fertirrigação constitui-se numa técnica de aplicação simultânea de fertilizante e água ao campo cultivado, através de um sistema de irrigação. É uma prática agrícola importante ao manejo de culturas irrigadas, sendo um dos meios mais eficientes e econômicas de aplicação de fertilizantes às plantas. A aplicação de fertilizantes, em pequenas quantidades por vez, com elevada frequência, resulta em elevado nível de uniformidade de nutrientes no solo durante o ciclo vegetativo da cultura, aumentando a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, a sua produtividade.

Em muitos países, devido ao avanço na tecnologia de sistemas de irrigação e de fertilizantes líquidos, a fertirrigação é uma prática rotineira. No Brasil, as áreas com sistema de irrigação localizada, que usam a técnica da fertirrigação, têm se expandido nos últimos anos. Tais sistemas possuem grandes possibilidades de difusão, principalmente em culturas de alto valor comercial desenvolvidas em solos pobres de regiões áridas que, em consequência disso, necessitam de um controle rigoroso da aplicação de água e de nutrientes às plantas.

No estado do Ceará, alguns produtores, ainda de forma empírica, vêm utilizando a fertirrigação em fruteiras irrigadas por gotejamento e microaspersão, o que tem resultado na melhoria da qualidade dos frutos, produtividade, redução de custos e conseqüente elevação do retorno financeiro líquido.

A reduzida difusão da fertirrigação no Brasil, resulta em geral, do pouco conhecimento técnico sobre o assunto, incluindo informações relacionadas à operação do sistema de irrigação e às interações solo-água-planta-fertilizante.

Com este trabalho, portanto, busca-se atingir os seguintes objetivos:

1. - Objetivo - Estudar a uniformidade de distribuição dos nutrientes fósforo (P) e potássio (K) em um sistema de irrigação por gotejamento;

2. - Estudar a distribuição desses nutrientes no perfil do solo, na área abrangida pelo bulbo úmido.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Considerações gerais

Na fertirrigação, os fertilizantes são aplicados de forma fracionada durante todo o período de crescimento das plantas, buscando eliminar problemas de deficiência ou toxidez de nutrientes. A aplicação deve ser fracionada devido ao pequeno volume de solo explorado pelas raízes, evitando-se com isto a lavagem dos fertilizantes, mantendo-os em nível ideal no solo e permitindo um melhor aproveitamento do adubo que, dissolvido na água, será facilmente absorvido pelas plantas.

Para BERNARDO (1989) e PINTO (1994), quando se cultiva em regiões de clima árido e semi-árido, a fertirrigação é uma das maneiras mais eficientes e econômicas de se aplicar fertilizantes às plantas, pois a aplicação de fertilizante em pequenas doses e com maior frequência, torna possível manter um nível uniforme de nutrientes no solo durante todo o ciclo da cultura, aumentando a eficiência de uso dos nutrientes pelas plantas.

THREADGILL *et al.* (1992), concordam que em climas áridos, onde o desenvolvimento das raízes é limitado pela zona molhada, a distribuição de fertilizantes, nematicidas, inseticidas sistêmicos e alguns herbicidas, via água de irrigação, melhora sua eficiência de utilização, uma vez que estes são colocados no local desejado; porém em climas úmidos, onde as raízes das culturas se estendam além

da zona molhada pela irrigação, a distribuição de substâncias químicas através do sistema de irrigação não cobre toda a zona radicular, reduzido o benefício potencial desta tecnologia.

Para BAR-IOSEF (1991), a aplicação de nutrientes através do sistema de irrigação por gotejamento, além da redução de energia e mão-de-obra, apresenta vantagens como a precisão e distribuição uniforme na aplicação do produto; a aplicação restrita à área umedecida, onde as raízes ativas estão concentradas; a possibilidade de aplicar quantidades e concentrações de nutrientes específicos, de acordo com a necessidade do estágio da cultura e com as condições climáticas; a redução da compactação do solo e de danos mecânicos às culturas e o uso adequado de elementos, fórmulas e fertilizantes líquidos balanceados em baixa concentração de nutrientes. Para o autor, a fertirrigação apresenta, no entanto, algumas limitações, as quais podem ser sintetizadas na necessidade adicional de capital, associada à instalação de equipamentos de fertirrigação; obstrução dos emissores em sistemas manejados por técnicos com restrito conhecimento do assunto; e riscos de envenenamento e contaminação da fonte de suprimento de água devido ao retorno do fluxo, em caso de falhas no sistema de bombeamento.

Visando eliminar esta última limitação, HOWELL *et al.* (1983), citados por SANTOS (1991), recomendam a colocação de válvulas de retenção nos sistemas de aplicação de produtos químicos, as quais devem ser posicionadas à montante do ponto de injeção, evitando o retorno da solução à fonte hídrica.

THREADGILL *et al.* (1992), adicionam à lista de vantagens a maior facilidade e rapidez na incorporação dos produtos e menores perdas por lixiviação, resultando num aproveitamento mais eficiente dos fertilizantes. O autor, também,

acrescenta algumas desvantagens, como o risco de corrosão de partes metálicas da rede de irrigação; dependência total do coeficiente de uniformidade do sistema para uma boa uniformidade de distribuição da substância no campo e necessidade de calibração periódica do sistema.

Segundo FRIZZONE *et al.* (1985) o procedimento comum na aplicação de fertilizantes, via sistema de irrigação, envolve três intervalos. Durante o primeiro intervalo o sistema opera com a finalidade de umedecer a folhagem e o solo, ou somente o solo, no caso de irrigação por gotejamento. No segundo intervalo o fertilizante é introduzido no sistema de irrigação, devendo o tempo de aplicação ser superior a 30 minutos, sendo aconselhável um período entre 1 e 2 horas. O terceiro e último intervalo, deverá ser suficientemente longo, para lavar completamente o sistema de irrigação. A água aplicada será determinante na movimentação do fertilizante para as camadas inferiores do perfil do solo, colocando-o a uma profundidade compatível com o sistema radicular da cultura.

2.2 - Injeção de fertilizante

Os métodos de injeção de fertilizantes podem ser classificados em três grupos: os métodos que operam em condições de pressão efetiva positiva (bomba injetora e injeção por gravidade); os que operam em condições de pressão efetiva negativa (sucção pela própria bomba de irrigação e injetor 'venturi') e os métodos que utilizam diferença de pressão (injetor pitot e tanque de derivação).

De acordo com BURT *et al.* (1994), o sistema de injeção de fertilizante é um componente essencial ao bom desempenho da fertirrigação. Os autores recomendam a escolha de injetor com vazão superior a 0,1% da vazão da irrigação, que apresente resistência a corrosão por fertilizantes e ácidos, com facilidade de regulagem da vazão durante a aplicação e com válvulas de retenção para evitar o retorno da solução à fonte hídrica, evitando a contaminação química dos recursos hídricos.

Para THREADGILL *et al.* (1992), a calibração do sistema de injeção é extremamente importante para a fertirrigação, pois resulta na quantidade exata do fertilizante aplicado, evitando, com isto, aplicações de dosagens diferentes da requerida, as quais resultam em perda de tempo e dinheiro. Nesta calibração, PINTO (1994), relata que a vazão pode ser obtida por meio de uma válvula volumétrica instalada na entrada do tanque e o gradiente de pressão por dois manômetros instalados, respectivamente, antes e após a linha de irrigação.

2.3 - Uniformidade de distribuição do fertilizante

A uniformidade de distribuição de fertilizante e de água estão intrinsecamente relacionadas. Assim, apesar da irrigação por gotejamento ser o método de irrigação onde se tem o melhor controle da lâmina aplicada, BERNARDO (1987), recomenda a

avaliação do sistema de irrigação após a sua instalação e a cada dois anos de funcionamento.

THREADGILL *et al.* (1992), sugerem que sistemas de irrigação por gotejamento devam operar com uniformidade nunca inferior a 85%. Para os autores, em sistema por superfície, a fertirrigação é limitada pela distribuição desuniforme da água de irrigação, a qual resulta na distribuição desuniforme do produto químico.

Segundo BURT *et al.* (1994), para se obter uma boa uniformidade de distribuição, se faz necessário a estabilização da pressão do sistema antes do início da fertirrigação. Numa situação prática, onde o comprimento máximo da linha de irrigação é de 380 m e, considerando-se que a água movimenta-se a uma velocidade de 22,8 m/min., em média, deverão decorrer 17 minutos para que a água chegue ao final da linha e a estabilização do sistema aconteça. Os autores, neste caso, sugerem este valor para o tempo que antecede à aplicação do fertilizante. Os mesmos autores, em experimento, constataram que quando a injeção do fertilizante é processada após o sistema de irrigação atingir a pressão de operação à vazão constante, o fertilizante é aplicado com a mesma uniformidade do sistema de irrigação. Assim, pequenas quantidades do fertilizante podem ser injetadas com a mesma uniformidade atingida, quando grandes quantidades são aplicadas.

HANS *et al.* (1983), citados por FERREIRA(1994), avaliando a uniformidade de aplicação da água e do fertilizantes através da irrigação por gotejamento, com diferentes métodos de injeção (Venturi, Tanque de derivação de fluxo, tanque de corrente direta e bomba injetora) concluíram que a quantidade de fertilizante distribuída por um dado emissor e a uniformidade de aplicação do fertilizante, não variaram com o

método de injeção utilizado, nem com a posição do emissor e que as variações observadas dependeram estritamente da uniformidade de aplicação da água.

ZANINI (1987), trabalhando com tanque de derivação de fluxo e com bomba injetora, concluiu que a distribuição do cloreto ao longo da linha de gotejadores, pode ser representada por uma equação do primeiro grau, indicando que as quantidades de cloreto diminuem continuamente do início para o final da linha. Para injeção com derivação de fluxo, as diferenças entre a quantidade de cloreto distribuída no início e no final da linha de gotejadores reduziram-se com o aumento do tempo de aplicação, sendo de 21,2%, 14,2% e 4,0% para os tempos de aplicação de 40, 80 e 160 minutos, respectivamente. Indicando, com isto, que os tempos de aplicação mais longos proporcionam menores diferenças entre quantidades de fertilizante distribuídos nos diversos pontos da linha. Em experimento similar, conduzido através do tanque de derivação, em microaspersão, FEITOSA FILHO *et al.* (1991), observaram que nos primeiros cinco minutos de fertirrigação, quantidades maiores de potássio foram aplicadas nos primeiros emissores, em relação aos situados no final das linhas laterais. Posteriormente, esses valores se inverteram, fazendo com que no final da fertirrigação, houvesse compensação do total aplicado em cada ponto. As quantidades de potássio aplicadas por fertirrigação, considerando a distância dos microaspersores ao cabeçal de controle, analisadas por meio de regressão, forneceram modelos lineares com valores de inclinação bem próximos de zero, o que mostrou a baixa influência da distância na distribuição dos fertilizantes ao longo das linhas laterais.

Em 1992, utilizando o injetor de fertilizante venturi, os mesmos autores chegaram a conclusão de que a distribuição do potássio pode ser representada por um modelo linear, com valor de inclinação de aproximadamente 0,5%, repetindo a mesma

tendência verificada pelos autores em aplicação, via tanque de derivação. Os autores constataram que a partir do tempo de fertirrigação de oito minutos, houve uniformidade entre os teores de potássio ao longo das linhas laterais, podendo esse tempo servir de parâmetro para o planejamento da fertirrigação.

DENÍCULI (1992), analisando também o desempenho de um injetor venturi, chegou à mesma conclusão, isto é, houve pouca influência da distância do microaspersor ao local de injeção, na uniformidade de distribuição do fertilizante. Para o autor, a partir do tempo de fertirrigação de 6 minutos, já houve uniformidade entre os teores de potássio ao longo das laterais e um tempo de 60 minutos mostrou-se adequado para a fertirrigação.

2.4 - Interação fertilizante x equipamento de irrigação

Na escolha e aplicação do fertilizante deve-se considerar sua relação com o sistema de irrigação em uso, determinada quer pela sua solubilidade, reduzindo o risco de entupimento e melhorando a uniformidade de distribuição do adubo ao longo da linha de emissores, quer pelo desgaste do equipamento, resultante da corrosão.

Sobre este assunto, FRIZZONE *et al.* (1985), ratificam BUCKS (1982), ao afirmar que o produto químico aplicado à água de irrigação deve apresentar baixa capacidade corrosiva; solubilidade rápida e completa e não reagir adversamente com sais ou outros elementos químicos contidos na água de irrigação.

ABRÉU *et al.* (1987), acrescenta que a fertirrigação exige que os fertilizantes sejam compatíveis entre si e com os íons contidos na água de irrigação, para que não reajam formando precipitados que possam vir a obstruir os emissores. Os autores alertam para o efeito da temperatura, a qual deve estar em torno de 20 °C, e da concentração dos íons na preparação de soluções de fertilizante, onde o aumento da concentração de íons diferentes aumenta a solubilidade da solução e o aumento da concentração de íons iguais diminui esta solubilidade (efeito do íon comum).

BURT *et al.* (1994), referindo-se à solubilidade, sugerem que antes de injetar qualquer produto químico ou antes de misturá-los, deve-se sempre fazer o teste do recipiente, que consiste em misturar uma certa quantidade dos produtos a serem aplicados, em um recipiente com a água de irrigação, e observar após 24 h para verificação de ocorrência de sedimentação do produto no fundo do recipiente ou de formação de espuma na superfície. Caso isto ocorra, deve-se alterar as concentrações ou mudar o produto a ser injetado, evitando a ocorrência de obstrução dos emissores.

Para PINTO (1994), os fertilizantes ricos em nitrogênio, como a uréia, podem elevar o pH da água e proporcionar a precipitação do cálcio e magnésio, causando problemas de entupimento dos emissores e/ou elevando o valor da relação de adsorção de sódio da água, se esta possui altos teores de sódio. A permanência do nitrogênio na tubulação pode ainda favorecer o desenvolvimento de microorganismos, causando obstruções dos emissores, os quais podem ser contornados através da adição de ácidos à água de irrigação.

ABRÉU *et al.* (1987), ressaltam que atenção especial deve ser dada ao efeito da adição do adubo no pH final da solução, devendo o fertilizante ser escolhido de acordo com esta característica. Assim, como o nitrato de cálcio e o nitrato de potássio

têm reação alcalina; o sulfato de amônio tem um forte efeito acidificante, devendo-se fazer o monitoramento do pH da água de irrigação antes da adição do fertilizante para que se possa prevenir possíveis efeitos corrosivos da solução.

Segundo PINTO (1994), os fertilizantes potássicos, apesar de menos solúveis que os nitrogenados, normalmente não apresentam problemas em aplicação através da água de irrigação. No entanto, o autor alerta para a aplicação do sulfato de potássio em água de irrigação rica em cálcio, o qual pode formar sulfato cálcico, que é menos solúvel. VITTI (1994), já considera que a aplicação de potássio na água de irrigação praticamente não apresenta limitações devido, sobretudo, à alta solubilidade da maioria dos sais de potássio.

FRIZZONE *et al.* (1994), sugerem que, com exceção dos fertilizantes nitrogenados e potássicos de maneira geral, os demais produtos devem ser utilizados considerando-se algumas características, tais como:

(a) os produtos fosfatados são relativamente corrosivos, apresentam reduzida mobilidade no solo e formam precipitados de Ca e Mg facilmente. Porém, em aplicação onde a água apresenta baixo conteúdo de Ca e Mg, o fósforo pode ser incorporado à rede de irrigação sem grandes problemas. Já para aumentar a mobilidade, o autor recomenda a utilização de fertilizantes derivados do ácido fosfórico;

(b) Os produtos que contêm cálcio, em geral apresentam baixa solubilidade, devendo ser aplicados primariamente, via calagem em fundação;

(c) A aplicação de enxofre geralmente é mais viável através da gessagem ou pela aplicação de superfosfato simples em fundação, combinados com a fertirrigação por sulfato de amônio, como fonte de nitrogênio;

(d) A aplicação de micronutrientes requer a utilização de bomba injetora-dosadora de alta precisão e de sistemas de irrigação com elevada eficiência de distribuição.

Para MIKKELSEN (1989), os fertilizantes fosfatados não têm sido muito usados em irrigação por gotejamento, devido à preocupação do produto causar entupimento nas linhas e emissores. Isto ocorre quando o fertilizante fosfatado solúvel reage com a água contendo grandes concentrações de Ca^{2+} ou Mg^{2+} , resultando em formas insolúveis: fosfato dicálcio ou fosfato dimagnésio. Segundo o mesmo, a precipitação desses sais de fósforo pode ser evitada se o pH for mantido baixo. Isto pode ser obtido com uso de fontes ácidas de P, tais como ácido orthofosfórico (H_3PO_4) ou uréia fosfatada (UP). A quantidade exata de ácido para diminuir o pH da água de irrigação e evitar a precipitação pode ser facilmente determinada utilizando-se uma curva de titulação, obtida em laboratório, para a água de irrigação.

