

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFEITO DA CLORAÇÃO, USO DE FILTRO DE DISCO E DE FILTRO
DE MANTA SINTÉTICA NÃO TECIDA NA OBSTRUÇÃO DE
GOTEJADORES.**

Tulio Assunção Pires Ribeiro

**CAMPINAS -SP
FEVEREIRO DE 2003**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFEITO DA CLORAÇÃO, USO DE FILTRO DE DISCO E DE FILTRO
DE MANTA SINTÉTICA NÃO TECIDA NA OBSTRUÇÃO DE
GOTEJADORES.**

Tulio Assunção Pires Ribeiro

Orientador:

Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani

**Tese de Doutorado submetida a banca
examinadora para a obtenção do título de Doutor
em Engenharia Agrícola, área de concentração
Engenharia de Água e Solo.**

**Campinas -SP
FEVEREIRO de 2003**

A minha companheira Cristina, e a meus pais,
pelo amor, carinho e dedicação

AGRADECIMENTOS

A Deus

A todos os parentes e amigos, pela confiança, estímulo e apoio

A minha companheira de todas as horas, pela sua paciência e compreensão em muitos momentos no decorrer deste trabalho.

Aos meus pais que tudo fizeram para que eu pudesse ter uma formação universitária.

Ao Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani, pela orientação, amizade e compreensão para comigo no decorrer deste trabalho de pesquisa.

A Dr. Maria Eliza Zagatto Paterniani pelo carinho, atenção e ajuda nas análises estatísticas.

Aos, colegas de pós-graduação, que no decorrer do trabalho transformar-se em grandes amigos. Solidários e sempre prontos a participar de todo o desenvolver deste meu trabalho. Em especial à Rogério Pereira da Silva Airoidi e Marcelo Jacomini Moreira da Silva que foram duas pessoas que apoiaram e ensinaram-me de uma maneira muito divertida e alegre a superar todas as dificuldades que surgiram no decorrer da pesquisa.

A aluna de graduação Ana Leticia Pighinelli pela sua ajuda na coleta de dados, digitação e revisão final deste trabalho.

Aos funcionários Luiz Carlos da Silva, Célia Panzarin Gonçalves, Angelica, Ana Paula Montagner e principalmente Gelson Espíndola da Silva pelo seu incentivo, idéias criativas e na montagem do experimento no campo.

A todos os professores do Departamento de Água e Solo da FEAGRI.

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos funcionários do Campo experimental da FEAGRI pela presteza e atenção.

A Fundação de Apoio e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento deste projeto de doutorado.

A todos aqueles que, de uma maneira direta ou indireta, colaboraram para que esse trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	IV
SUMÁRIO.....	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIV
1) INTRODUÇÃO	1
2) OBJETIVO.....	3
3) REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	4
3.1) IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	4
3.1.1. Características da irrigação localizada.....	4
3.1.2. Vantagens.....	4
3.1.3. Limitações.....	6
3.2) FERTIRRIGAÇÃO	7
3.2.1. Vantagens.....	8
3.2.2. Limitações.....	8
3.3) QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	9
3.4) FILTRAÇÃO DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	10
3.4.1. Objetivos da filtração.....	10
3.4.2. Análise dos Filtros	11
3.4.2.1 Eficiência de remoção.....	11
3.4.2.2. Perda de carga, ou diferencial de pressão	12
3.4.2.3. Entupimento dos emissores.....	12
3.4.3. Tipos de filtros usados na irrigação localizada	13
3.4.3.1. Filtro de disco	13
3.4.3.2. Filtros de mantas sintéticas não tecidas.....	14
3.5) HIDRÁULICA DOS GOTEJADORES	15
3.6) PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	16
3.6.1. PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA	16
3.6.2. PERFORMANCE DO GOTEJADOR NO CAMPO.....	19
3.6.3. Coeficiente de Variação de Fabricação.....	20
3.7) PREVENÇÃO PARA ENTUPIMENTO DE GOTEJADORES	22
3.8) TRATAMENTO PREVENTIVO PARA O CONTROLE DE ALGAS E BACTÉRIAS	23
3.9) CLORAÇÃO DA ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA	23
3.9.1. Reação do cloro na água	24
3.9.2. Aplicação do Cloro	29
3.9.3 Algumas Indicações do Uso de Cloro	30
3.10. SISTEMAS DE INJEÇÃO DE FERTILIZANTES A REDE DE IRRIGAÇÃO ATRAVÉS DE BOMBAS INJETORAS	30
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1. LOCAL	32
4.1.1. <i>Instalação Experimental</i>	32

4.2) GOTEJADORES	39
4.3) BOMBA INJETORA	41
4.3.1 Sistema de injeção de fertilizantes através de bomba injetora.	41
4.3.2 Descrição do princípio de operação.	41
4.4) FERTILIZANTE	43
4.5) CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DOS FILTROS	44
4.6) PREVISÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO PARA A FERTIRRIGAÇÃO.	46
4.6.1 Tempo de Fertirrigação e Instantes de Coleta de Amostras.....	48
4.7) CALCULO DA CONCENTRAÇÃO A SER OBTIDA E QUANTIDADE APLICADA DE HIPOCLORITO DE SÓDIO NO TRATAMENTO QUÍMICO.	48
4.7.1. Tempo de Cloração e Instantes de Coleta de Amostras.....	53
4.8) PARÂMETROS AVALIADOS NAS ANÁLISES DA ÁGUA	53
4.9) PROCEDIMENTO DE ANÁLISES DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS DA ÁGUA:	54
4.10) PROCEDIMENTO DE ANÁLISES PARA DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ DA ÁGUA:	56
4.11) ÍNDICES DE UNIFORMIDADE AVALIADOS	57
4.12) METODOLOGIA PARA A CONTAGEM DE BACTÉRIAS E ALGAS.	61
4.13) METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE BACTÉRIA FÉRRICAS	61
4.14) METODOLOGIA PARA A ANÁLISE ESTATÍSTICA	62
5) RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
5.1) ÁGUA DO RESERVATÓRIO	63
5.2) INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	92
5.3) ÁGUA EFLUENTE DOS ELEMENTOS FILTRANTES	95
5.3.1. Análise estatística dos parâmetros físicos e biológicos dos efluentes dos filtros.....	108
5.3.2. Análise estatística dos valores médios dos parâmetro físicos e biológicos nas 4 fases.	114
5.4) ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DE ALGAS E BACTÉRIAS NAS MANGUEIRAS E GOTEJADORES.....	116
5.4.1. Algas	116
5.4.2. Bactérias	125
5.5) EFEITO DA CLORAÇÃO NOS FILTROS	127
5.9. CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS FÍSICOS E BIOLÓGICOS.....	132
5.10. ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDADE NAS 4 ETAPAS	135
5.10.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ÍNDICES DE UNIFORMIDADE	152
5.11 RESULTADOS DO ENSAIO DE PERDA DE CARGA VERSUS VAZÃO ENTRE OS FILTRO DE DISCO E MANTA COM ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	163
5.12. PERDA DE CARGA NOS FILTROS NAS 4 ETAPAS.....	165
5.13 ANÁLISE QUÍMICA DOS ELEMENTOS CONTIDOS NO LODO DEPOSITADO NAS LINHAS LATERAIS DE GOTEJAMENTO.....	169
6. CONCLUSÕES	172
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	174