ABRÉU (1987), cita VESCHAMBRE e VAYSSE (1980), os quais afirmam que a aplicação de fontes inorgânicas de fósforo em água com elevado teor de Ca e pH superior a 6,5 gera alto risco de precipitação do P na forma de fosfato tricálcico. Nestes casos, os autores sugerem que seja feita uma seleção cuidadosa do adubo e de sua concentração. Para os autores, mesmo que a água seja ácida, não há limitações no uso de fosfato bioamônico, contanto que o pH final da solução fique próximo de 6 (pode-se usar ácido nítrico ou sulfúrico para este controle). No entanto, se a água apresenta elevada concentração de cálcio e pH superior a 7, deve-se utilizar fosfato monoamônico, o qual tem efeito acidificante.

BAR-IOSEF (1991), ressalta, no entanto, que o pH da água deve ser reduzido a valores nunca inferiores a 5, isto porque baixos valores de pH podem resultar em danos

às membranas radiculares e podem elevar, a níveis tóxicos, as concentrações de Al e Mn na solução do solo.

2.5 - Distribuição do fertilizante no solo

A irrigação localizada oferece a vantagem do fertilizante poder ser dividido em pequenas taxas com aplicações frequentes que sejam efetivas e econômicas. Contudo, ROLSTON *et al.* (1986), alertam para o fato de que, devido a água ser aplicada em um volume limitado do solo, os sais tendem a se acumular na periferia do bulbo úmido. Assim, quando os fertilizantes aplicados são altamente solúveis, como o KCl e muitos outros, estes ficam confinados ao volume umedecido do solo, elevando o valor da salinidade nesta região.

De acordo com ALVES *et al.* (1990) e VILLAS BOAS (1994), entre os principais fatores a serem considerados para um bom manejo da fertirrigação, encontram-se as características físicas do solo, as quais têm grande influência nas perdas do fertilizante por lixiviação. Segundo os mesmos autores, as perdas por lixiviação estão relacionadas também com o tipo de fertilizante e a lâmina de água aplicada.

RUBEIZ (1991), cita LOGAN *et al.* (1973), que afirmam que a extensão do movimento do P a partir do ponto inicial de aplicação depende da saturação de P no local da reação. O autor cita ainda RAUSHKOLB *et al.* (1976), os quais afirmam que à medida que o local do ponto de reação torna-se saturado em P, o mesmo movimenta-se

com a água para pontos insaturados para além da fonte de aplicação. A adição de ácido promoverá a dissolução de algum P precipitado, previamente formado, saturando os pontos de reação do solo. Isto permitirá que o P adicionado mova-se para além da zona de acidificação.

SIRAFY *et al.* (1993), trabalhando com a mobilidade do P em quatro solos de texturas diferentes, constataram variabilidade da movimentação de P e da relação P disponível e P fixado. Observaram que, exceto para os solos arenosos, a quantidade de P disponível no solo não supera 6% do aplicado. Nas pesquisas feitas pelo autor, o poder de fixação do P em solos calcários, argilosos, francos e arenosos foi de 99,05%; 97,39%; 95,17% e 29,76% respectivamente, e a maior parte de P disponível ficou concentrado nos primeiros 10 cm de profundidade.

Os autores verificaram que com adição de sulfato de potássio ao superfosfato, houve incremento no movimento descendente do P e o poder de fixação do mesmo decresceu ligeiramente para 96,98%; 94,7% e 21,33% nos solos argilosos, francos e arenosos respectivamente, aumentando assim, o P disponível. Para o autor, o alto poder de fixação do solo calcário é atribuído ao efeito do carbonato de cálcio na solubilidade do fósforo.

Segundo MIKKELSEN (1989), o P moveu-se 5 a 10 vezes mais no solo com aplicação de H_3PO_4 , em sistema de irrigação por gotejamento do que com aplicação pontual de super fosfato triplo (TSP). O autor cita O'NEILL *et al.* (1979) que, em experimento similar, relataram a ocorrência de maior movimentação do P em solos arenosos. Os mesmos encontraram que, com taxas de aplicação equivalentes, o P na forma de H_3PO_4 moveu-se duas vezes mais do que o P aplicado como TSP. Eles concluíram que o H_3PO_4 resulta numa distribuição mais favorável para absorção pela

planta que o TSP. Contudo, os autores ressaltam que, devido à elevada acidez do constituinte, pode causar corrosão em partes metálicas dos equipamentos de irrigação.

Ainda sobre este assunto, o autor cita RAUSCHKOLB *et al.* (1976), que, com fertilização de tomate através de sistema de irrigação por gotejamento usando glycerofosfato e H_3PO_4 , constataram que o glycerofosfato moveu-se 30,5 cm e fertilizou um volume de solo quatro vezes maior do que o fertilizado com quantidade equivalente de H_3PO_4 .

LAUER (1988), estudando a distribuição vertical do P no solo, sob fertirrigação, observou que a média de profundidade de penetração do mesmo foi de apenas 10,4 cm em solo arenoso e 7,3 cm em argiloso. Verificou também que não houve diferença significativa nas profundidades de penetração, nem na taxa total de P em ambos os solos, quando feitas aplicações simples ou múltiplas.

De acordo com GOYAL *et al.* (1983), citados por BASSOI (1991), a aplicação de fósforo, via gotejamento, em um solo argiloso cultivado com tomate, com pH em torno de 8,0, resultou em uma movimentação considerável na camada de 0-80 cm, provavelmente devido ao fato do solo permanecer constantemente úmido, fazendo com que houvesse movimentação através dos macroporos, antes de ser absorvido pelas partículas do solo.

PIZARRO (1987), constatou que o fósforo e o potássio quando aplicados via fertirrigação por aspersão, se acumulam na parte superficial do solo, enquanto que, se aplicados por irrigação localizada, podem alcançar uma profundidade de 50 cm e 60 cm respectivamente. Já o nitrogênio, pode ser manipulado de forma a alcançar uma maior ou menor profundidade, dependendo do manejo da fertirrigação.

Para KLEIN (1983), a fertirrigação com elementos de baixa mobilidade no solo (K, P, NH_4) induz a absorção de íons próximos aos emissores. Os testes de campo feitos pelo autor, mostraram que o fósforo (orto ou polyfosfato) e o potássio moveram-se a uma profundidade de 60 a 90 cm abaixo do gotejador, com expansão horizontal limitada entre 0-50 cm. O autor ainda comenta que o movimento horizontal do potássio depende da capacidade de troca de cátions e da saturação de potássio no solo.

SIRAFY *et al.* (1993), estudando a distribuição do K em colunas de solos de texturas diferentes, utilizando tratamentos com e sem aplicação de fertilizante potássico, constataram que em todos os solos estudados, mesmo nos tratamentos sem adição do fertilizante, o K trocável aumentou relativamente com o aumento da profundidade do solo, devido a percolação de água de irrigação. Contudo, o aumento do K trocável nos tratamentos com adição de potássio, foi superior ao sem aplicação de fertilizante. De acordo com os autores, nas amostras arenosas e calcárias, não houve grandes concentrações de K trocável nos primeiros 20 cm do solo, enquanto que nos argilosos e médios o K trocável ficou mais concentrado na parte superficial (30 cm a partir da superfície do solo). Atribui-se isto à elevada superfície ativa das partículas de argila e silte as quais retêm a maioria do K advindo do K solúvel percolado, fazendo com que o conteúdo de K nos 30 cm de profundidade diminua gradualmente até igualar-se, nas profundidades inferiores, aos teores encontrados nos solos sem aplicação de potássio.

Segundo ainda os autores, em amostras calcárias, o movimento do potássio atingiu 100 cm de profundidade, podendo isto ser atribuído a ocupação dos sítios de troca com Ca. Os mesmos, estudando também o efeito do fósforo no deslocamento do potássio, observaram que a adição de fertilizante fosfatado promoveu a remoção do K

da região superficial da zona radicular. A remoção foi mais pronunciada nos tratamentos onde houve adição de fertilizante potássico, especialmente na superfície de solos argilosos e silteosos. Essa remoção do K, sob a adição de fertilizante fosfatado, pode ser causada pelo íon de Ca associado ao gesso (sulfato de cálcio) e monofosfato de cálcio. Ao mesmo tempo, os ânions de fosfato e sulfato reagem com o íon potássio tornando-o facilmente percolável através da coluna de solo.

3 - METODOLOGIA

3.1 - Generalidades

O experimento foi conduzido em um campo comercial cultivado com acerola (*Malpighia glabra*, Linn.), irrigada por gotejamento, localizado no município de Jaguaruana-Ce, onde a área total cultivada de 120 ha apresentava-se dividida em oito setores.

Na tomada de dados, foi utilizada uma parcela experimental equivalente a 1/4 do setor, medindo 90 m de comprimento por 120 m de largura, contendo 23 linhas com 120 gotejadores por linha.

Os gotejadores utilizados, tipo "in line" fabricados pela empresa NAAN Irrigation Systems, caracterizaram-se por apresentar vazão constante de 2,1 l/h em tubulação de polietileno de 16 mm de diâmetro com espaçamento de 0,75m. Para injeção do fertilizante na linha, foi utilizado o sistema de derivação de fluxo com tanque de 250 litros de volume.

Na fertirrigação, foi utilizada a combinação das fórmulas 13-13-13 e 0-0-51, de marca comercial Haisol, fabricadas pela empresa Fertilizers & Chemicals Ltda., de procedência Israelense. As características físico-químicas destes fertilizantes, segundo o fabricante e o Laboratório de solos do Departamento de Solos da Universidade Federal do Ceará, são apresentados na tabela 1.

O manejo da fertirrigação seguiu, sem alteração, a rotina da propriedade. Assim, foram utilizados 6,8 kg/ha da fórmula 13-13-13 e 2,3 kg/ha da 0-0-51 por fertirrigação. A fertirrigação nesta área foi aplicada em dias alternados.

Todas as análises de laboratório foram executadas no laboratório de solos do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

TABELA 1 - Características físico-químicas dos fertilizantes utilizados, segundo o fabricante e o Laboratório de Solos da UFC.

FERTILIZANTE	Segundo o fabricante		Segundo o Laboratório de Solos da UFC	
	13 -13 -13	0 - 0 - 51	13 - 13 - 13	0 - 0 - 51
Solubilidade a 20 °C	150 g/l	98 g/l	150 g/l	98 g/l
pH	2,5 - 3,2	2,1 - 3,7	-	-
Percentagem de				
N	13	0	9,23	0
P ₂ O ₅	13	0	11,12	0
K ₂ O	13	51	11,87	51,37
Cl	<1	<1	-	-
Ca	-	-	0,92	0,9
Mg	-	-	0,03	0,02

3.2 - Caracterização físico-hídrica do solo

O solo da área experimental caracterizou-se por ser bastante estratificado, com textura franco argilo arenoso com 49 % de areia, 25% de silte e 26% de argila em média. As informações físico-hídricas detalhadas de solo em questão, são expostas na tabela 2

TABELA 2 - Resultado da análise físico-hídrica do solo

Horizonte	Composição Granulométrica																																															
Profundidade (cm)	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Argila natural (%)	Classificação textural																																										
0 - 15	13	38	26	23	17	Franco argilo arenoso																																										
15 - 30	13	36	26	25	21	Franco argilo arenoso																																										
30 - 45	14	36	24	26	20	Franco argilo arenoso																																										
45 - 60	13	35	21	31	23	Franco argilo arenoso																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">Densidade (g/cm³)</th> <th colspan="3">Umidade (%)</th> </tr> <tr> <th>Profundidade (cm)</th> <th>Grau Floculação</th> <th>Global</th> <th>Partículas</th> <th>1/3 atm.</th> <th>15 atm.</th> <th>Água útil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 15</td> <td>26</td> <td>1,40</td> <td>2,55</td> <td>18,6</td> <td>10,6</td> <td>8,0</td> </tr> <tr> <td>15 - 30</td> <td>16</td> <td>1,44</td> <td>2,45</td> <td>20,9</td> <td>12,1</td> <td>8,8</td> </tr> <tr> <td>30 - 45</td> <td>23</td> <td>1,40</td> <td>2,48</td> <td>21,5</td> <td>12,2</td> <td>9,3</td> </tr> <tr> <td>45 - 60</td> <td>26</td> <td>1,44</td> <td>2,58</td> <td>23,0</td> <td>13,5</td> <td>9,5</td> </tr> </tbody> </table>									Densidade (g/cm ³)		Umidade (%)			Profundidade (cm)	Grau Floculação	Global	Partículas	1/3 atm.	15 atm.	Água útil	0 - 15	26	1,40	2,55	18,6	10,6	8,0	15 - 30	16	1,44	2,45	20,9	12,1	8,8	30 - 45	23	1,40	2,48	21,5	12,2	9,3	45 - 60	26	1,44	2,58	23,0	13,5	9,5
		Densidade (g/cm ³)		Umidade (%)																																												
Profundidade (cm)	Grau Floculação	Global	Partículas	1/3 atm.	15 atm.	Água útil																																										
0 - 15	26	1,40	2,55	18,6	10,6	8,0																																										
15 - 30	16	1,44	2,45	20,9	12,1	8,8																																										
30 - 45	23	1,40	2,48	21,5	12,2	9,3																																										
45 - 60	26	1,44	2,58	23,0	13,5	9,5																																										

3.3 - Coeficiente de uniformidade

A coleta de dados para a análise da uniformidade foi conduzida de acordo com a metodologia proposta por KELLER e KARMELI (1974), descrita por Bernardo (1987), os quais recomendam a utilização de linhas e gotejadores localizados na posição inicial, a 1/3 e a 2/3 da posição inicial e na posição final. Assim considerando, 23 linhas na subparcela e 2760 gotejadores, foram tomados valores de volumes de todos os gotejadores instalados na posição inicial, a 30 m, a 60 m e a 90 m, situados na 1ª, 8ª, 16ª e 23ª linhas. Sendo, deste modo, obtidos 16 valores para análise da uniformidade da parcela.

Para facilitar a organização dos dados, os gotejadores escolhidos dentro da linha receberam numeração de 1 a 4, e as linhas, onde foram coletadas as amostras, foram caracterizadas pelas letras A, B, C e D.

O coeficiente de uniformidade foi então determinado através da equação de CHRISTIANSEN (1972), apresentada a seguir:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right)$$

Sendo:

CUC : Coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

q_i : vazão do i -ésimo gotejador, em l/h;

\bar{q} : vazão média dos gotejadores, em l/h;

n : número de gotejadores.

3.4 - Distribuição dos fertilizantes na linha de gotejadores

O tempo total de irrigação foi programado para seis (06) horas ininterruptas, sendo a fertirrigação iniciada três (03) horas após o início da irrigação e prolongada por 90 minutos.

Para avaliação da uniformidade de distribuição do fertilizante dentro da parcela, foram coletadas amostras nos primeiros gotejadores de quatro linhas situadas a 0 m, 40 m, 80 m e 120 m do início da parcela. Para avaliar a distribuição do fertilizante ao longo de uma linha de emissores, selecionou-se a linha que apresentou menor variação de vazão, valor este pré-determinado pelo teste de uniformidade. Nesta linha foram, então, selecionados os gotejadores situados na posição inicial, a 1/3 e 2/3 da linha e na posição final.

Aplicada a solução de fertilizante no cabeçal de controle, o momento de sua chegada aos emissores foi determinado através do monitoramento da variação da condutividade elétrica da água emitida pelos gotejadores. Para tal, utilizou-se um eletrocondutivímetro portátil previamente calibrado.

A partir da chegada da solução ao emissor, foram coletadas amostras de água em intervalos regulares de 1,0 minuto na linha teste e de 5,0 minutos nos primeiros gotejadores das quatro linhas previamente selecionadas.

Nas amostras coletadas, foram então determinados valores de parâmetros físico-químicos como a condutividade elétrica (CE), o pH e as concentrações de fósforo (P) e potássio (K). Para tanto foram utilizados, respectivamente, o eletrocondutivímetro, o peagômetro, o fotolorímetro e o fotômetro de chama.

3.5 - Distribuição dos fertilizantes aplicados no solo

Como primeira análise, foi determinada a extensão do bulbo úmido. Para tanto foram retiradas amostras de solo para determinação da umidade às distâncias de 0, 15, 30 e 45 cm do emissor e a 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 cm de profundidade.

Na caracterização da distribuição do fósforo e potássio no bulbo úmido, foram realizadas duas coletas, uma antes de qualquer fertirrigação, servindo como testemunha e a outra, após a sétima fertirrigação, com intervalo de 15 dias entre as mesmas.

Nestas coletas, foi utilizado um amostrador cilíndrico de 2,5 cm de diâmetro, tendo as amostras sido coletadas a 5,10,15,20,30 e 40 cm do emissor nas profundidades de 5,10,15,20,30 e 40 cm.

Estas amostragens foram realizadas em um gotejador situado a 10 m da última planta da linha, evitando o efeito da absorção da planta no balanço de nutrientes do solo. Adicionalmente, visando eliminar uma possível superposição de nutrientes, os gotejadores próximos ao escolhido foram vedados.