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição percentual de hipoclorito e ácido hipocloroso nas águas com pH desde 5 até 10. Fonte: Desinfecção de águas. CETESB, São Paulo/SP, 1974.....	25
Figura 2. Distribuição percentual de mono e dicloraminas nas águas com pH desde 5 até 10. Fonte: Desinfecção de águas. CETESB, São Paulo/SP, 1974. 210 p.....	27
Figura 3 Curva representativa do ponto de inflexão (Break Point) N= 1 mg/l. Fonte ROSSIN (1986)	29
Figura 4 - Esquema geral do experimento no campo	34
Figura 5 - Visão geral do experimento no campo experimental da FEAGRI	35
Figura 6 - Entrada de cada parcela experimental.	36
Figura 7 - Foto ilustrando transdutores de pressão.....	37
Figura 8 - Foto ilustrando sistema de aquisição de dados.....	38
Figura 9 - Laterais com gotejadores	39
Figura 10 - Controlador automático de irrigação e contadora.....	39
Figura 11 Esquema do Gotejador.....	40
Figura 12 Funcionamento da bomba DOSATRON	42
Figura 13 Bomba injetora de fertilizante da marca DOSATRON.....	43
Figura 14 Filtro de Manta Sintética não Tecida.	44
Figura 15 Filtro de disco de 130 microns.....	45
Figura 16 . Esquema da instalação para elaboração das características dos elementos filtrantes.....	46
Figura 17 Esquema para calculo da dosagem de fertilizante.....	47
Figura 18 Suporte de filtro com receptor da marca NALGE COMPANY usado para determinação de sólidos suspensos totais.....	56
Figura 19 Nomograma para avaliação da uniformidade de distribuição de água (Bralts & Kesner, 1983).	59
Figura 20 - Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados na primeira etapa	65
Figura 21 - Variação das concentrações de ferro total e sulfetos na primeira etapa	66
Figura 22 - Variação dos parâmetros biológicos analisados na primeira etapa.....	68
Figura 23 - Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos, analisados na segunda etapa.....	70
Figura 24 - Variação das concentrações de ferro total e sulfetos na segunda etapa.....	72
Figura 25 - Variação da concentração de algas e bactérias analisados na segunda etapa.	74
Figura 26 – Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados na terceira etapa.....	76
Figura 27 – Variação das concentrações de ferro total e sulfetos na terceira etapa.	77
Figura 28 – Variação da concentração de algas e bactérias analisados na terceira etapa.....	79
Figura 29 – Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados na quarta etapa.....	81
Figura 30 – Gráfico da variação das concentrações de ferro total e sulfetos na quarta etapa	82
Figura 31 – Gráfico da variação dos parâmetros biológicos analisados na quarta etapa	84
Figura 32 – Variação média da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados nas 4 etapas.	87
Figura 33– Variação média do pH da água do reservatório nas 4 etapas.....	88

Figura 34 – Variação média das concentrações de ferro total e sulfetos analisados nas 4 etapas	89
Figura 35 – Variação média da condutividade elétrica da água do reservatório analisadas nas 4 etapas	90
Figura 36 – Variação média da concentração de sólidos dissolvidos analisados nas 4 etapas	91
Figura 37 – Variação média dos parâmetros biológicos analisados nas 4 etapas.....	92
Figura 38 - Turbidez da água amostrada antes e depois do ponto de injeção de fertilizantes e da própria solução fertilizante	93
Figura 39 - Concentração de sólidos suspensos da água amostrada antes e depois do ponto de injeção de fertilizantes e da própria solução fertilizante.....	94
Figura 40– Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na primeira etapa.....	128
Figura 41- Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na segunda etapa.....	129
Figura 42- Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na terceira etapa.....	130
Figura 43- Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na quarta etapa.....	131
Figura 44– Média da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco para as 4 etapas.....	132
Figura 45– Turbidez versus Sólidos Suspensos.	133
Figura 46– Sólidos Suspensos versus Turbidez	134
Figura 47– Algas versus Sólidos Suspensos.	134
Figura 48 – Variação do coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) durante as 4 fases da pesquisa.	140
Figura 49- Variação do Índice de Performance do gotejador no campo durante as 4 fases da pesquisa.	142
Figura 50 - Variação da Relação das Vazões Médias (Dra) durante as 4 fases da pesquisa.	143
Figura 51- Variação temporal da Uniformidade de Emissão (Eu) durante as 4 fases da pesquisa.	144
Figura 52 Variação temporal do entupimento parcial dos gotejadores durante as 4 fases da pesquisa.	146
Figura 53– Variação dos valores médios do coeficiente de Uniformidade de Emissão (Us) durante as 4 fases da pesquisa.	147
Figura 54- Variação dos valores médios do Índice de Performance dos gotejadores no campo durante as 4 fases da pesquisa.....	148
Figura 55– Variação dos valores médios das relações das Vazões Médias durante as 4 fases da pesquisa.....	149
Figura 56– Variação dos valores médios de Uniformidade de Emissão (Eu) durante as 4 fases da pesquisa.....	150
Figura 57– Variação dos valores médios de Entupimento Parcial dos gotejadores durante as 4 fases da pesquisa.....	151
Figura 58 - Evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na primeira etapa.	165