De cada amostra previamente seca em estufa a 40°C e passada em peneira de 2 mm, foram retirados 5 ml de solo, os quais foram diluídos em 50 ml da solução extratora ($\text{HCl } 0,05 \text{ N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ N}$) e, após agitação mecânica, colocados em repouso por 18 h. As amostras diluídas foram então filtradas para obtenção do extrato do solo, a partir do qual foi determinada a concentração do potássio através do fotômetro de chama.

O teor de fósforo assimilável do solo foi determinado por fotolorimetria em extrato de solo 1:10, tendo sido utilizado o método de Vanadomolibdato, proposto pela EMBRAPA (1979), na preparação das amostras.

Na análise dos dados para ilustração do perfil de distribuição de nutrientes e água no solo, foi utilizado o "software" SURFER.

Os valores médios das vazões dos gotejadores, bem como a distribuição do coeficiente de uniformidade estão apresentados na tabela 1.

TABLE 1. - Mean flow rates of the drippers and the experimental uniformity coefficient.

Posição gotejador	Fluxo (l/h)	Coeficiente de uniformidade	Vazão média (l/h)
A-1	1,8	0,95	2,30
A-2	1,8	0,95	2,25
A-3	1,8	0,95	2,20
A-4	1,8	0,95	1,70
B-1	1,8	0,95	1,70
B-2	1,8	0,95	1,70
B-3	1,8	0,95	1,70
B-4	1,8	0,95	1,70

As vazões foram determinadas em três repetições, sendo que a distribuição do coeficiente de uniformidade foi calculada a partir de cada uma das vazões.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Coefficiente de uniformidade

Os valores médios das vazões dos gotejadores selecionados para a determinação do coeficiente de uniformidade estão apresentados na tabela 3.

TABELA 3 - Vazões médias dos gotejadores dentro da parcela experimental.

Posição do gotejador	Vazão média (l/h)	Posição do gotejador	Vazão média (l/h)
A-1	2,18	C-1	2,33
A-2	2,17	C-2	2,25
A-3	2,40	C-3	2,20
A-4	2,25	C-4	1,95
B-1	2,10	D-1	2,30
B-2	2,12	D-2	2,00
B-3	2,30	D-3	1,90
B-4	2,08	D-4	1,60

Com os resultados médios obtidos nas duas repetições, determinou-se o CUC, que ficou em torno de 93,5 %, se enquadrando dentro do esperado para este sistema de

a linha B foi maior (96,4%), o que determinou a escolha desta linha para coleta das amostras de água para análise dos teores de P e K, pois com este elevado valor de uniformidade, as variações ocorridas na distribuição do fertilizante não seriam provocadas pela variação na uniformidade do sistema.

4.2 - Distribuição dos fertilizantes na linha de gotejadores

A tabela 4 e figuras 1, 2, 3 e 4 ilustram, respectivamente, os resultados de CE, pH e concentrações de P e K, na água de irrigação, em função do tempo de coleta, obtidos em quatro emissores da linha de distribuição selecionada.

Analisando a tabela 4, verifica-se que 24 minutos após a abertura do registro do tanque de derivação, a solução de fertilizante atingiu o início da linha e, após 5 minutos, atingiu a extremidade, à 90 m. Estes resultados concorram com a observação de ZANINI (1987), que trabalhando com tanque de derivação de fluxo e tempo de fertirrigação de 80 minutos, verificou que após 2,10 minutos o adubo atingiu a distância de 44 m.

Mesmo com a diferença entre a chegada da solução de fertilizante nos gotejadores, a uniformidade de distribuição dos nutrientes foi mantida devido os maiores teores de fósforo e potássio obtidos nos últimos gotejadores, nos tempos finais da coleta. Resultados condizentes foram encontrados por FEITOSA FILHO *et al.* (1991), quando, trabalhando com tanque de derivação de fluxo, em um sistema por microaspersão, constataram que nos primeiros minutos, houve quantidades maiores de

potássio aplicado nos primeiros emissores, com inversão desses valores, durante a fertirrigação, fazendo com que, no final, ocorresse compensação do total aplicado em cada ponto.

Os dados da tabela 4, mostram que o fósforo e o potássio na amostra de cada emissor, atingiram a máxima concentração ao mesmo tempo (26, 28, 29 e 31 minutos para os gotejadores instalados a 0, 30, 60 e 90 m da linha), sugerindo que não houve diferenciação na velocidade de transporte destes nutrientes, predominando o fluxo massivo.

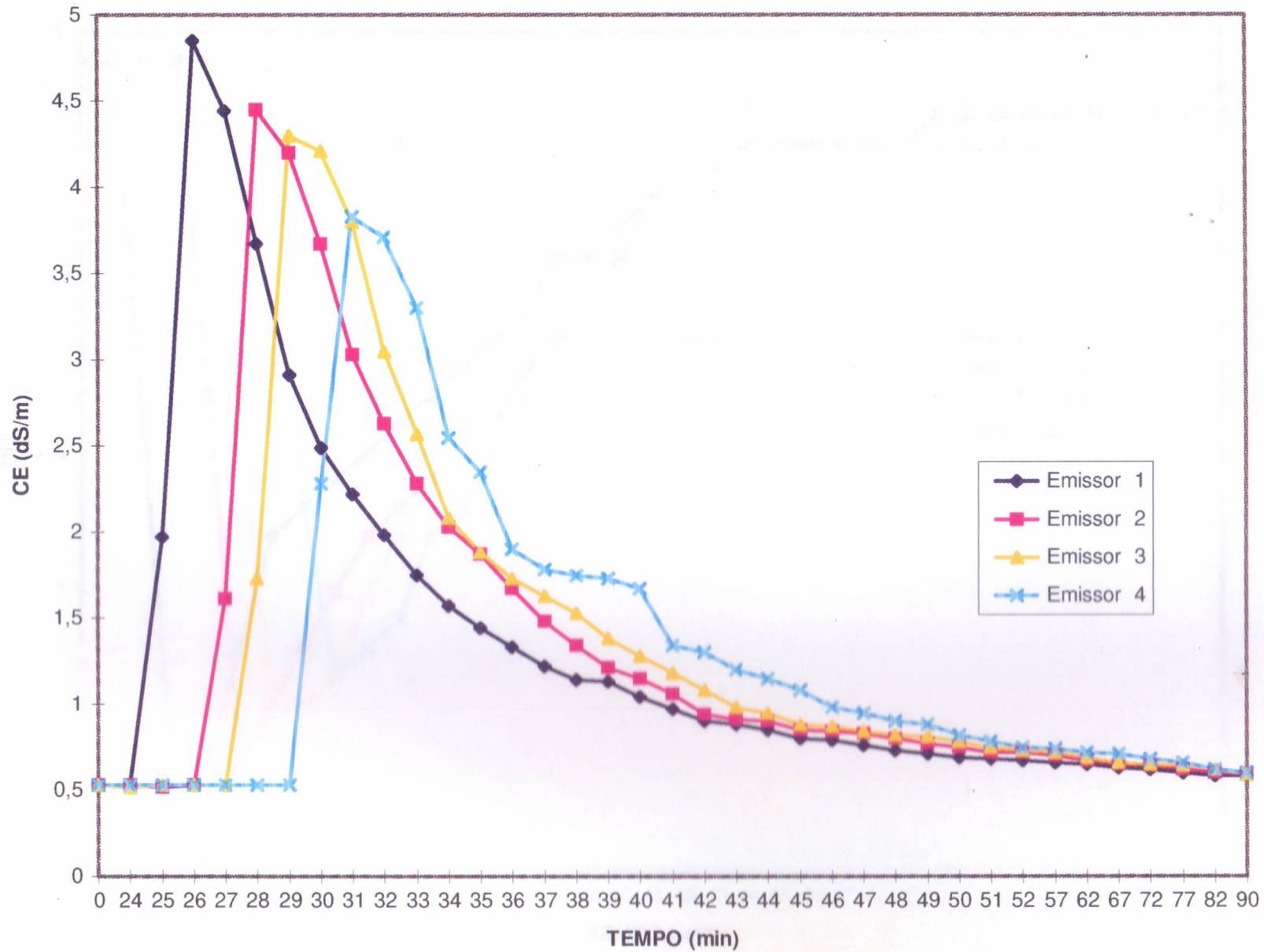
Observando-se a figura 1, verifica-se que a CE atingiu os valores de pico (4,85; 4,45; 4,30 e 3,83 dS/m), no segundo minuto após a chegada do fertilizante ao gotejador, para depois cair de forma assíntota. Estes valores, aparentemente elevados, não necessariamente, oferecem perigo de danos ao solo e às plantas, por alta salinidade, uma vez que essa condição permaneceu apenas por quatro minutos, após os quais a CE diminuiu a valores inferiores a 3 dS/m. E após a fertirrigação, segue-se mais uma hora e meia de irrigação, facilitando a diluição dos nutrientes no solo e, em consequência, a redução de sua condutividade elétrica.

A variação do pH, ilustrada na figura 2, apresentou-se conforme o esperado, de forma inversa à condutividade elétrica, com seu valor mínimo de 6,2; 6,4; 6,6 e 6,7; ocorrendo no instante de pico da CE.

Observando-se a distribuição do P e do K, nas figuras 3 e 4, verifica-se a mesma tendência encontrada em relação a CE, tendo sido as concentrações máximas (850, 821, 795, e 701 ppm para o P; 3075, 2872, 2801 e 2571 ppm para o K), atingidas ao mesmo tempo da máxima CE.

TABELA 4 - CE, pH e concentrações de P e K, na água de irrigação, de quatro emissores da linha B, para diversos tempos, com vazão de derivação de 0,43 l/s.

EMISSOR TEMPO	CE				pH				P				K			
	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04
.....min.....	.....dS/m.....								.....µg/ml.....				.....µg/ml.....			
0 - 24	0,53	0,53	0,52	0,53	8,9	8,9	8,8	8,9	2	2	2	2	50	49	49	49
24 - 25	1,97	0,52	0,53	0,53	7,5	8,9	8,9	8,9	265	2	2	2	1595	49	49	50
25 - 26	4,85	0,53	0,53	0,53	6,2	8,9	8,9	8,9	850	2	2	2	3075	50	49	50
26 - 27	4,44	1,61	0,53	0,53	6,4	7,7	8,9	8,9	755	162	2	2	2972	1190	49	50
27 - 28	3,67	4,45	1,73	0,53	6,8	6,4	7,6	8,9	689	821	192	2	2538	2872	1338	50
28 - 29	2,91	4,20	4,30	0,53	7,2	6,6	6,6	8,9	485	732	795	2	2196	2702	2801	50
29 - 30	2,49	3,67	4,21	2,28	7,3	6,8	6,6	7,3	345	670	723	303	1923	2474	2755	1755
30 - 31	2,22	3,03	3,80	3,83	7,4	7,0	6,7	6,7	298	505	698	701	1761	2162	2605	2571
31 - 32	1,98	2,63	3,05	3,71	7,5	7,2	7,0	6,8	268	381	502	678	1590	2003	2216	2512
32 - 33	1,75	2,28	2,57	3,30	7,6	7,3	7,2	6,9	210	320	360	525	1428	1758	1825	2330
33 - 34	1,57	2,03	2,08	2,55	7,7	7,4	7,4	7,2	145	275	290	365	1263	1578	1652	1915
34 - 35	1,44	1,87	1,88	2,35	7,8	7,6	7,6	7,3	126	240	251	335	1095	1445	1484	1752
35 - 36	1,33	1,67	1,73	1,90	7,9	7,6	7,6	7,5	105	225	191	296	962	1236	1340	1447
36 - 37	1,22	1,48	1,63	1,78	8,0	7,8	7,7	7,6	80	135	165	235	842	992	1212	1370
37 - 38	1,14	1,34	1,53	1,75	8,2	7,9	7,7	7,6	68	110	145	208	773	845	1134	1365
38 - 39	1,13	1,21	1,38	1,73	8,2	8,0	7,8	7,6	64	82	116	190	712	742	965	1332
39 - 40	1,04	1,15	1,28	1,67	8,3	8,2	7,9	7,6	55	72	91	173	642	705	820	1239
40 - 41	0,97	1,06	1,18	1,34	8,4	8,4	8,1	7,9	45	49	75	113	595	650	745	928
41 - 42	0,90	0,94	1,08	1,30	8,5	8,5	8,3	7,9	40	42	59	103	470	480	638	864
42 - 43	0,88	0,91	0,98	1,20	8,5	8,5	8,4	7,9	36	39	46	80	455	455	545	755
43 - 44	0,85	0,90	0,95	1,15	8,6	8,5	8,4	8,2	34	37	42	71	421	436	502	708
44 - 45	0,80	0,85	0,88	1,08	8,6	8,5	8,5	8,3	29	33	35	57	365	376	418	620
45 - 46	0,79	0,84	0,87	0,98	8,6	8,6	8,5	8,4	26	30	32	47	349	366	402	536
46 - 47	0,76	0,83	0,84	0,95	8,6	8,6	8,5	8,4	22	26	30	40	322	355	375	475
47 - 48	0,73	0,80	0,82	0,90	8,6	8,6	8,6	8,5	19	24	27	37	285	325	350	426
48 - 49	0,71	0,77	0,81	0,88	8,6	8,6	8,6	8,5	18	22	26	34	245	315	335	403
49 - 50	0,69	0,75	0,78	0,82	8,7	8,6	8,6	8,6	18	20	22	30	230	280	315	372
50 - 51	0,68	0,72	0,75	0,78	8,7	8,7	8,6	8,6	17	18	19	26	223	242	275	340
51 - 52	0,67	0,72	0,73	0,75	8,7	8,7	8,6	8,6	15	16	17	20	176	212	235	262
52 - 57	0,66	0,70	0,72	0,74	8,7	8,7	8,6	8,6	13	14	15	18	160	175	185	245
57 - 62	0,65	0,67	0,69	0,72	8,7	8,7	8,7	8,6	12	13	14	17	150	162	182	226
62 - 67	0,63	0,65	0,66	0,71	8,7	8,7	8,7	8,6	10	12	13	15	138	159	170	179
67 - 72	0,62	0,64	0,65	0,68	8,7	8,7	8,7	8,7	9	10	12	13	122	140	165	170
72 - 77	0,60	0,62	0,64	0,66	8,7	8,7	8,7	8,7	8	9	10	11	117	125	145	150
77 - 82	0,58	0,60	0,62	0,62	8,7	8,7	8,7	8,7	7	8	9	10	105	120	130	142
82 - 90	0,58	0,59	0,59	0,60	8,8	8,7	8,7	8,7	6	7	7	8	95	110	115	120



FFIGURA 1 - Efeito da fertirrigação na CE da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha

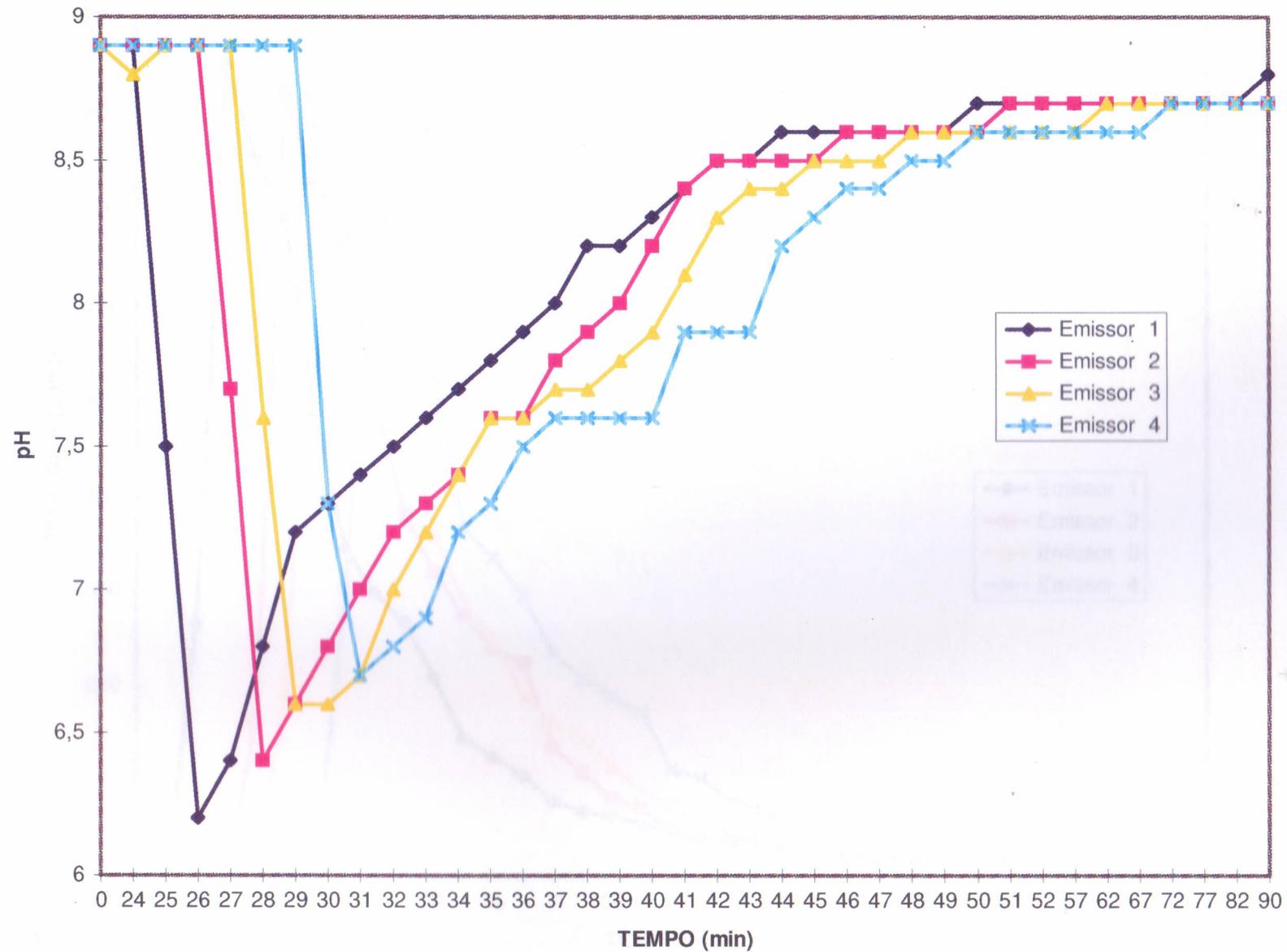


FIGURA 2 - Efeito da fertirrigação no pH da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha

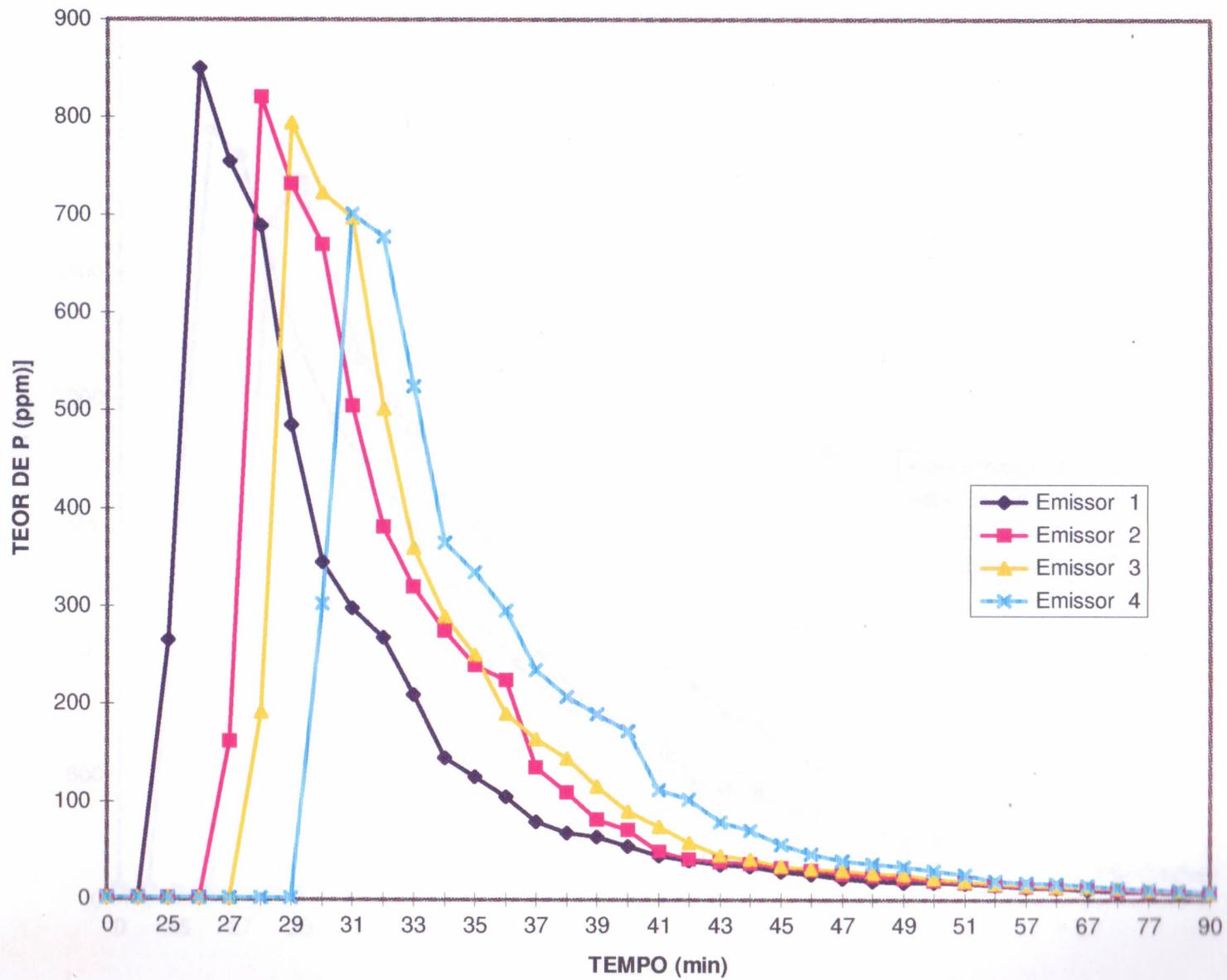


FIGURA 3 - Efeito da fertirrigação na [P] da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha

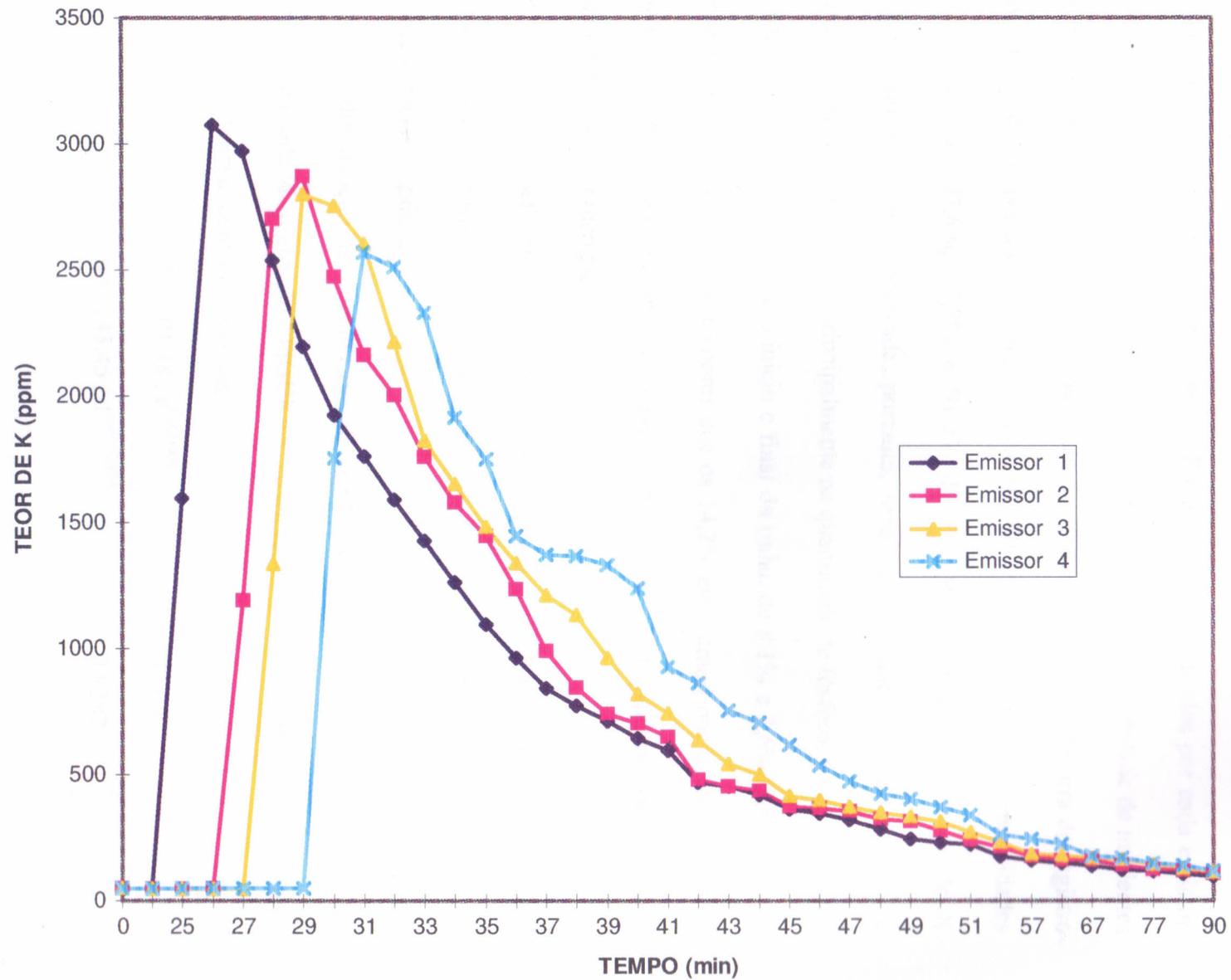


FIGURA 4 - Efeito da fertirrigação na [K] da água de irrigação, em função do tempo, em quatro gotejadores da linha

A fim de observar a distribuição do fertilizante na linha, sem interferência da uniformidade de distribuição da água, considerou-se a vazão média dos quatro gotejadores e, a partir da mesma, com os dados de concentração constantes na tabela 4, foram calculadas as quantidades totais de P(mg) e K(mg) aplicados por cada emissor, durante uma fertirrigação (TABELA 5). Considerando 100% a quantidade de nutrientes distribuída pelo emissor inicial (no intervalo de 90 minutos após a abertura do registro do tanque de derivação), os emissores a 30, 60 e 90 m forneceram quantidades equivalentes a 97,6%, 95,8% e 91,9% de P e 97,4%, 96,9% e 96,4% de K respectivamente, sendo observada, portanto, uma ligeira redução da quantidade de nutrientes até o final da linha, principalmente na quantidade de fósforo. Estes resultados mostram uma diferença, entre o início e final da linha, de 8,1% e 3,6% para o P e K, respectivamente, os quais são menores que os 14,2% encontrado por ZANINI (1987), quando fez aplicação de cloreto de potássio, em sistema de irrigação por gotejamento, com um tempo de fertirrigação de 80 minutos.

Com o coeficiente de uniformidade hipotético de 100% foram verificados coeficientes de variação de 3,53% e 1,63%, respectivamente para as quantidades de fósforo e potássio aplicadas.

A distribuição das quantidades de fertilizantes pelos emissores, ao longo da linha, foi ajustada via regressão (FIGURAS 5 e 6), tendo sido encontrado como melhor ajuste o exponencial, conforme as equações:

$$P = 201,48 \cdot e^{(-0,0009 \cdot d)}; \text{ com } r^2 = 0,9697.$$

$$K = 243,45 \cdot d^{(-0,00004)}; \text{ com } r^2 = 0,8287.$$

Onde;

d = distância(m) a partir do início da linha;

P e K = quantidades de fósforo e potássio (mg) aplicados, respectivamente;

R665754

TABELA 5- Quantidades de P e K aplicados ao longo da linha de gotejadores, com vazão de derivação de 0,43 l/s, considerando-se a vazão média dos emissores

LINHA TEMPO.....min.....	P				K			
	01	02	03	04	01	02	03	04
Testem.	(mg)				(mg)			
0 - 24	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
24 - 25	1,7	1,7	1,7	1,7	8,4	8,4	8,4	8,4
25 - 26	9,4	0,1	0,1	0,1	11,1	0,3	0,3	0,3
26 - 27	35,2	0,1	0,1	0,1	21,5	0,3	0,3	0,3
27 - 28	27,0	5,7	0,1	0,1	20,8	13,9	0,3	0,3
28 - 29	24,6	29,4	6,8	0,1	17,7	18,9	9,3	0,3
29 - 30	17,3	26,2	28,4	0,1	15,3	20,1	19,6	0,3
30 - 31	12,3	23,9	25,9	10,8	13,4	17,3	19,2	12,2
31 - 32	10,6	18,0	25,0	25,1	12,3	15,1	18,2	18,0
32 - 33	9,6	13,6	17,9	24,0	11,1	14,0	15,5	17,5
33 - 34	7,5	11,4	12,9	18,8	10,0	12,3	12,7	16,3
34 - 35	5,2	9,8	10,4	13,0	8,8	11,0	11,5	13,4
35 - 36	4,5	8,5	8,9	12,0	7,6	10,1	10,3	12,2
36 - 37	3,7	8,0	6,8	10,5	6,7	8,6	9,4	10,3
37 - 38	2,8	4,8	5,9	8,4	5,8	6,9	8,4	9,6
38 - 39	2,4	3,9	5,3	7,4	5,4	5,9	7,9	9,5
39 - 40	2,3	2,9	4,1	6,8	4,9	5,2	6,7	9,3
40 - 41	2,0	2,6	3,2	6,2	4,5	4,9	5,7	8,6
41 - 42	1,6	1,7	2,7	4,0	4,1	4,4	5,2	6,4
42 - 43	1,4	1,5	2,1	3,7	3,3	3,3	4,4	6,0
43 - 44	1,3	1,4	1,6	2,8	3,2	3,1	3,8	5,2
44 - 45	1,2	1,3	1,5	2,5	2,9	3,0	3,5	4,9
45 - 46	1,0	1,2	1,2	2,0	2,5	2,6	2,9	4,3
46 - 47	0,9	1,0	1,1	1,6	2,4	2,5	2,8	3,7
47 - 48	0,8	0,9	1,0	1,4	2,2	2,4	2,6	3,3
48 - 49	0,7	0,8	0,9	1,3	2,0	2,3	2,4	3,0
49 - 50	0,6	0,8	0,9	1,2	1,7	2,2	2,3	2,8
50 - 51	0,6	0,7	0,8	1,1	1,6	1,9	2,2	2,6
51 - 52	0,6	0,6	0,7	0,9	1,5	1,7	1,9	2,4
52 - 57	0,5	0,6	0,6	0,7	1,2	1,5	1,6	1,8
57 - 62	2,3	2,5	2,7	3,0	5,6	6,1	6,4	8,5
62 - 67	2,1	2,3	2,5	3,2	5,2	5,6	6,3	7,9
67 - 72	1,8	2,1	2,1	2,6	4,8	5,5	5,9	6,2
72 - 77	1,6	1,8	1,9	2,3	4,2	4,9	5,7	5,9
77 - 82	1,4	1,6	1,8	1,9	4,1	4,3	5,0	5,2
82 - 90	1,2	1,4	1,6	1,8	3,6	4,1	4,5	5,0
82 - 90	1,1	1,2	1,2	1,4	3,3	3,8	4,0	4,1
TOTAL	200,9	196,1	192,5	184,7	245,0	238,7	237,4	236,3
%	100,0	97,6	95,8	91,9	100,0	97,4	96,9	96,4

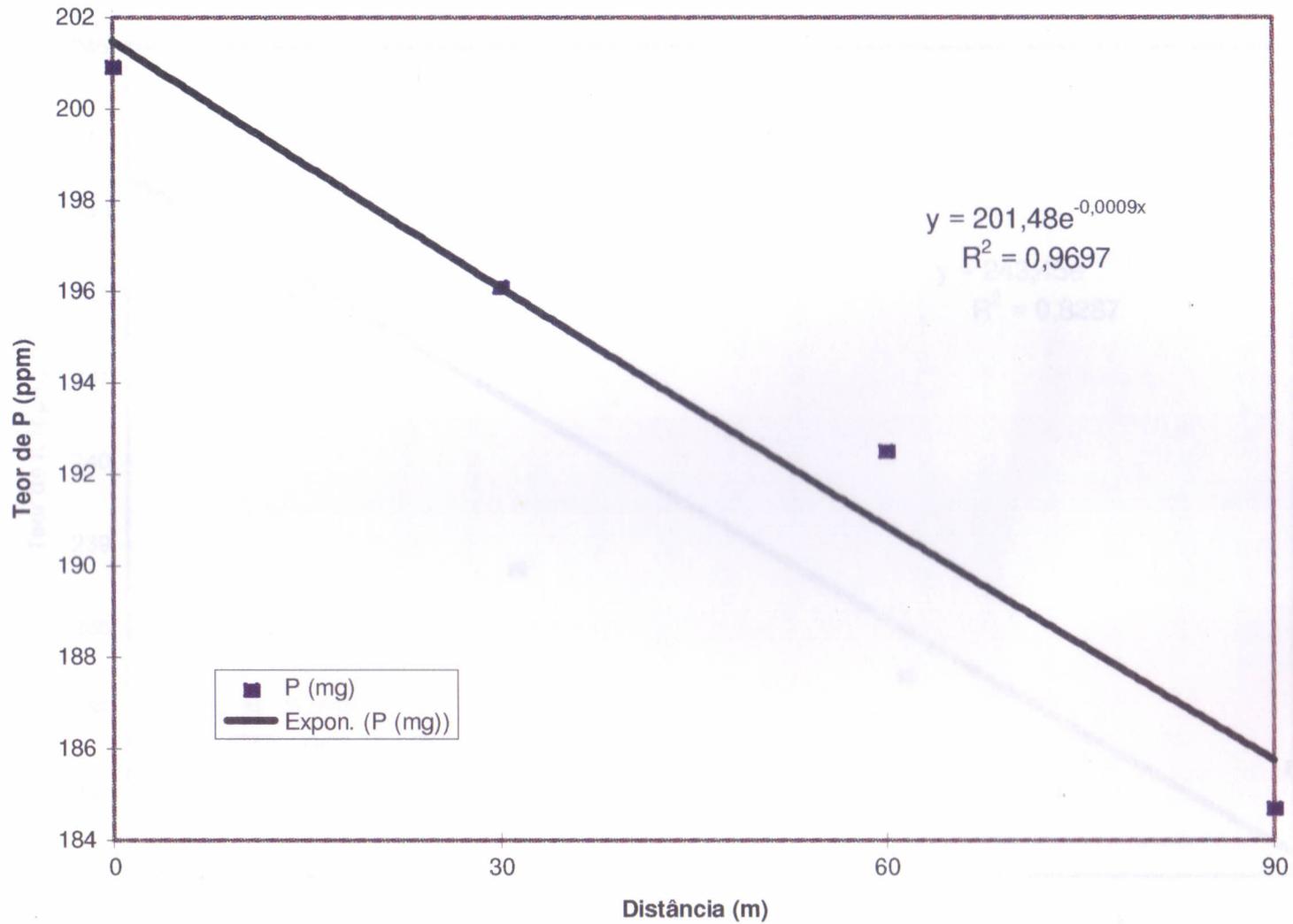


FIGURA 5 - Variação da quantidade de P aplicado nos emissores, ao longo da linha lateral, no período de 90 minutos