Figura 59 - Evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na segunda etapa.	166
Figura 60- Evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na terceira etapa. .	167
Figura 61 - Gráfico da evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na quarta etapa.....	168
Figura 62– Foto de gotejador novo (parte superior) em contraste com outro utilizado na pesquisa.	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Influência da qualidade da água no surgimento de problemas de obstrução de gotejadores (Nakayama & Bucks, 1980).....	9
Tabela 2 Uniformidade do sistema de irrigação localizada (Us), classificações para vazões médias dos emissores	18
Tabela 3 Classificação dos índices de uniformidade.....	19
Tabela 4 Classificação Uniformidade de fabricação	21
Tabela 5 Classificação do coeficiente de variação de fabricação de emissores segundo ABREU et al. (1987)	21
Tabela 6 Característica da manta.....	33
Tabela 7 Valores da variação da concentração de cloro livre em função do tempo no laboratório para uma concentração de $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	50
Tabela 8 Valores da concentração de Cl_2 livre em função do tempo para parcelas com filtros de manta e disco, para concentrações de 2 e $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na água de irrigação.....	51
Tabela 9 Valores da concentração de Cl_2 livre em função do tempo para parcelas com filtros de manta e disco, para concentrações de 5, 8 e $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na água de irrigação.	52
Tabela 10 - Análises da água do reservatório realizadas no período de 29/06/01 a 30/07/01, primeira etapa do projeto.....	63
Tabela 11 Análises da água do reservatório realizadas no período de 05/11/2001 a 13/12/2001, segunda etapa do projeto.....	69
Tabela 12 - Análises da água do reservatório realizadas no período de 28/02/2002, terceira etapa do projeto	75
Tabela 13- Análises da água do reservatório realizadas no período de 09/05/2002 a 10/06/2002, quarta etapa do projeto.....	80
Tabela 14 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, da primeira etapa.....	96
Tabela 15 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da primeira etapa.....	96
Tabela 16 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, da segunda etapa.....	99
Tabela 17 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da segunda etapa.....	99
Tabela 18 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, na terceira etapa.....	102
Tabela 19 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, na terceira etapa.....	103
Tabela 20 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, na quarta etapa.....	106
Tabela 21 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da quarta etapa.....	106
Tabela 22 - Análise de variância de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias medidos após os filtros.....	109
Tabela 23 - Valores médios de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias observados na água após os filtros de manta e disco.	113

Tabela 24 - Valores médios de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias observados na água após os filtros de manta e disco com e sem cloração.....	113
Tabela 25 - Valores médios de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias observados na água após os filtros de manta e disco durante as estações do ano.....	114
Tabela 26 – Valores médios dos parâmetros físicos para as 4 fases.	114
Tabela 27 - Valores médios dos parâmetros físicos para as 4 fases.	115
Tabela 28– Resultados das análises microbiológicas das mangueiras e gotejadores.	117
Tabela 29 - Resultado das análises microbiológicas de bactérias dos gotejadores e mangueiras, para os 4 sistemas de filtragem.	126
Tabela 30 - Equações de correlação entre turbidez, sólidos suspensos, algas e bactérias obtidas por regressão linear.	133
Tabela 31 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da primeira fase.	136
Tabela 32 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da segunda fase.....	137
Tabela 33 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da terceira fase.....	138
Tabela 34 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da quarta fase.....	139
Tabela 35 - Análise de variância para os índices ns (Porcentagem Estatística Total e Parcial de Entupimento dos Gotejadores), Dra (Relação das Vazões Médias dos Gotejadores), Eu (Coeficiente de Uniformidade de Emissão), Us (Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão) e UNIF36 (Índice da performance do gotejador no campo) medidos após os filtros no período de 29/06/2001 a 10/06/2002.....	154
Tabela 36 - Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias dos filtros (teste de Tukey).	155
Tabela 37 - Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias dos filtros com e sem cloro do fator cloração (teste de Tukey).....	156
Tabela 38 - Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias de filtro dentro do fator estação (teste de Tukey).....	161
Tabela 39– Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias de cloração (teste de Tukey).	162
Tabela 40– Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias de estação (teste de Tukey).	163
Tabela 41– Resultados do ensaio da perda de carga (Kpa) versus vazão (m ³ /h) para filtros de disco de 130 microns e manta sintética não tecida, com água limpa.....	164
Tabela 42 - Porcentagem de cada elemento identificado no lodo coletado no interior das mangueiras de cada parcela.	170

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo uma investigação experimental para a avaliação do desempenho dos meios filtrantes disco (130 microns) e manta sintética não tecida na filtração da água, utilizada em um sistema de irrigação por gotejamento com e sem tratamento químico. Utilizou-se a técnica da fertirrigação com produto orgânico. O tratamento químico foi feito através da cloração, onde a fonte de cloro foi na forma de hipoclorito de sódio. Pretendeu-se desta forma, avaliar e comparar a concentração dos efluentes dos filtros de disco (usualmente utilizado para este fim) e manta sintética não tecida, na retenção de partículas que apresentavam um risco de entupimento dos emissores presentes na água de irrigação. Foi utilizada água de um reservatório aberto, localizado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, onde foi instalado um sistema de irrigação localizada para o estudo. O grau de obstrução dos emissores foi avaliado através de ensaios de vazão que determinaram a uniformidade de distribuição da água através de diferentes índices. Tais índices são utilizados em sistemas de irrigação localizada, propostos por diferentes pesquisadores, onde variou-se o número de emissores amostrados. A avaliação e comparação dos dois elementos filtrantes e dos sistemas de tratamento com e sem cloro, foram feitos através da análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água afluenta e efluente dos filtros. Também acompanhou-se a evolução da perda de carga localizada dos sistemas de filtração em função do volume filtrado. O sistema de irrigação e também o de monitoramento da perda de carga dos filtros eram totalmente automatizados. Isto permitiu uma grande regularidade e frequência de funcionamento, que valorizou a qualidade dos resultados devido a fertirrigação e do tratamento químico da água do sistema de irrigação por gotejamento

O pH e o ferro apresentaram médio risco de entupimento durante os meses de junho, novembro, março e maio e sulfetos de hidrogênio mostraram alto risco de entupimento nos meses de julho e novembro de acordo com a classificação de Bucks & Nakayama (1986).