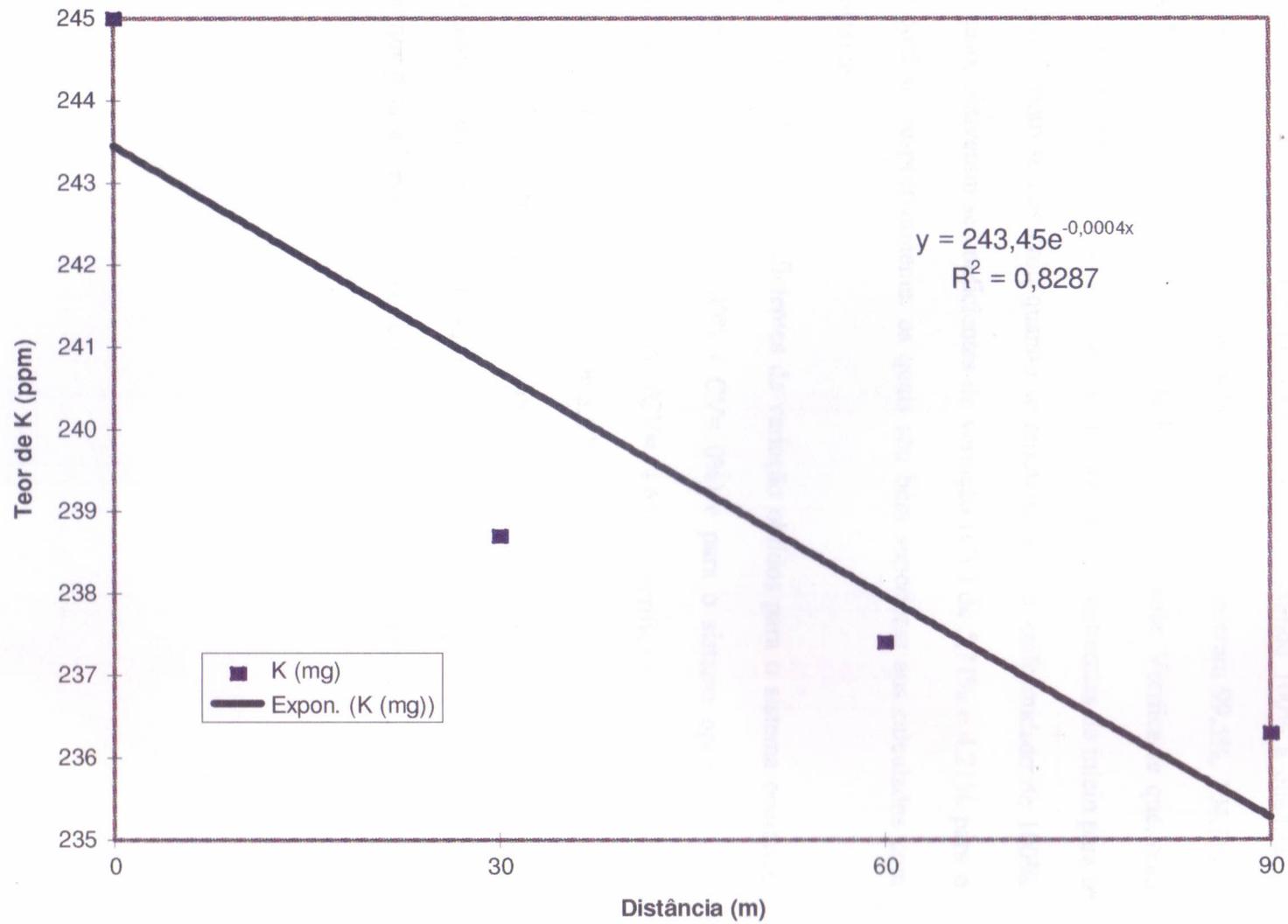


FIGURA 6 - Variação da quantidade de K aplicado nos emissores, ao longo da linha lateral, no período de 90 minutos

Para demonstrar a influência da uniformidade de distribuição da água na distribuição do fertilizante, calculou-se, a partir da vazão individual de cada emissor, as quantidades de nutrientes aplicados (TABELA 6). Considerando 100% a quantidade aplicada pelo primeiro emissor, os gotejadores 2, 3 e 4 forneceram 99,5%, 104,3%, e 90,9% de P e 99,4%, 105,5%, e 95,2%, de K respectivamente. Verifica-se que, com excessão do gotejador 3, ocorreu a tendência de redução dos nutrientes do início para o final da linha, como se observou quando se hipotetizou uma uniformidade de 100%. Para este caso, obtiveram-se coeficientes de variação (CV) de 5,71% e 4,21% para o fósforo e potássio respectivamente, os quais são bem superiores aos calculados com vazão constantes.

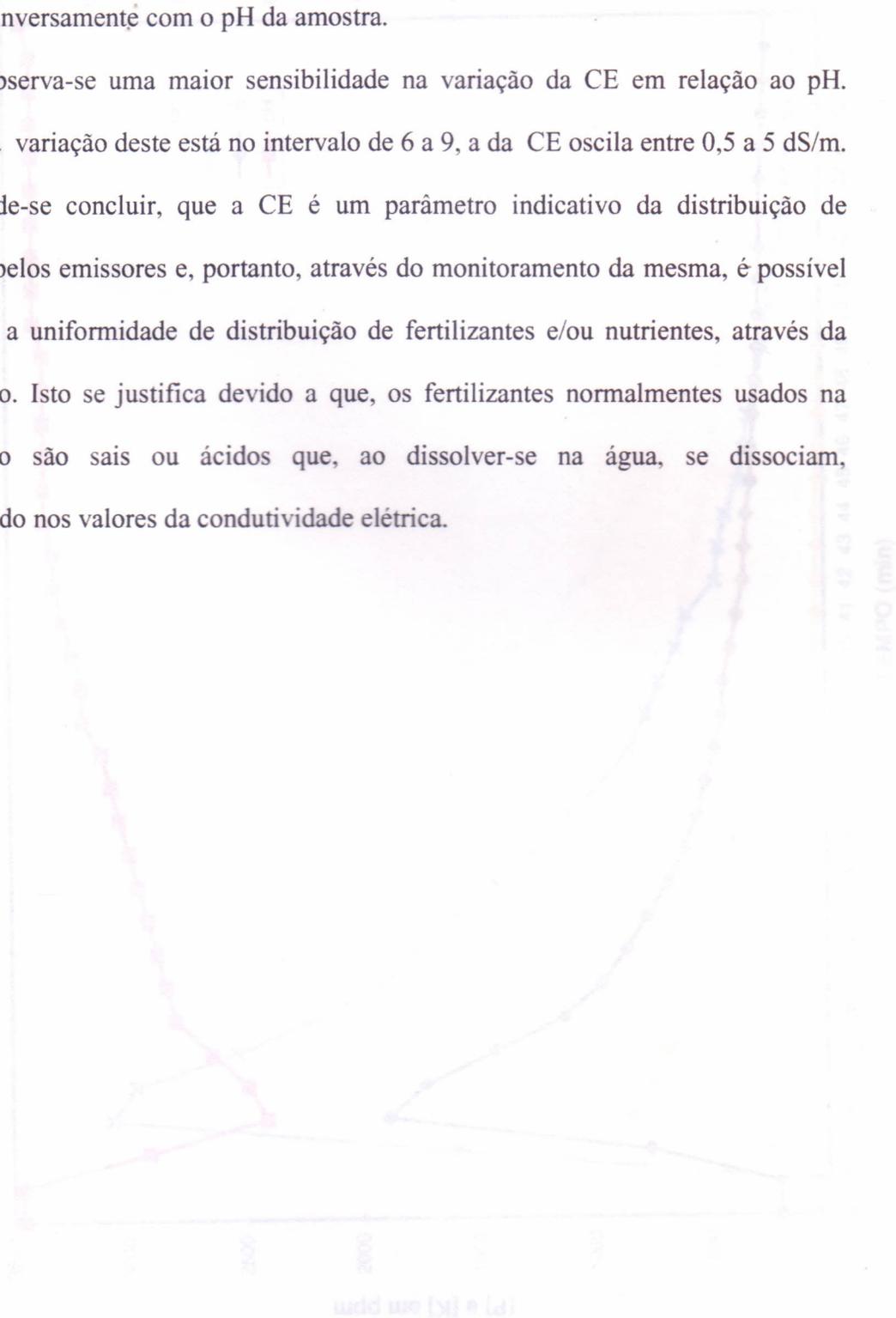
Comparando-se os coeficientes de variação obtidos para o sistema operando com uniformidade de irrigação 100% (CV= 0%) e para o sistema operando com coeficiente de uniformidade de 96,4%, (CV= 4,65%), verifica-se que houve um aumento no CV dos nutrientes aplicados de 3,53% para 5,71% em relação ao fósforo e de 1,63% para 4,21% em relação ao potássio. Assim, pode-se concluir que a variação das quantidades de fertilizantes aplicados foi determinada, mais pela uniformidade do sistema, do que pela solubilidade dos fertilizantes, confirmando HANS *et al.* (1983).

TABELA 6 - Quantidades de P e K aplicados ao longo da linha de gotejadores, com vazão de derivação de 0,43 l/seg., considerando-se as vazões individuais dos emissores

LINHA TEMPO	P				K			
	01	02	03	04	01	02	03	04
.....min.....	(mg).....				(mg).....			
Testem.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
0 - 24	1,7	1,7	1,8	1,7	8,2	8,4	8,4	8,2
24 - 25	9,2	0,1	0,1	0,1	10,9	0,3	0,3	0,3
25 - 26	34,4	0,1	0,1	0,1	21,0	0,3	0,3	0,3
26 - 27	26,4	5,7	0,1	0,1	20,3	13,9	0,3	0,3
27 - 28	24,1	29,4	7,3	0,1	17,3	18,9	10,0	0,3
28 - 29	17,0	26,2	30,4	0,1	15,0	20,1	20,9	0,3
29 - 30	12,0	23,9	27,7	10,5	13,1	17,3	20,6	11,9
30 - 31	10,4	18,0	26,7	24,3	12,0	15,1	19,5	17,4
31 - 32	9,4	13,6	19,2	23,3	10,8	14,0	16,6	17,0
32 - 33	7,3	11,4	13,7	18,2	9,7	12,3	13,6	15,8
33 - 34	5,1	9,8	11,1	12,6	8,6	11,0	12,3	12,9
34 - 35	4,4	8,5	9,6	11,6	7,4	10,1	11,1	11,8
35 - 36	3,7	8,0	7,3	10,2	6,6	8,6	10,0	10,0
36 - 37	2,8	4,8	6,3	8,1	5,7	6,9	9,0	9,2
37 - 38	2,4	3,9	5,5	7,2	5,3	5,9	8,4	9,1
38 - 39	2,2	2,9	4,4	6,5	4,9	5,2	7,2	9,0
39 - 40	1,9	2,6	3,4	6,0	4,4	4,9	6,1	8,4
40 - 41	1,6	1,7	2,8	3,9	4,1	4,4	5,5	6,2
41 - 42	1,4	1,5	2,2	3,5	3,2	3,3	4,7	5,8
42 - 43	1,3	1,4	1,7	2,7	3,1	3,1	4,0	5,1
43 - 44	1,2	1,3	1,6	2,4	2,9	3,0	3,7	4,8
44 - 45	1,0	1,2	1,3	2,0	2,5	2,6	3,1	4,2
45 - 46	0,9	1,0	1,2	1,6	2,4	2,5	3,0	3,6
46 - 47	0,7	0,8	1,1	1,4	2,2	2,4	2,8	3,2
47 - 48	0,7	0,8	1,0	1,2	2,0	2,3	2,6	2,8
48 - 49	0,6	0,7	0,9	1,1	1,7	2,2	2,5	2,7
49 - 50	0,6	0,7	0,8	1,0	1,6	1,9	2,3	2,5
50 - 51	0,6	0,5	0,7	0,9	1,5	1,7	2,0	2,3
51 - 52	0,5	0,6	0,6	0,7	1,2	1,5	1,7	1,7
52 - 57	2,3	2,5	2,8	2,9	5,5	6,1	6,9	8,3
57 - 62	2,1	2,3	2,6	3,1	5,1	5,6	6,8	7,6
62 - 67	1,7	2,1	2,3	2,6	4,7	5,5	6,3	6,0
67 - 72	1,5	1,8	2,1	2,2	4,2	4,9	6,1	5,7
72 - 77	1,4	1,6	1,9	1,9	4,0	4,3	5,4	5,0
77 - 82	1,2	1,4	1,7	1,7	3,6	4,1	4,8	4,8
82 - 90	1,0	1,2	1,3	1,3	3,2	3,8	4,3	4,0
TOTAL	196,8	195,8	205,4	178,9	240,2	238,7	253,4	228,8
%	100,0	99,5	104,3	90,9	100,0	99,4	105,5	95,2

Tomando-se como referência os gotejadores 1 e 4, verifica-se, através das figuras 7 e 8, que a CE se correlaciona diretamente com as concentrações de fósforo e potássio e inversamente com o pH da amostra.

Observa-se uma maior sensibilidade na variação da CE em relação ao pH. Enquanto a variação deste está no intervalo de 6 a 9, a da CE oscila entre 0,5 a 5 dS/m. Assim, pode-se concluir, que a CE é um parâmetro indicativo da distribuição de nutrientes pelos emissores e, portanto, através do monitoramento da mesma, é possível determinar a uniformidade de distribuição de fertilizantes e/ou nutrientes, através da fertirrigação. Isto se justifica devido a que, os fertilizantes normalmente usados na fertirrigação são sais ou ácidos que, ao dissolver-se na água, se dissociam, influenciando nos valores da condutividade elétrica.



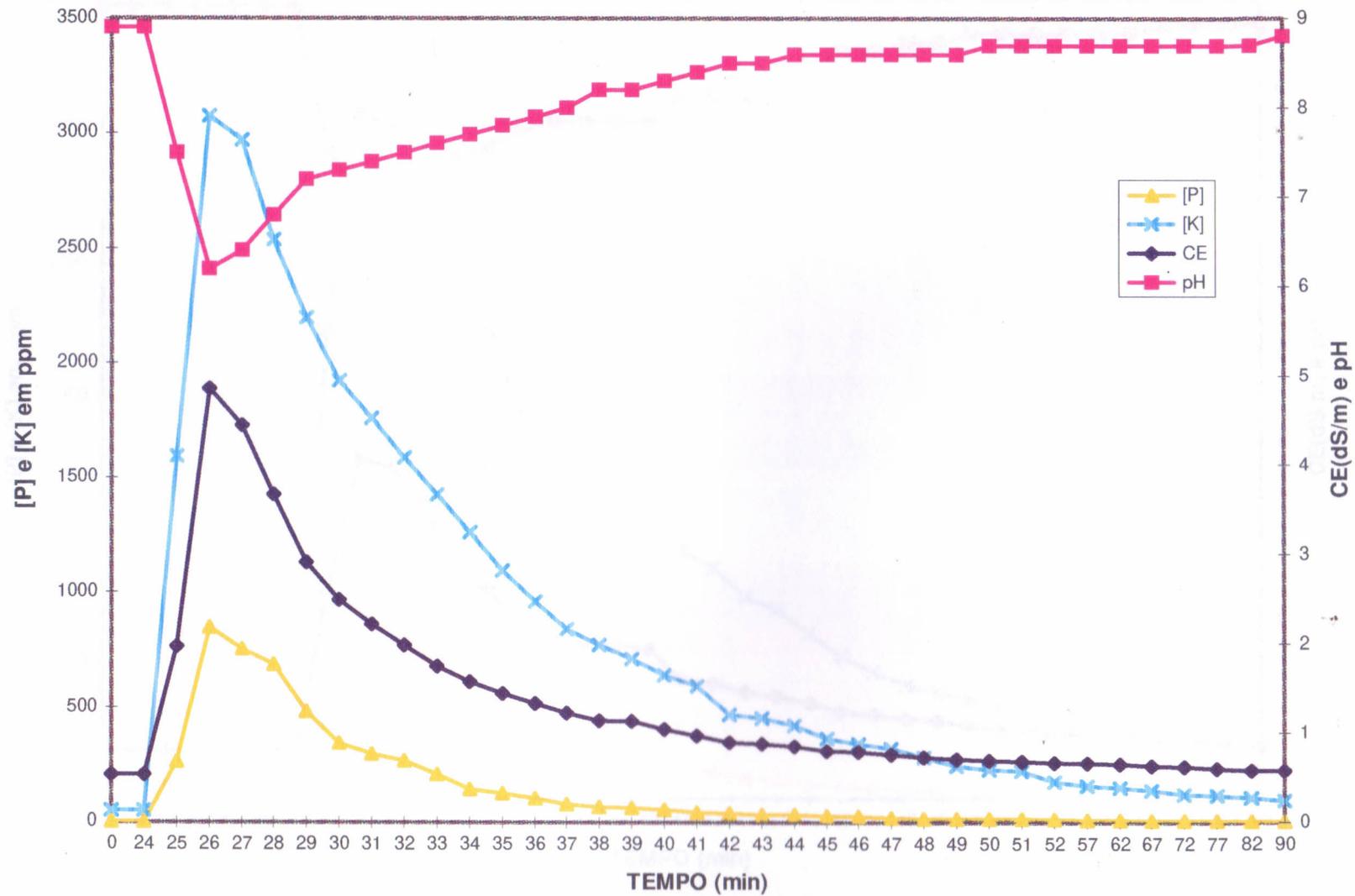


FIGURA 7 - Relação entre a CE , pH, [P] e [K] da água de irrigação, em função do tempo, para o primeiro gotejador da linha

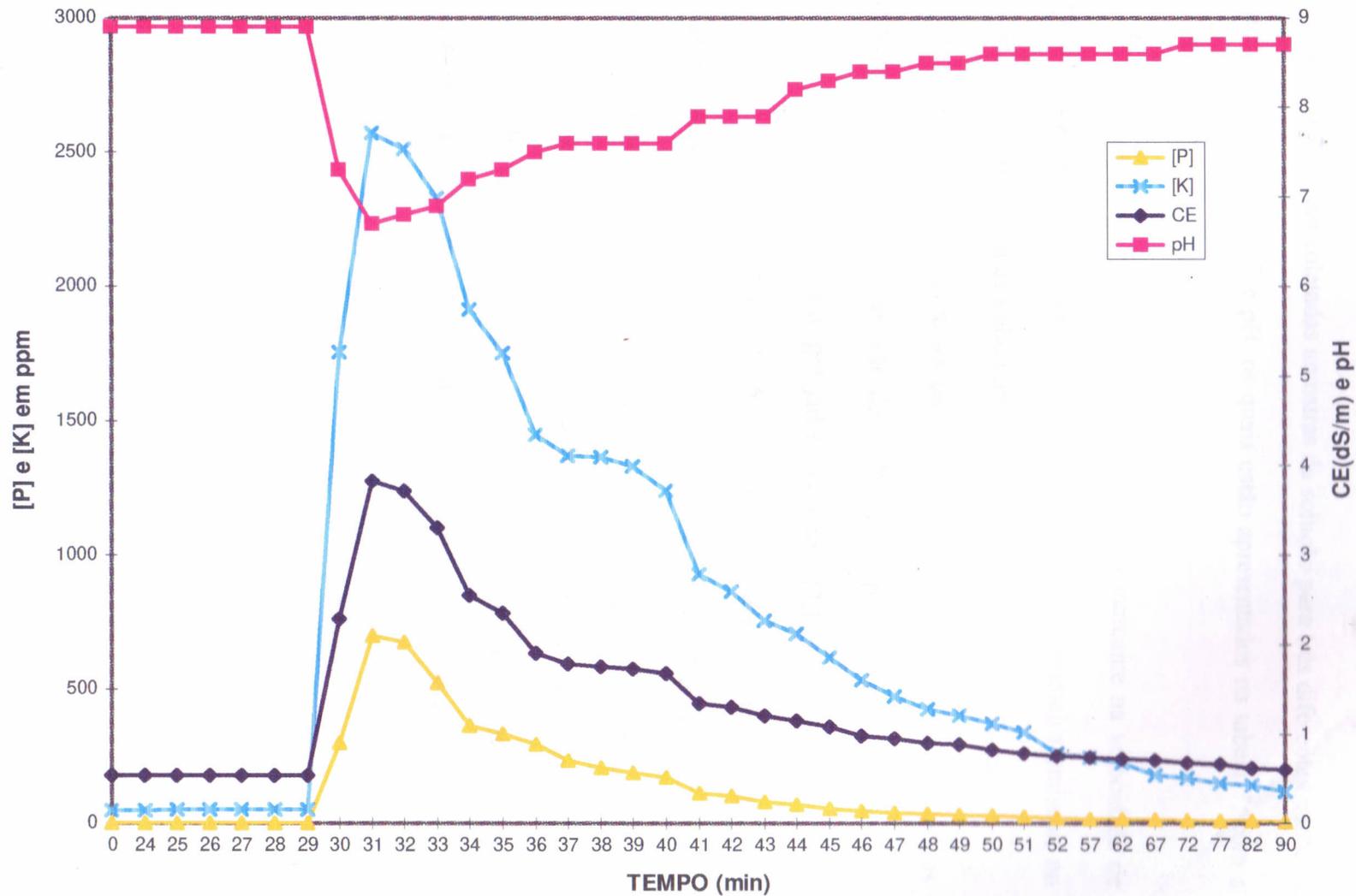


FIGURA 8 - Relação entre a CE , pH, [P] e [K] da água de irrigação, em função do tempo, para o último gotejador da linha

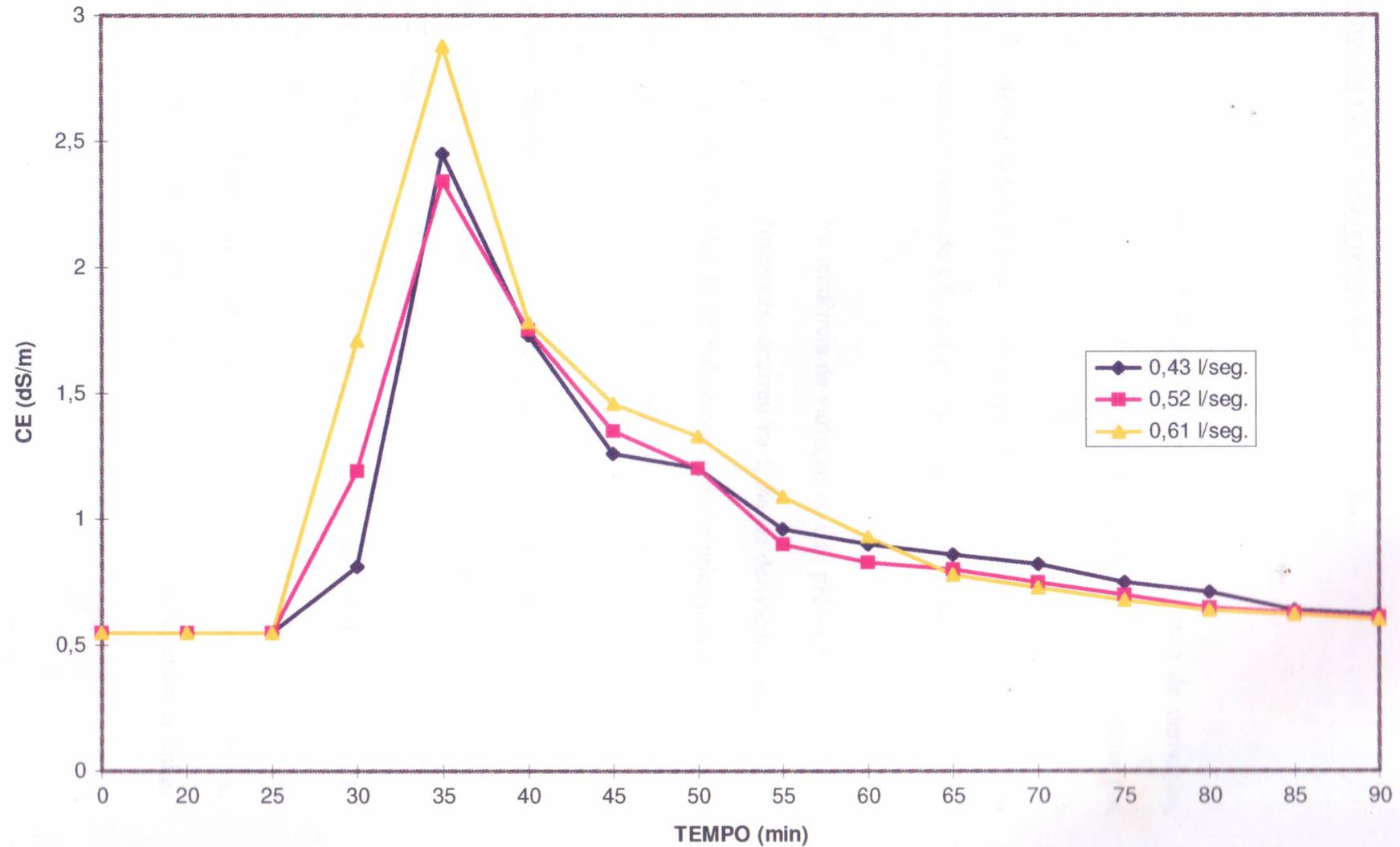
Utilizando a CE como parâmetro para determinar o tempo de fertirrigação e a distribuição dos nutrientes e a fim de determinar a relação entre este tempo e a vazão de derivação do tanque, foram coletadas amostras da solução para três diferentes vazões e determinados os valores de CE e pH, os quais estão apresentados na tabela 7, com a variação da CE ilustrada na figura 9.

Na tabela 7, verifica-se que não houve diferença marcante na velocidade de transporte dos nutrientes, ocorrendo a chegada dos mesmo, ao primeiro emissor, no intervalo de 25 a 30 minutos após a abertura do registro do tanque de derivação.

Tomando os valores das vazões de derivação (0,43 l/s; 0,52 l/s e 0,61 l/s), as quais apresentam coeficiente de variação de 17,3%, e comparando-se com os valores máximos de CE para o primeiro gotejador da linha (3,16; 3,44 e 4,29 dS/m respectivamente), que apresentam CV=16,2%, verifica-se uma tendência direta de aumento de CE máxima com o aumento da vazão, não se verificando, no entanto, grandes diferenças no tempo de estabilização dos nutrientes; provavelmente, devido a pequena variação utilizada na vazão de derivação. Mesmo assim, verifica-se a importância da calibração do tanque para o controle rigoroso da aplicação de fertilizantes (THREADGILL *et al.* 1992, BURT *et al.* 1994, PINTO 1994)

TABELA 7 - CE e pH em quatro emissores da linha B, para diversas vazões de derivação.

		CE (dS/m)												pH															
		0,43 l/s				0,52 l/s				0,61 l/s				0,43 l/s				0,52 l/s				0,61 l/s							
EMISSOR	TEMPO (min)	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04
	0 - 20	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,55	0,55	0,55	0,54	0,55	8,9	8,9	8,9	9,0	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
	20 - 25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,68	0,55	0,54	0,55	0,70	0,54	0,55	0,55	9,0	9,0	8,9	9,0	8,8	8,9	8,9	8,9	8,6	8,8	8,8	8,8	8,6	8,8	8,8	8,8
	25 - 30	3,16	2,84	2,38	0,81	3,44	2,89	2,65	1,19	4,29	3,55	2,94	1,71	7,0	7,3	7,6	8,5	7,0	7,2	7,4	8,4	6,5	7,0	7,3	8,2	6,5	7,0	7,3	8,2
	30 - 35	1,77	1,93	1,92	2,45	1,83	1,97	2,05	2,34	1,94	2,04	2,23	2,88	8,3	8,0	8,0	7,7	8,2	8,0	7,9	7,7	8,1	8,1	7,5	7,4	8,1	8,1	7,5	7,4
	35 - 40	1,26	1,35	1,49	1,73	1,32	1,39	1,68	1,75	1,37	1,47	1,82	1,78	8,4	8,3	8,3	8,2	8,3	8,3	8,2	8,2	8,3	8,3	8,2	8,2	8,3	8,3	8,2	8,2
	40 - 45	0,93	0,98	1,07	1,26	0,97	1,02	1,28	1,35	1,06	1,12	1,35	1,46	8,4	8,4	8,4	8,3	8,4	8,4	8,3	8,3	8,4	8,4	8,3	8,3	8,4	8,4	8,3	8,3
	45 - 50	0,77	0,83	0,94	1,20	0,83	0,85	1,01	1,20	0,88	0,92	1,22	1,33	8,5	8,5	8,4	8,3	8,5	8,5	8,4	8,4	8,5	8,4	8,3	8,3	8,5	8,4	8,3	8,3
	50 - 55	0,74	0,78	0,78	0,96	0,72	0,78	0,85	0,90	0,78	0,81	0,90	1,04	8,5	8,5	8,5	8,4	8,5	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,4	8,3
	55 - 60	0,72	0,73	0,75	0,90	0,70	0,75	0,75	0,83	0,72	0,77	0,85	0,93	8,6	8,6	8,5	8,4	8,5	8,5	8,5	8,4	8,6	8,5	8,4	8,4	8,6	8,5	8,4	8,4
	60 - 65	0,70	0,71	0,73	0,86	0,69	0,70	0,73	0,80	0,66	0,70	0,71	0,78	8,6	8,6	8,6	8,5	8,6	8,5	8,5	8,4	8,6	8,5	8,4	8,4	8,6	8,5	8,4	8,4
	65 - 70	0,68	0,70	0,72	0,82	0,66	0,68	0,72	0,75	0,63	0,67	0,70	0,73	8,6	8,6	8,6	8,5	8,6	8,6	8,5	8,4	8,7	8,6	8,5	8,4	8,7	8,6	8,5	8,4
	70 - 75	0,66	0,68	0,70	0,75	0,64	0,65	0,66	0,70	0,62	0,63	0,65	0,68	8,7	8,7	8,6	8,5	8,6	8,6	8,6	8,5	8,7	8,6	8,6	8,5	8,7	8,6	8,5	8,5
	75 - 80	0,63	0,66	0,68	0,71	0,62	0,62	0,63	0,65	0,60	0,61	0,63	0,64	8,7	8,7	8,7	8,6	8,7	8,6	8,6	8,6	8,7	8,7	8,6	8,6	8,7	8,7	8,6	8,5
	80 - 85	0,62	0,62	0,65	0,64	0,60	0,61	0,62	0,63	0,59	0,60	0,61	0,62	8,7	8,7	8,7	8,6	8,7	8,7	8,6	8,6	8,7	8,7	8,6	8,6	8,7	8,7	8,6	8,6
	85 - 90	0,60	0,61	0,62	0,62	0,59	0,60	0,61	0,61	0,58	0,58	0,59	0,60	8,8	8,8	8,7	8,7	8,8	8,7	8,7	8,7	8,8	8,8	8,7	8,7	8,8	8,8	8,7	8,7



FFIGURA 9 - Relação entre a CE da água de irrigação e a vazão de derivação do tanque, em função do tempo.

4.3 - Distribuição dos fertilizantes na linha de derivação

Para verificar a distribuição do fertilizante ao longo da linha de derivação, foram coletadas amostras da solução em intervalos regulares de cinco minutos nos primeiros gotejadores de quatro linhas de distribuição.

Neste ensaio a vazão de entrada no tanque de derivação do fluxo foi da ordem de 0,76 l/s, estando os valores de CE, pH e concentrações de P ($\mu\text{g/ml}$) e K ($\mu\text{g/ml}$) expostos na tabela 8.

Verifica-se que a mesma tendência da variação de CE, pH e concentrações de P e K encontrada na linha de emissores, ocorreu na linha de derivação, tendo, para a primeira linha, o valor máximo de CE ocorrido entre os cinco primeiros minutos após o início da chegada do nutriente ao gotejador, sendo o valor médio, neste intervalo, de 3,85 dS/m.