Os sistemas de filtração que receberam cloração foram mais eficientes na remoção de bactérias, mas para algas não houve diferença significativas entre os tratamentos com e sem cloração para os filtros de manta não sintética e disco. A cloração da água de irrigação não foi eficiente no controle do crescimento de certos tipos de algas.

Ocorreu a presença de bactérias férricas e *Pseudomonas* em todas as amostras dos gotejadores, cuja água recebeu ou não tratamento com cloro.

A evolução da perda de carga em função do volume filtrado foi mais rápida nos sistemas de filtração que receberam tratamento com cloro. O filtro de manta sintética não tecida sempre apresentou uma evolução mais rápida em comparação com o de disco.

ABSTRACT

The present work had objective a experimental investigation to evaluate performance the element filters, disc (130 microns) and non woven synthetic fabric in to filtration water, used in trickle irrigation systems, with and without chemical treatment, utilized the fertirrigation with organic fertilizer. The chemical treatment had done with chlorine, when the source was hipochlorite sodium. Intended this way available and compared the filters effluent concentration disc and non woven synthetic fabric, on particle retention that showed a clogging risk emitters in irrigation water. The reservoir water used, located on experimental field at Agricultural School of Engineering UNICAMP, when was installed a irrigation equipment to study. The obstruction degree of emitters was available with flow test that determined the uniformity distribution water with different index. These index are utilized in trickle irrigation systems propose by several researchers, where variety the emitters number sample. The evaluation and comparison two element filters and treatment systems with and without chlorine were done through the analysis physical, chemical and biological parameters in influent and outfluent water filters. Also accompany the evolution head loss of filters the filtration systems in function volume filtered. The equipment irrigation and monitory the head loss filters were totaly automatic. This permitted a large regularity and frequency operation, increase to value of result acquired due to the fertirrigation and chemical treatment water in trickle irrigation systems.

1) INTRODUÇÃO

O uso da irrigação localizada vem crescendo cada vez mais devido ao avanço tecnológico dos materiais plásticos, que possibilitam o desenvolvimento de diversos tipos de tubos, emissores e microaspersores, que também favorecem o crescimento do número de estufas, onde a irrigação localizada se destaca tanto por sua facilidade de operação como por sua eficiência e uniformidade de distribuição de água, refletindo em economia e aumento na produção das culturas.

Portanto, a tecnologia do gotejamento para somente fornecer água para as plantas, já se justifica. Mas conhecendo a qualidade da água e todos os procedimentos agro-econômicos para determinada cultura, o irrigante pode agregar outras tecnologias ao sistema.

Fertirrigação, quimigação, plantios antecipados e outras tecnologias que certamente aparecerão, viabilizando cada vez mais o uso do gotejamento.

Pensando desta maneira, pode-se dizer que o gotejamento não é um simples sistema de irrigação, e sim um novo sistema de produção agrícola.

Este sistema de produção agrícola fornece água, nutrientes e agroquímicos. Aumenta a eficiência de todos os fatores de produção. Utiliza a água de maneira mais racional e ecológica. Permite múltiplas operações ao mesmo tempo.

No entanto, para que o sistema apresente uma excelente performance, é necessário levar em consideração alguns fatores primordiais tais como: a qualidade da água a presença de partículas inorgânicas (areia, limo e argila) e orgânicas (algas, sementes de ervas, pedaços de insetos, bactérias, fungos, protozários, etc.). Outro fator importante é o sistema de filtração que evita a passagem de partículas orgânicas e inorgânicas, e de precipitados químicos que causam obstrução parcial ou total dos emissores.

Os sistemas de filtração são dimensionados em função da qualidade da água e, em alguns casos para uma perfeita remoção das partículas presentes na água. São necessários sistemas compostos por filtros de areia, tela ou disco, além de sistemas de tratamento da água com a injeção de produtos químicos (ácido fosfórico, clorídrico, nítrico, etc).

O uso de filtros de diversos tipos tem sido recomendado para obter uma melhoria da qualidade físico-química e bacteriológica de águas na irrigação localizada.

Bons resultados têm sido obtidos com utilização de mantas sintéticas não tecidas como meio filtrante na remoção de impurezas do ar e que, recentemente, está sendo utilizada com grande sucesso na filtração lenta para tratamento de água de abastecimento (Paterniani, 1991).

Silva (1996), estudando experimentalmente em laboratório o uso de manta sintética não tecida no processo de filtração sobre pressão para tratamento de água utilizada em sistemas de irrigação localizada, demonstrou a grande potencialidade deste meio filtrante para retenção de partículas sólidas em suspensão, viabilizando, em muitos casos, o emprego do método de irrigação localizada.

Pretende-se neste trabalho fazer uma comparação da performance entre dois filtros com elementos filtrantes, disco e manta sintética não tecida na remoção dos parâmetros físicos e biológicos presentes na água de irrigação. Estes parâmetros estão baseado na classificação de água para irrigação localizada segundo Bucks & Nakayama (1986). Será utilizada a técnica da fertirrigação e um tratamento químico da água de irrigação com cloro.

O grau de obstrução dos gotejadores é feito com a utilização de índices de uniformidade de distribuição de água desenvolvidos para sistemas de irrigação localizada.

2) OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivos:

- 1) Comparar os sistemas de filtragem de água na irrigação localizada, com e sem cloração, utilizando-se como meio filtrante manta sintética não tecida e filtro de disco de 130 microns, utilizando-se a fertirrigação;
- 2) Analisar a variação temporal dos principais fatores físicos, químicos e biológicos da água usada nos sistemas de irrigação localizada que causam problemas de entupimentos;
- 3) Relacionar fatores ligados a qualidade da água que causam entupimento nos emissores dos sistemas de irrigação localizada, com alguns índices de uniformidade de distribuição de água;
- 4) Avaliar, a variação da vazão dos emissores através de alguns coeficientes de uniformidade de distribuição de água, bem como a evolução da perda de carga nos filtros.

3) REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1) Irrigação Localizada

3.1.1. Características da irrigação localizada

A irrigação localizada caracteriza-se pela aplicação de pequenas quantidades de água na zona radicular, atendendo às necessidades específicas da cultura. Sua uniformidade de aplicação está diretamente associada à qualidade da água a ser utilizada. Este método de irrigação é considerado uma técnica recente se comparada aos outros métodos.

Este método de irrigação mantém a umidade do solo na zona radicular próximo da capacidade de campo, procedendo com a aplicação de lâminas de água com pequena intensidade e com elevada frequência.

Segundo AZEVEDO (1986), a irrigação localizada compreende a aplicação da água molhando apenas uma fração do sistema radicular das plantas. A área molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, enquanto que a área mínima molhada é de 20% nas regiões úmidas e 30% nas regiões de clima semi-árido. O laboratório de Engenharia de Irrigação da Universidade Federal da Paraíba classifica esse método de irrigação da seguinte maneira:

- Gotejamento: compreende a aplicação pontual d'água, com vazão de até 12 l/h, tendo o solo como meio de propagação da umidade.
- Subsuperficial: tem o solo como meio de propagação da água. Os emissores podem ser potes de barro e cápsulas porosas com vazão até 24 l/dia e tubos perfurados enterrados na profundidade do sistema radicular das plantas.
- Microaspersão: a água é aplicada por emissores rotativos ou fixos, tendo o ar como principal meio de propagação e a vazão varia de 12 l/h a 120 l/h.

3.1.2. Vantagens

Maior Eficiência no Uso da Água: BERNARDO (1989) afirma que as menores perdas por evaporação são obtidas com o pequeno movimento d'água no ar, não molhamento da superfície dos vegetais e de toda superfície do solo, não ocorrendo portanto perdas por percolação profunda e por escoamento superficial. Fatores estes obtidos devido

ao melhor controle da lâmina d'água, garantindo desta forma maior eficiência de irrigação. Este método não é afetado pelo vento, nem pelo tipo de solo.

Maior Produtividade: Obtêm-se maior produtividade com a irrigação por gotejamento, principalmente para culturas que respondem a maiores níveis de umidade no solo (BERNARDO, 1989). Para VIEIRA (1983) a irrigação por gotejamento melhora a qualidade de produto, obtendo-se cotações mais elevadas no mercado. Isto porque, o metabolismo das plantas sob gotejamento é mais adequado, podendo desta forma obter melhores produções que os demais métodos, que são de até 50% em frutíferas e 100% nos demais vegetais.

Utilização de Águas Salina como também em Solos Salinos: DASBERG & BRESLER (1985) mostra em seus estudos que pelo fato de o teor de água no solo permanecer na capacidade de campo, a irrigação por gotejamento permite a utilização de água com altos teores de sais, sendo um fator extremamente limitante nos demais métodos de irrigação. De acordo com Yaron et al., (1973) citado por VERMEIREN & JOBLING (1980) e BRESLER (1975) o deslocamento da distribuição da água de irrigação no solo, ocorre da planta para as extremidades do bulbo molhado tendendo os sais a se concentrarem nas periféricas. BERNSTEIN & FRANÇOIS (1973) utilizando água salina em experimentos com pimentão, descobriram uma queda na produção de 13% na irrigação por sulcos, 59% na aspersão quando comparados com o método de irrigação por gotejamento.

Utilização de Pequenos Mananciais: VIEIRA (1983) constatou que a utilização é conseguida porque o sistema de irrigação por gotejamento aplica pequenas vazões em períodos reduzidos de tempo.

Maior Facilidade no Controle Fitossanitário: de acordo com BERNARDO (1989) a irrigação por gotejamento não irriga as ervas e a parte aérea das plantas, facilitando desta maneira um maior controle dessas ervas daninhas, de insetos e fungos, obtendo desta forma um uso mais eficiente de defensivos, representando uma significativa economia de mão-de-obra nas capinas ou na aplicação de herbicidas.

Economia de Mão-de-Obra: porque o sistema de irrigação por gotejamento tem uma maior facilidade para ser automatizado além de ser fixo, HILLEL (1982), explica que estes parâmetros fazem com que se tenha uma grande economia de mão-de-obra quando

comparado com os demais sistemas convencionais de irrigação por aspersão e por superfície.

Propicia a Utilização da Fertirrigação: de acordo com DASBERG & BRESLER (1985), a fertirrigação é vantajosa para a planta, pois auxilia no seu metabolismo. A fertirrigação proporciona um melhor aproveitamento do fertilizante, pois é aplicado no solo diretamente sobre a região radicular onde se concentra o maior número de radículas obtendo desta forma menores perdas por lixiviação, podendo também fazer o parcelamento do fertilizante em tantas vezes quantas forem as irrigações. Segundo DAVIS & BUCKS (1986), com a fertirrigação obtém-se uma maior economia de combustível e máquina hora para a operação de adubação, além da economia de mão de obra.

Não Atrapalha nos Tratos Culturais: Segundo VERMEIREN & JOBLING (1980) a irrigação por gotejamento, permite o tráfego de implementos e máquinas, mesmo quando esta sendo feita as irrigações, pois não molha a parte aérea e nem as entre linha da cultura, evitando desta maneira a lavagem dos defensivos.

Pode ser Utilizado em Diferentes Tipos de Solos e Topografia: para KELLER & BLEISNER (1990) o sistema de irrigação por gotejamento pode ser utilizado melhor que os outros métodos para diferentes tipos de solo e topografia (irregular ou acidentada) porque a aplicação da lâmina d'água é feita em pequena intensidade.

3.1.3. Limitações

Obstruções dos Gotejadores: de acordo com Ford (1975) citado por DASBERG & BRESLER (1985) esta é a principal causa de problema associado com o sistema de irrigação por gotejamento. Por causa da utilização de emissores de 0,5 até 1,0 mm de diâmetro, pode haver sempre problemas de entupimento do mesmo, comprometendo assim a eficiência e a uniformidade de distribuição de água na irrigação. Os problemas mais comuns de entupimento são devido aos fatores físicos tais como os sólidos em suspensão na água de irrigação (partículas de areia, partículas), químicos (de fertilizantes insolúveis, formação de precipitados químicos e óxido de ferro) e biológicos (algas e bactérias).