As concentrações de P($\mu\text{g/ml}$) e K($\mu\text{g/ml}$) foram transformadas em P(mg) e K(mg), como mostra a tabela 9, onde se pode verificar que após 90 minutos da abertura do registro do tanque de derivação (65 minutos de fertirrigação), as quantidades de P e K entre a primeira e última linha decresceram apenas 5,5% para o P e 1,8% para o K, com um coeficiente de variação de 2,45% para o P e 0,86% para o K. Verifica-se, portanto, que para um tempo de fertirrigação de 65 minutos e vazão de 0,76 l/s, praticamente não houve diferença entre as quantidades de P e K obtidas entre as linhas extremas da parcela.

TABELA 8 - CE, pH e teores de P e K, na água de irrigação, dos primeiros emissores de quatro linhas de distribuição, para diversos tempos, com vazão de derivação de 0,761 l/seg.

LINHA TEMPO	CE				pH				P				K			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
.....min.....	.....dS/m.....								.....µg/ml.....				.....µg/ml.....			
Testemun.	0,53	0,53	0,53	0,53	8,8	8,8	8,9	8,8	2	2	2	2	50	50	50	50
00 - 25	0,53	0,53	0,53	0,53	8,8	8,8	8,9	8,8	2	2	2	2	50	49	49	50
25 - 30	3,85	3,30	3,07	2,05	6,7	6,9	7,0	7,4	658	515	441	264	2485	1933	1735	1399
30 - 35	2,07	2,12	2,20	2,40	7,4	7,4	7,4	7,3	262	283	304	396	1685	1725	1709	1755
35 - 40	1,70	1,75	1,80	1,88	7,6	7,6	7,6	7,5	120	194	220	241	1191	1385	1415	1451
40 - 45	0,85	0,90	0,95	1,03	8,6	8,5	8,5	8,3	36	36	43	54	437	467	495	555
45 - 50	0,71	0,73	0,79	0,87	8,6	8,5	8,5	8,5	17	32	25	34	218	258	306	339
50 - 55	0,64	0,65	0,68	0,75	8,7	8,6	8,6	8,5	12	14	16	21	164	175	212	243
55 - 60	0,62	0,63	0,65	0,72	8,7	8,7	8,7	8,6	10	13	15	19	142	168	188	225
60 - 65	0,61	0,62	0,63	0,68	8,7	8,7	8,7	8,7	9	12	14	16	128	165	178	195
65 - 70	0,60	0,61	0,62	0,64	8,7	8,7	8,7	8,7	8	11	11	12	117	148	150	167
70 - 80	0,58	0,59	0,60	0,61	8,7	8,7	8,7	8,7	6	9	10	10	96	131	135	140
80 - 90	0,54	0,55	0,55	0,56	8,7	8,7	8,7	8,7	4	4	5	5	70	75	78	85

TABELA 9 - Quantidades de P e K, aplicadas pela água de irrigação, nos primeiros emissores de quatro linhas de distribuição, para diversos tempos, com vazão de derivação de 0,761 l/seg.

LINHA TEMPO	P				K			
	A	B	C	D	A	B	C	D
.....min.....	.....(mg).....				.....(mg).....			
0 - 25	1,8	1,8	1,8	1,8	8,7	8,7	8,5	8,7
25 - 30	117,7	93,1	78,9	47,2	86,9	67,6	60,7	48,9
30 - 35	46,9	50,6	54,4	70,8	58,9	60,3	59,8	61,4
35 - 40	21,5	34,7	39,4	43,1	41,6	48,4	49,5	50,7
40 - 45	6,4	7,5	7,6	9,6	15,3	16,3	17,3	19,4
45 - 50	3,0	3,6	4,4	6,0	7,6	9,0	10,7	11,8
50 - 55	2,1	2,5	2,8	3,7	5,7	6,1	7,4	8,5
55 - 60	1,8	2,3	2,6	3,4	4,9	5,8	6,5	7,8
60 - 65	1,6	2,1	2,5	2,8	4,4	5,7	6,2	6,8
65 - 70	1,4	1,9	1,9	2,1	4,0	5,1	5,2	5,8
70 - 80	2,1	3,2	3,5	3,5	6,7	9,1	9,4	9,8
80 - 90	1,4	1,5	1,8	2,1	4,9	5,2	5,4	5,9
TOTAL	0,213	0,2103	0,2078	0,2012	0,2563	0,254	0,2526	0,2516
%	100,0	98,7	97,5	94,5	100,0	99,1	98,5	98,2

4.4 - Distribuição dos nutrientes aplicados no solo

4.4.1 - Distribuição da umidade no perfil do solo

A uniformidade de distribuição da umidade no perfil do solo em estudo encontra-se na tabela 10 e figura 10. Através de sua análise, verifica-se que o bulbo úmido formado foi limitado em profundidade a 40 cm e em largura, de 15 cm a 30 cm.

Assim, pode-se inferir que neste experimento, a umidade não será fator determinante na variação da uniformidade de distribuição dos nutrientes no solo.

TABELA 10 - Distribuição da umidade dentro do bulbo úmido, expressa em percentagem de peso seco.

Profundidade (cm)	D i s t â n c i a (cm)			
	0	15	30	45
0 - 15	15,28	10,15	2,82	0,97
15 - 30	14,89	10,04	5,23	3,47
30 - 45	10,73	9,74	4,59	2,47
45 - 60	9,98	6,78	2,34	1,31
60 - 75	12,78	8,77	-	-
75 - 90	13,63	8,5	-	-

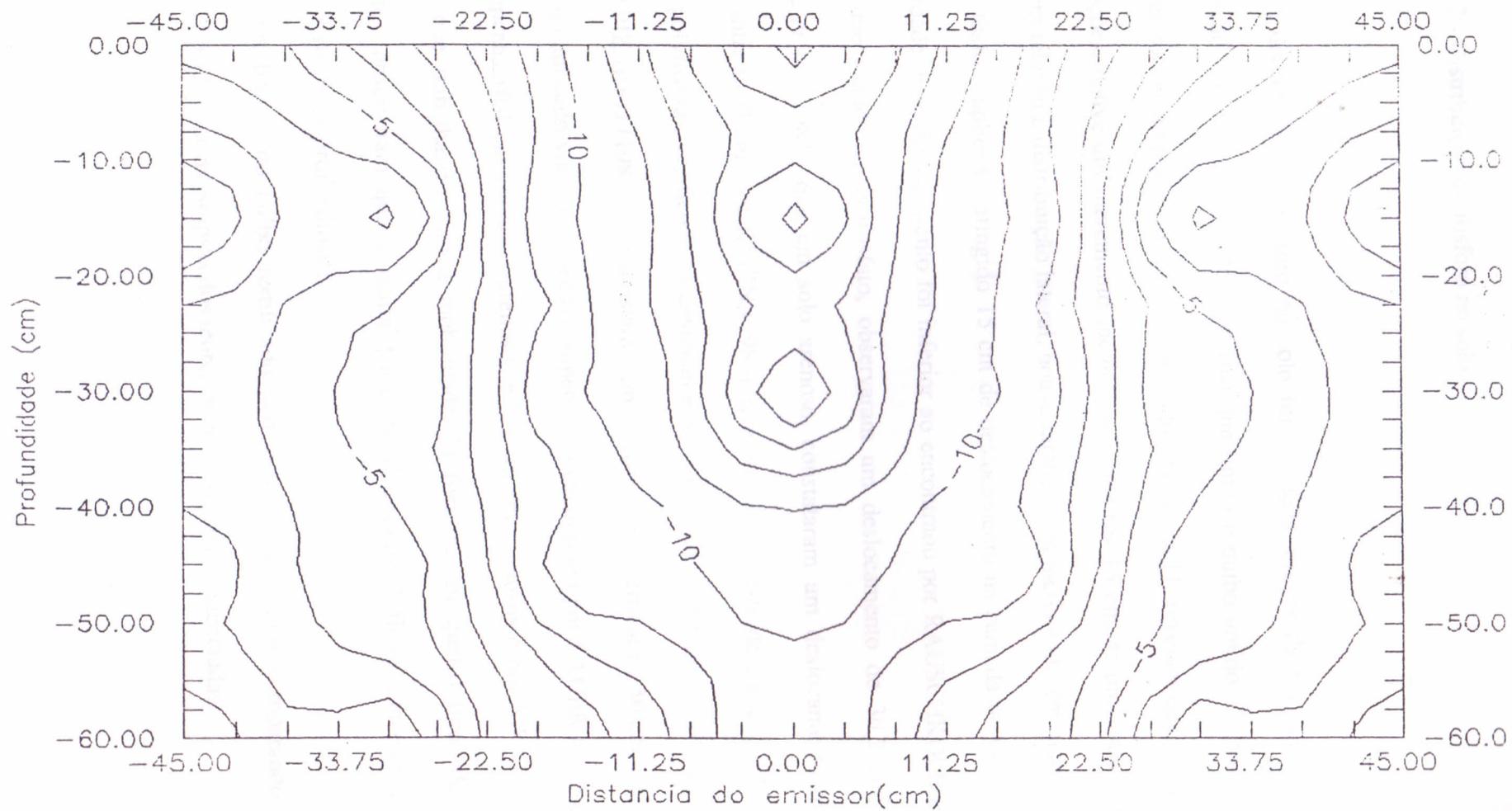


FIGURA 10 - Perfil de umidade (bulbo úmido) com base no peso seco

4.4.2 - Distribuição do fósforo no solo disponível no solo, aplicado via fertirrigação

A distribuição do fósforo no solo foi estudada através da variação de sua concentração, em um raio da calota esférica que limita o bulbo úmido. Os resultados das concentrações no perfil do solo, apresentados na tabela 11, revelam que, após sete fertirrigações, houve um incremento médio nos primeiros 15 cm de profundidade de 59%, e em relação à distribuição lateral, houve também um incremento em quantidade, tendo, o fósforo aplicado, atingido 15 cm de deslocamento na camada de 0-5 cm de profundidade. Este deslocamento foi inferior ao encontrado por RAUSCHKOLB *et al.* (1976), que usando glicerofosfato, observaram um deslocamento de 30,5 cm; por GOYAL *et al.* (1983), que em solo arenoso, constataram um deslocamento médio vertical entre 0-80 cm; por KLEIN (1983), que através de teste de campo, aplicando orto ou polyfosfato, verificou um deslocamento horizontal de 50 cm e vertical de 60 cm; por PIZARRO (1987), que constatou um deslocamento vertical de 50 cm quando o fósforo foi aplicado via gotejamento e superior ao encontrado por LAUER (1988), que foi de apenas 10,4 cm em solos arenosos e 7,3 cm em argilosos e por SIRAFY *et al.* (1993), que trabalhando com a mobilidade do fósforo, em quatro tipos de solos diferentes, observaram que a maior parte do P disponível ficou concentrado nos primeiros 10 cm de profundidade.

Os limites do bulbo fertilizado podem ser visualizados comparando-se as figuras 11 e 12, onde as isoípsas dos teores de fósforo estão evidenciadas.

TABELA 11 - Distribuição de P($\mu\text{g/ml}$) disponível no solo, aplicado via fertirrigação.

Profundidade (cm)	Trat.	Distância do emissor (cm)					
		5	10	15	20	30	40
0 - 5	T	30,1	29,0	29,0	29,1	29,2	29,4
	F	40,4	35,8	32,0	28,0	29,0	28,4
5,1 - 10	T	21,1	23,0	21,5	20,0	21,5	19,3
	F	30,8	26,5	22,1	20,1	19,5	21,5
10,1 - 15	T	6,1	6,5	6,1	6,6	5,8	5,4
	F	12,1	10,3	5,8	6,1	6,0	5,7
15,1 - 20	T	4,8	4,0	3,0	4,4	4,2	3,7
	F	4,5	5,5	4,5	5,0	5,1	4,3
20,1 - 30	T	2,4	3,0	3,6	3,0	2,2	2,6
	F	2,8	2,7	3,0	2,6	3,3	2,0
30,1 - 40	T	0,7	1,0	1,6	0,6	0,6	1,6
	F	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6

T = Testemunha

F = Fertirrigadas

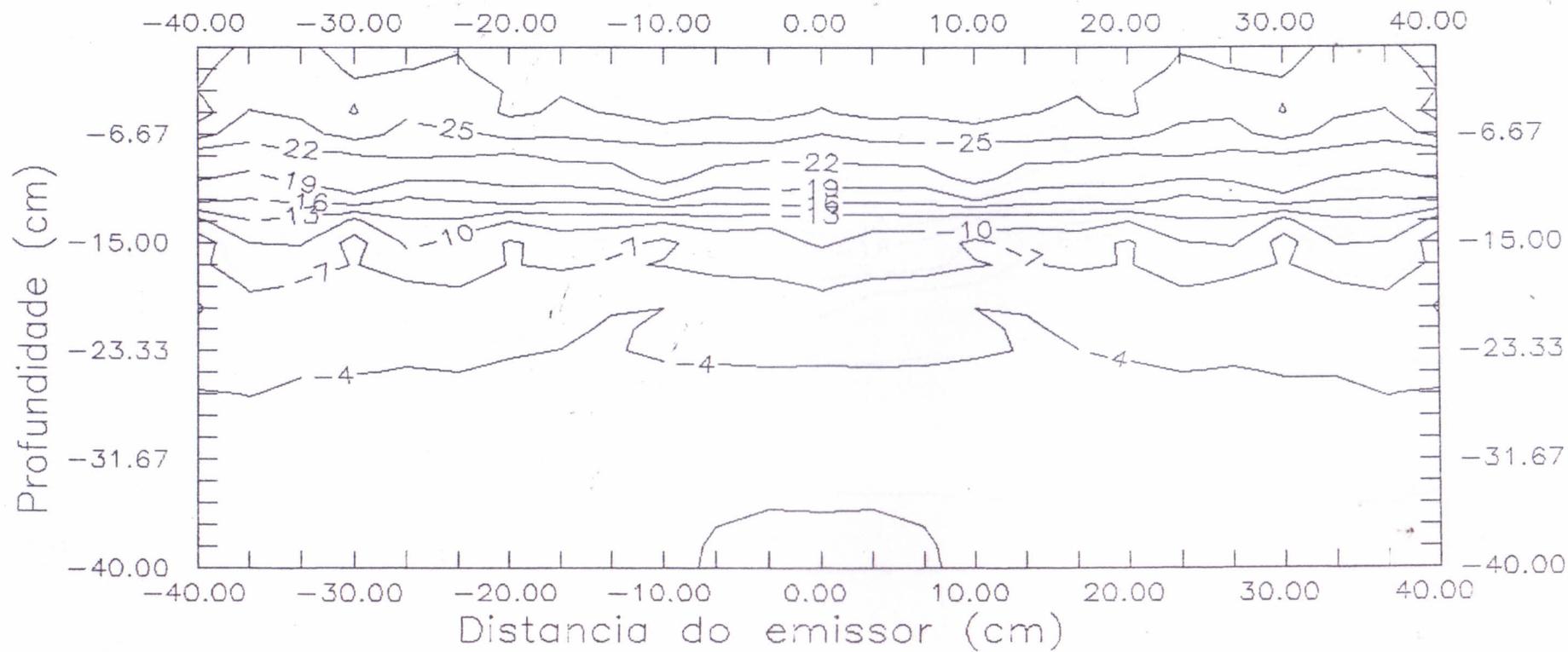


FIGURA 11 - Distribuição dos teores de P($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, antes da fertirrigação

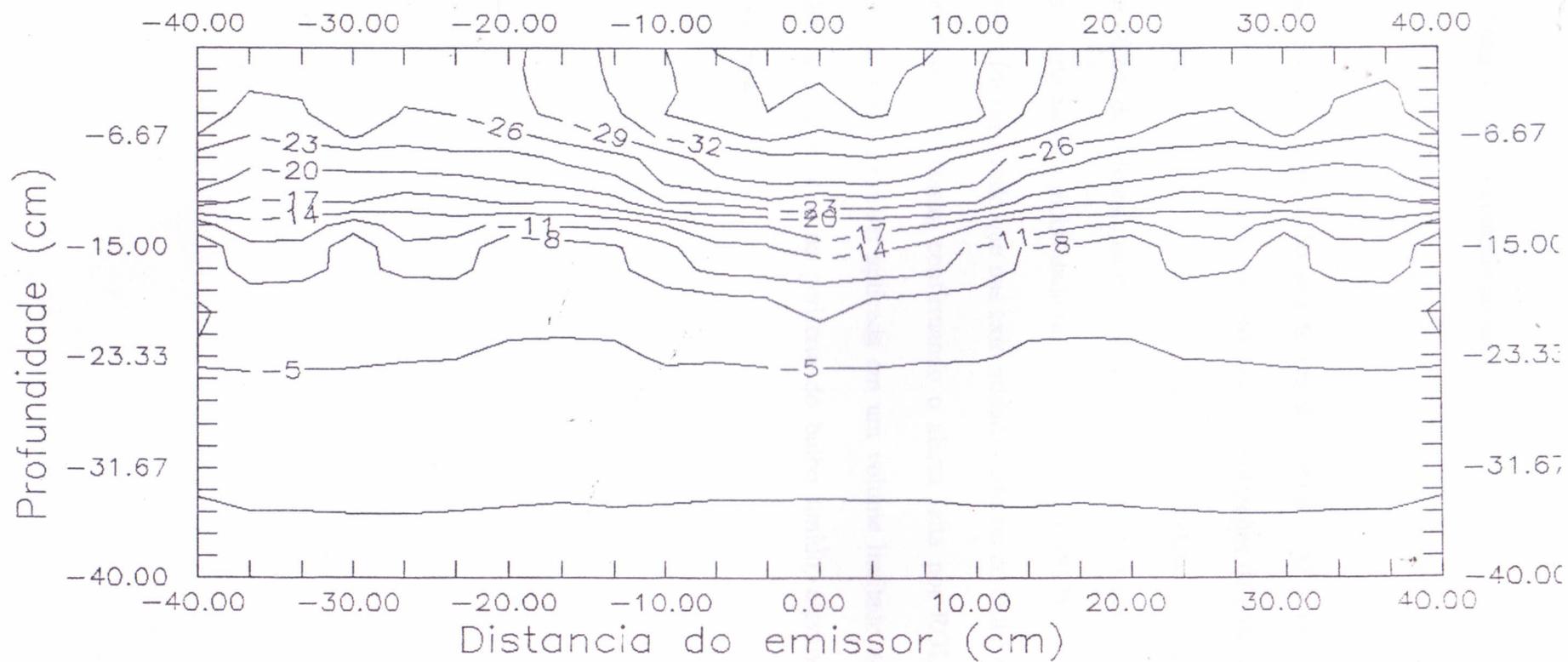


FIGURA 12 - Distribuição dos teores de P($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, após sete fertirrigações

TABELA 4.4.3 - Distribuição do potássio no solo

Na análise da distribuição dos teores de potássio no solo (TABELA 12 e FIGURAS 13 e 14), verifica-se incremento nas concentrações de potássio para todo o perfil estudado, indicando que o potássio atingiu profundidades e distâncias laterais superiores aos 40 cm do solo estudado, confirmando-se assim, o que relata a literatura, de que o K apresenta elevada mobilidade no solo (PIZARRO, 1987).