Excesso de Sais no Solo: segundo Tscheschke et al. (1974) e Yaron et al. (1973) citados por HILLEL (1982) e GOLBERG & SHMUELI (1970) a água movimenta-se no solo no sentido vertical e horizontal, formando na superfície um bulbo molhado cujo centro é ponto de queda do líquido. Nesse movimento os sais que estão presentes no solo são

carreados para as partes externas do bulbo molhado onde tendem a se acumular. BERNSTEIN & FRANÇOIS (1973) concluem que em regiões de clima árido, a água proveniente da chuva pode carregar os sais que estão acumulados para a zona radicular da cultura que esta sendo irrigada, causando assim um choque osmótico na planta.

Limitação ao Crescimento das Raízes da Planta: Segundo NAKAYAMA & BUCKS (1986), no sistema de irrigação por gotejamento a água é aplicada em uma parte do volume total do solo. Desta maneira, o sistema radicular das culturas tendem a se limitar ao volume do bulbo molhado, perto do emissor ou ao longo de cada linha lateral. Entretanto, a limitação excessiva do desenvolvimento das raízes pode acarretar um decréscimo no crescimento e produtividade das culturas. O bom desenvolvimento do sistema radicular é de extrema importância para proteger a planta contra os ventos fortes.

Alto Custo de Implantação: de acordo com NAKAYAMA & BUCKS (1986) os equipamentos complementares do sistema de irrigação por gotejamento aumentam o custo inicial de implantação do sistema. Porém, o custo pode oscilar muito dependendo dos seguintes fatores: tipo de cultura, tipo de emissor, equipamentos de filtragem (filtros de areia e disco) ou automação (parcial ou total) etc.

3.2) FERTIRRIGAÇÃO

Conforme WOODWARD (1959), a introdução de vários fertilizantes orgânicos e inorgânicos, em água de irrigação é praticada há séculos. Uma das primeiras aplicações por aspersão foi com adubos líquidos em pastagens.

De acordo com BOAZ & HALEVY (1974), a fertilização combinada com a água de irrigação é perfeitamente adaptável a diferentes sistemas de irrigação, sejam eles fixos, semifixos ou móveis. GOLDBERG & SHMUELI (1970) e BRESLER (1975) afirmam que a fertirrigação é mais indicada por gotejamento, seguida pela aspersão, principalmente em sistemas fixos.

Para COSTA et al (1986), embora a fertirrigação esteja sendo utilizada em algumas áreas irrigadas no Brasil, a falta de informações, principalmente sobre dosagens, tipo de fertilizantes, modo e época de aplicação, problemas de entupimentos, reflete a necessidade de se realizar pesquisas nessa área levando em consideração as diversas condições do país.

Trabalhos mais recentes realizados por SCHWANKL & MCGOURT (1992) com injeção de fertilizantes orgânicos em sistemas de irrigação localizada por gotejamento,

mostraram que apesar do risco de entupimentos quando se utiliza produtos orgânicos na água de irrigação, neste trabalho não houve diferenças significativas nas vazões de 7 tipos de gotejadores testados.

3.2.1. Vantagens

Segundo ZANINI (1989) as principais vantagens da aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação são os seguintes:

- Maior aproveitamento dos equipamentos de irrigação
- Menor necessidade de mão-de-obra
- Maior eficiência na absorção dos nutrientes pelo sistema radicular das plantas
- Distribuição uniforme e localizada dos fertilizantes
- Redução de perdas
- Não compactação do solo, através de uma diminuição do uso de máquinas
- Aplicação em qualquer fase da cultura
- Menor risco de contaminação aos trabalhadores.

3.2.2. Limitações

FRIZZONE et al., (1980) comenta sobre as seguintes limitações:

- possibilidade de contaminação e envenenamento de fontes de água com produtos químicos, pondo em risco a saúde dos trabalhadores. Deve-se orientá-los sobre os perigos e instalar válvulas de retenção e antivácuo na tubulação impedindo a inversão do fluxo na rede de irrigação;
- o método não é apropriado para produtos pouco solúveis. Alguns fertilizantes, principalmente fosfatados (super fosfato simples e super fosfato triplo), provocam reações químicas originando precipitados, limitando assim o uso de gotejadores, microaspersores e difusores por problemas de entupimentos, comprometendo desta forma a uniformidade de distribuição de água do equipamento de irrigação localizada;
- outros produtos com propriedades corrosivas podem danificar partes do sistema de irrigação.

3.3) QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

De uma maneira geral a qualidade da água refere-se a existência de impurezas de origens físicas, químicas e biológicas. Estes aspectos interferem diretamente na eficiência dos sistemas de irrigação localizadas, podendo causar entupimento dos emissores e assim prejudicar a uniformidade de distribuição de água do equipamento.

No sentido de dar uma orientação de carácter quantitativo, Nakayama & Bulks (1980) citado por Gilbert & Ford (1986), propuseram uma classificação da água, indicando critérios para avaliação do risco de entupimentos de emissores, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Influência da qualidade da água no surgimento de problemas de obstrução de gotejadores (Nakayama & Bucks, 1980)

<i>Problemas</i>	<i>Unidades</i>	<i>Grau de Restrição de Uso</i>		
		Baixa	Moderada	Severa
Físicos				
Sólidos em Suspensão	mg/l	< 50	50 - 100	> 100
Químicos				
PH	-	< 7,0	7,0 – 8,0	> 8,0
Sólidos Solúveis	mg/l	< 500	500 - 2000	> 2000
Manganês	mg/l	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Ferro	mg/l	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Sulfetos de Hidrogênio	mg/l	< 0,5	0,5 – 2,0	> 2,0
Biológicos				
Populações Bacterianas	UFC/cm ³	< 10.000	10.000 – 50.000	> 50.000

A tabela 1 de acordo com o trabalho de PITTS et al (1990), foi reformulada por TODD, em 1980, onde foi acrescentado o item dureza, com valores de risco baixo para dureza menor que 150 mg*L⁻¹; risco moderado para o intervalo entre 150 e 300 mg*L⁻¹ e risco severo para dureza maior que 300 mg*L⁻¹.

As principais causas de entupimento se devem as partículas em suspensão na água que são maiores que o orifício do gotejador, sendo que as pesquisas têm mostrado que mesmo utilizando águas com mais de 500mg*L⁻¹ de sólidos em suspensão o entupimento

pode ser evitado a medida que o tamanho das partículas forem maiores que a malha dos elementos filtrantes. (PITTS et al, 1985)

Por esse motivo a turbidez, quando usada como único parâmetro de avaliação da qualidade da água é apenas um indicativo da possibilidade de entupimento, devendo ser usada em conjunto com análises de sólidos suspensos para ser obter uma estimativa real da possibilidade de entupimento dos gotejadores (GILBERT & FORD, 1986).

Os constituintes biológicos da água, (bactérias e algas) mesmo sendo menores que o orifício do gotejador podem causar entupimento dos gotejadores, pois se combinam com partículas de silte e argila formando aglomerados e também podem causar precipitação de manganês, ferro e enxofre. (PITTS et al., 1990)

3.4) FILTRAÇÃO DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Trabalhos de pesquisas e observações no campo relativo a performace dos sistemas de irrigação localizada, utilizando tanto água fresca como água residuaria, indicam que as principais causas de entupimentos podem ser divididas em três categorias: 1) matéria em suspensão; 2) precipitação química; 3) crescimento bacteriano (NAKAYAMA et all 1977). Sendo que a matéria em suspensão, na maioria dos casos, parece ser a maior causadora de entupimentos (ADIN, 1978).

3.4.1. Objetivos da filtração

Diferentes tipos de filtros têm sido usados para minimizar os problemas de entupimentos. A maioria deles estão baseados no mecanismo de filtragem cujo os poros do filtro (tela) são menores que a maioria das partículas que estão sendo filtradas (SEKULOV, 1982).

Uma melhora nos projetos de filtros para o uso agrícola pode somente ocorrer através de um maior compreensão dos mecanismos de filtragem. A descrição e interpretação de trabalhos experimentais com diferentes parâmetros de filtragem são pertinentes para uma discussão relevante na teoria de filtração (ADIN, 1986).

MATSURA et al (1989) citam que o objetivo da filtração da água é remover sólidos em suspensão, em função da necessidade de utilização da água, evitando assim a obstrução dos emissores e a desuniformidade de distribuição de água às culturas irrigadas.

3.4.2. Análise dos Filtros

O uso de filtros para irrigação localizada tem sido amplamente recomendado. O desempenho do sistema de irrigação será tanto melhor, quanto maior for a eficiência dos filtros na remoção de impurezas da água. Assim sendo, a avaliação dos diferentes tipos de filtros tem sido importante para se estabelecer sua eficiência e melhorar seu desempenho.

SILVA (1996), cita em seu trabalho que existem pelo menos duas maneiras de se estudar a eficiência de filtros: a) pela medida do aumento da perda de carga ao longo do tempo, devido á retenção de impurezas no meio filtrante; b) medindo-se a concentração de impurezas nas amostras de água coletadas antes e depois do filtro.

Em qualquer um dos casos citados acima é importante conhecer as características da água a qual está sendo utilizada no experimento.

NAKAYAMA & BUCKS (1986), definem como sendo três os parâmetros mais importantes na avaliação do desempenho dos filtros num sistema de irrigação localizada:

3.4.2.1 Eficiência de remoção

Visa determinar a capacidade do filtro em remover impurezas da água a partir da avaliação das concentrações de sólido suspensos totais na água, na entrada e na saída dos filtros através da equação 1.

$$E_R = \frac{S_1 - S_2}{S_1} * 100 \text{ (\%)} \quad (1)$$

Onde:

E_R = eficiência de remoção (%)

S_1 = Concentração de sólidos suspensos totais na entrada do filtro (mg/l)

S_2 = Concentração de sólidos suspensos totais na saída do filtro (mg/l)

ADIN (1986), cita em seu trabalho de pesquisa que, o processo de filtração é baseado no princípio de que os poros de tamanho médio são menores que os diâmetros das partículas. Uma expressão matemática exponencial que relaciona o crescimento da perda de carga em função do volume filtrado através de uma tela de aço é conhecida como a lei de BOUCHER, que é definida através da equação 2:

$$H = H_0 e^{IV} \quad (2)$$

Onde:

H = Perda de carga com o filtro sujo

H₀ = Perda de carga no filtro limpo

V = Volume filtrado

I = Índice de filtrabilidade (relaciona o material suspenso contido a água).

O valor de I aumenta quando a água se torna mais difícil de ser filtrada. Esta fórmula é o resultado de 2 processos simultâneos; (1) a deposição de material dentro dos poros da tela e o “bolo” do filtro no qual obstrui a passagem de material em suspensão; e (2) a deposição de material a uma taxa constante na superfície da tela.

ZEIER & HILLS (1987), consideram que a avaliação, em campo, da eficiência de um sistema de irrigação localizada quanto à qualidade da água devem incluir além da determinação da eficiência de remoção, também a diferença de pressão antes e depois do filtro.

3.4.2.2. Perda de carga, ou diferencial de pressão

Esse segundo aspecto do desempenho dos filtros num sistema de irrigação localizada é medido através da diferença de pressão na entrada e na saída do filtro. O aumento da diferença entre essas duas medidas de pressão representa a perda de carga no filtro devido à retenção e acúmulo de impurezas e presta-se também como indicador do momento de se efetuar a limpeza do mesmo.

3.4.2.3. Entupimento dos emissores

Pode-se empregar ainda um terceiro parâmetro que refere à observação local do grau de entupimento dos emissores que pode ser estimado através da medida da vazão destes, e permitir estimar, de forma indireta a eficiência do filtro.

Para essa avaliação existem metodologias que através de um critério de amostragem associado a programas de computação permitem estimar o grau de entupimento e o possível comprometimento do sistema de irrigação localizada, no que se refere a uniformidade de distribuição de vazão pelo sistema.

Duas categorias principais de filtros podem ser definidos como básicos no mecanismo de filtração: (a) Peneira, em que a filtração é o principal mecanismo de filtração (tanto mecânico ou filtração superficial), filtro de tela ou disco, (b) filtros granulares, para altas e rápidas taxas de filtração, filtro de areia.