Também foi verificado que nas extremidades laterais do bulbo úmido, há uma maior concentração de potássio, confirmando o alerta feita por ROLSTON *et al.* (1986), de que, devido a água ser aplicada em um volume limitado do solo, os sais solúveis tendem a se acumular na periferia do bulbo úmido, elevando o valor da salinidade nesta região.

TABELA 12 - Distribuição de K($\mu\text{g/ml}$) disponível no solo, aplicado via fertirrigação.

Profundidade (cm)	Trat.	Distância do emissor (cm)					
		5	10	15	20	30	40
0 - 5	T	82	81	81	80	82	80
	F	135	140	140	150	160	170
5,1 - 10	T	74	71	69	73	73	72
	F	135	125	130	150	150	165
10,1 - 15	T	72	70	75	71	73	72
	F	125	130	120	125	140	150
15,1 - 20	T	60	62	64	58	58	51
	F	125	120	120	130	130	125
20,1 - 30	T	36	38	38	35	32	34
	F	120	110	110	115	110	100
30,1 - 40	T	34	35	35	30	29	30
	F	130	110	115	110	90	89

T = Testemunha

F = Fertirrigadas

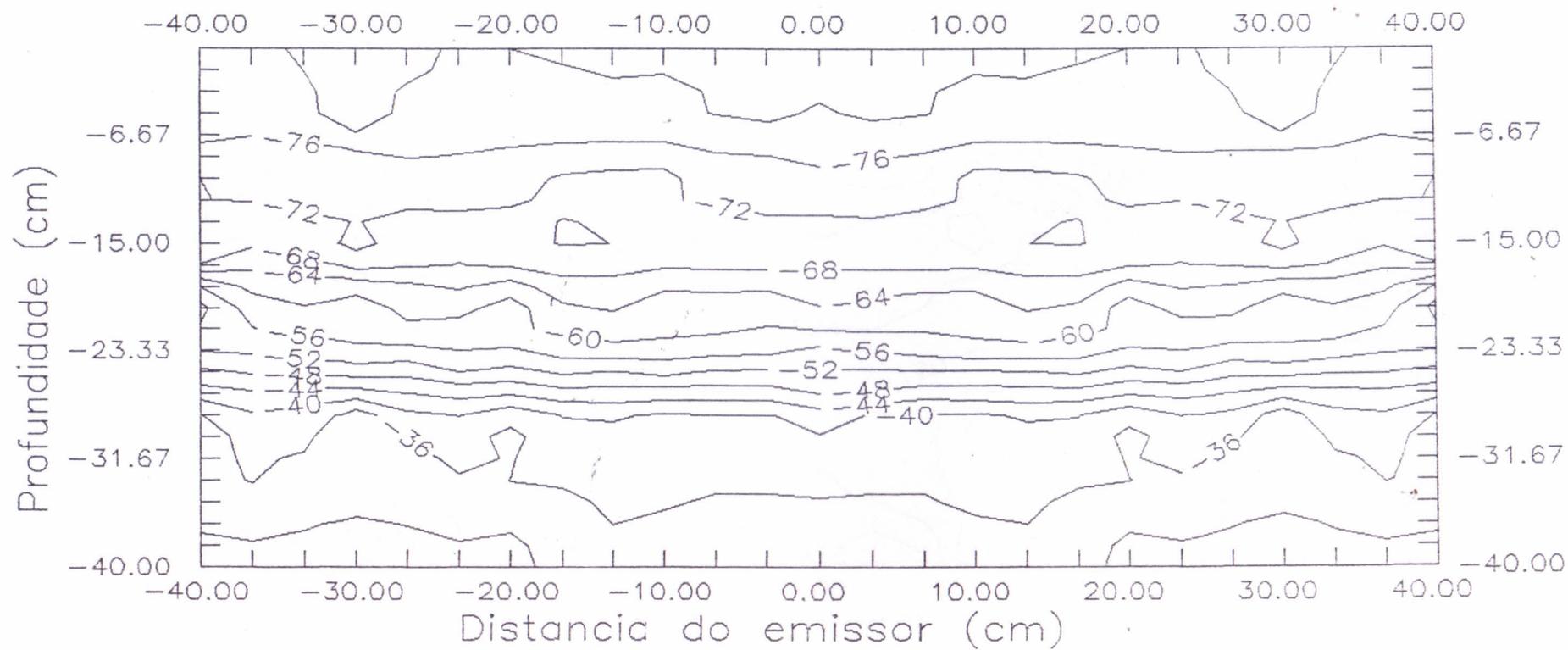


FIGURA 13 - Distribuição dos teores de K($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, antes da fertirrigação

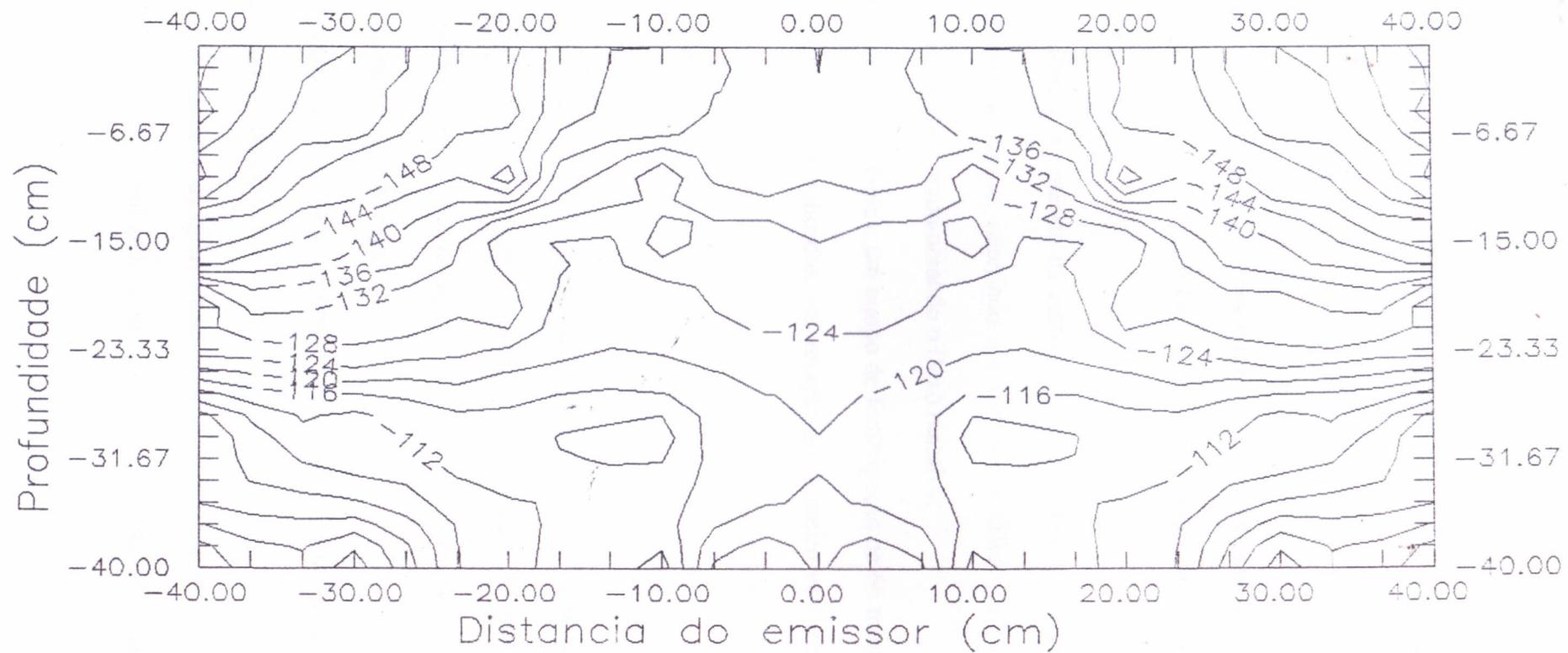


FIGURA 14 - Distribuição dos teores de P($\mu\text{g/ml}$) no perfil do solo, após sete fertirrigações

5 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, com a metodologia empregada e as condições nas quais foram conduzidos os ensaios, permitem tirar as seguintes conclusões:

1. O fósforo e o potássio na amostra de cada emissor, atingiram a máxima concentração ao mesmo tempo, sugerindo que não houve diferença na velocidade de transporte destes nutrientes, predominando o fluxo massivo;

2. Com vazão constante e um tempo de fertirrigação de 66 minutos, a redução na quantidade de nutrientes aplicados, em relação ao primeiro emissor, foi de 2,4%, 4,2% e 8,1% para o P e 2,6%, 3,1% e 3,6% para o K, nos gotejadores de número 2, 3 e 4, respectivamente, verificando-se uma tendência à uniformização, com o decorrer do tempo.

3. Pela análise da variação das quantidades de nutrientes aplicados, considerando-se o sistema com e sem variação na uniformidade de aplicação, verifica-se que a uniformidade de aplicação de água é determinante na variação da uniformidade de distribuição de nutrientes na linha

4. A distribuição de fertilizantes, entre linhas de distribuição, foi similar à distribuição dentro das linhas, verificando-se que para a vazão de 0,76 l/h e tempo de fertirrigação de 65 minutos, as quantidades de P e K decresceram de 5,6% e 1,6%, respectivamente, para o P e k aplicados entre a primeira e última linha da parcela

5. A condutividade elétrica pode ser usada como parâmetro para avaliar a distribuição de nutrientes ao longo da linha de emissores;

6. A distribuição do fósforo e do potássio no solo, ocorreu tanto horizontal quanto verticalmente, sendo que o deslocamento do fósforo limitou-se a um raio de 15cm, enquanto que o do potássio ultrapassou os 40 cm do solo estudado, tanto horizontal quanto verticalmente.

6 RECOMENDAÇÕES

1. Recomendamos que sejam feitos estudos da distribuição do fertilizante na linha de distribuição com diferentes sistemas de injeção de fertilizantes;
2. Recomendamos estudar a influência de diferentes tipos de fertilizantes e combinações, usadas em fertirrigação, na performance de distribuição dos mesmos, pelos gotejadores.
3. Em relação aos nutrientes no solo, recomendamos que seja efetuado estudo para analisar a distribuição de nutrientes no solo, aplicados através da fertirrigação, em diferentes tipos de solos.
4. Recomendamos que os estudos avancem, considerando a interação do fertilizante aplicado, via fertirrigação, com a planta cultivada, em seus diferentes estágios de desenvolvimento.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V. M. C., FRANÇA, G. E. de, RESENDE, M. Curso de uso e manejo de irrigação, Aplicação de fertilizante via água de irrigação por aspersão. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/ CNPMS, 1990. 10p.
- ABREU HERNÁNDEZ, J. M., LÓPEZ, J. R., REGALADO, A. P., et al. El riego localizado IN: Curso Internacional de Riego Localizado. Madrid-Espanha, 1987. p. 183-194.
- BAR - YOSEF, B. Fertilization under drip irrigation. IN: PALGRAVE, D. A. Fluid fertilizer science and technology. [s.l: s.n.], 1991. 633p. p. 285-329 (Fertilizer science and technology, séries, 7).
- BURT, C. M. Drip and microirrigation trees, vines, and row crops. San Luis Obispo, Califórnia: Irrigation Training and Research Center, 1994, p. chapter 9: chemical injection for water treatment.
- BASSOI, L. H. Lixiviação e acumulação de nutrientes em culturas fertirrigadas. Botucatu: UNESP/Curso de pós-graduação em agronomia, 1991. 13p. Mimiografado.

CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by sprinkling. 2. ed. Berkley, University of California. 1972 . 124p. (California Agricultural Experimental Station Bulletin 670)

COSTA, E. F., FRANÇA, Gonçalo E., ALVES, Vera M.C. Aplicação de fertilizante via água de irrigação. Informe. agro-pecuário, Belo Horizonte, v .12, n.139, p.63-68, 1996

DENÍCULI, W., FEITOSA FILHO, J. C., LOUREIRO, B. T., et alli. Desempenho do injetor de fertilizante venturi na fertirrigação por microaspersão. Revista Ceres, Viçosa, v. 39, n. 226, p.554-563, 1992.

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

FEITOSA FILHO, J. C., DENÍCULI, W., LOUREIRO, B. T., et alli. Desempenho do tanque de derivação por microaspersão. Revista Ceres, Viçosa, v.38, n. 216, p.125-135, 1991.

FERREIRA, José Orlando Piauilino. Caracterização hidráulica de dois injetores de fertilizantes do tipo venturi. Piracicaba: ESALQ, 1994. 76p.(Dissertação de mestrado)

FRIZZONE, J.A., ZANINI, J. R., PAES, L.A.D., et alli. Fertirrigação mineral. Ilha Solteira, SP: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico)

FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A., et alli. Aplicação de fertilizante via água de irrigação. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Engenharia Rural, 1994. 35p (série didática ,8)

LAUER, D.A. Vertical distribution in soil of sprinkler applied Phosphorus. Soil Science Society American, v. 52, p. 862- 868, 1988.

MIKKELSEN, R. L. Phosphorus fertilization through drip irrigation. J. Prod. Agric., v.2 n.3, p. 279-286, 1989.

PINTO, J. M., SOARES, J. M. Fertirrigação - A adubação via água de irrigação. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1990. 16p

PINTO, J. M. Fertirrigação IN: Curso sobre hortaliças irrigaadas no nordeste , 3, Petrolina: MARA/ CPATSA, 1994. 20p

PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frequência. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. p. 285-311.

ROLSTSON, D. E., MILLER, R. J., CHULBACH, H. Management principles. IN: NAKAYAMA, F. S., BUCKS, D. A. Trickle irrigation for crop production design operation and management, Amsterdam: Elsevier, 1986, p. 317-341. (Developments in Agricultural Engineering 9).

RUBEIZ, I.G., STROEHLEIN, J.L., OEBKER, N.F. Effect of irrigation methods on urea phosphate reactions in calcareous soils. Commun. in Soil Sci. Plant Anal., v. 22, n. 5/6, p. 431-435, 1991.

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

EL - SIRAFY, Z. M., EL - HAMDI, Kh. H., TAHA, A. A. Movement of phosphorus and potassium in soil columns. Egyptian Journal of Soil Science. v.35, n.2, p. 97-110, 1993

THEADGILL, E. D., EISENHAUER, D. E., YOUNG, J. R., et alli. IN: HOFFMAN, G. J., HOWWEL, T. A. & SOLOMON, K. H. Managemente of farm irrigation systems, St. Joseph, ASAE, 1990. Cap. 20, p. 749-780.

VITTI, G. C., BOARETTO, A. E. Fertilizantes fluidos, Piracicaba, SP: POTAFOS, 1994. 343 p.

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

YITZHAK KLEIN, O. Irrigation and fertigation of fruit trees by drip irrigation. Water and irrigation review, july 1983