3.4.3. Tipos de filtros usados na irrigação localizada

A filtração da água pode ser realizada através de vários tipos de filtros usados individualmente ou agrupados de forma a se obter uma melhor eficiência na remoção de impurezas conforme afirmam ZEIER & HILLS (1987) e PHILLIPS (1993).

Dentre os vários tipos de filtros destacam-se os filtros de areia, os filtros hidrociclone, os filtros de tela e disco.

Recentemente SILVA (1996), propôs um novo elemento filtrante, mantas sintéticas não tecidas, que embora ainda em fase de pesquisa tem demonstrado, em testes preliminares realizados por pesquisadores da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, seu grande potencial de utilização.

3.4.3.1. Filtro de disco

O filtro de disco apresenta forma cilíndrica e é normalmente empregado no mesmo corpo do filtro de tela, porém invertendo-se o sentido do fluxo de água. O elemento filtrante que o compõe é um conjunto de anéis com ranhuras impressas sobre um suporte central também cilíndrico e perfurado. A água é filtrada ao passar pelos pequenos condutos formados pelas ranhuras entre 2 anéis consecutivos (LOPEZ *et al*, 1992).

A qualidade da água neste tipo de filtro dependerá da espessura das ranhuras, podendo conseguir um número de ranhuras equivalente à unidade em *mesh* dos filtros de tela. O filtro é compacto e bastante resistente, admitindo pressões de trabalho até 10 atm. Tanto para o filtro de disco como para o de tela a limpeza deve ser manual e consiste em abrir o corpo do filtro e limpá-los com jato de água, sendo que para o filtro de disco há necessidade de separar os anéis para que a limpeza seja eficiente. Pode-se utilizar a retro-lavagem embora este método, segundo alguns autores, não permite uma limpeza eficiente.

3.4.3.2. Filtros de mantas sintéticas não tecidas

Objetivando aperfeiçoar os sistemas de filtração lenta para o tratamento de águas de abastecimento, MBWETTE & GRAHAM (1987), e PATERNIANI (1991), realizaram investigações experimentais utilizando mantas sintéticas não tecidas, instaladas no topo da camada de areia de filtros lentos.

As mantas sintéticas não tecidas são geralmente fabricadas com fibras de polipropileno, poliamida e poliéster, possuem alta porosidade (cerca de 80 a 90% contra 45% da areia) e alta superfície específica que proporcionam pequena perda de carga aumentando-se conseqüentemente a duração da carreira de filtração além de possuir maior volume de vazios para armazenagem das impurezas retidas.

As características e propriedades físicas das mantas sintéticas não tecidas sugerem que são bastante adequadas para a filtração de água contendo partículas sólidas em suspensão já que não se deterioram na água e são fáceis de serem limpas.

PATERNIANI (1991), afirma que a combinação dos parâmetros: condutividade hidráulica, superfície específica e espessura das mantas, determinam a manta que melhor se adapta às condições de filtração, assim como a taxa de filtração, a qualidade da água e o sistema de filtração utilizado.

SILVA (1996), realizou diversos ensaios experimentais introduzindo numa instalação de irrigação localizada uma mistura de água com areia para simular a contaminação da água. Foi empregada uma mistura de água e areia de granulometria variando de 53 a 152 μm , sendo que a concentração de areia na água de irrigação variou de 70 a 300 mg/l. O mesmo autor observou também que os filtro de tela e disco deixavam passar uma quantidade de areia fina 10 vezes maior, durante um ensaio, do que o filtro de manta. Esta pesquisa foi pioneira no uso de manta sintética não tecida em filtros para irrigação localizada, comprovou a viabilidade de se empregar este meio filtrante para tal finalidade, atribuindo assim, uma nova alternativa de material filtrante para tornar a água de irrigação de melhor qualidade.

Scatolini & Paterniani (2001), avaliaram três mantas sintéticas não tecidas com filtros de tela e disco de 130 microns, em água de irrigação que apresentava baixo risco potencial de entupimentos com relação a carga de sólidos suspensos, segundo classificação

proposta por Bucks & Nakayama (1980) citados por Gilbert & Ford (1986), e concluíram que as mantas não apresentaram diferenças significativas em relação aos filtros

Devido à grande variedade de composição e tipos de mantas existentes no mercado, acredita-se ser possível através de investigações experimentais, estabelecer parâmetros que determinem as características que uma manta sintética não tecida deve possuir a fim de ser utilizada com sucesso na filtração de água para irrigação localizada.

O elemento filtrante de manta sintética não tecida o seu processo de limpeza é feito manualmente com jato de água a alta pressão, para que se possa ter uma limpeza mais eficiente. Atualmente já existe fabricantes nacionais que já desenvolveram filtros cujo elemento filtrante e manta para utilização em sistemas de irrigação localizada, cuja limpeza é feita automaticamente. O processo de retrolavagem pode ser feito por tempo ou diferencial de pressão pré determinado.

3.5) HIDRÁULICA DOS GOTEJADORES

As características hidráulicas dos gotejadores são resultantes das características de acabamento das partes internas, do projeto do gotejador, do material utilizado na fabricação e do método de instalação.

A equação geral de emissores que relaciona a vazão de descarga do mesmo em função da pressão de serviço na linha de irrigação é dada de acordo com a equação 3, onde:

$$q = K.H^X \quad (3)$$

Onde :

q = vazão (m³/s);

K = coeficiente de proporcionalidade (adimensional);

H = pressão de serviço (mca);

x = expoente que caracteriza o regime de fluxo no emissor (adimensional).

Segundo KELLER & KARMELI (1974), a equação que descreve a vazão em um gotejador depende do percurso da água ao longo do mesmo, diâmetro de emissão, pressão de serviço e viscosidade do fluido. Estes mesmos autores afirmam que, dentro de um limite de vazão, a característica de fluxo do gotejamento pode ser caracterizado pela equação 1. Nesta equação, o valor de x caracteriza o regime de fluxo e a relação da vazão com a

pressão de serviço do gotejador Desta forma, quanto menor o valor de x , menor o efeito da variação da pressão sobre a vazão.

Para KELLER & KARMELI (1975) os gotejadores de longo percurso de saída apresentam regime laminar, podendo apresentar o expoente x igual a 1,0. Isto significa que, nestes gotejadores a relação entre vazão e pressão é linear. Os gotejadores de orifício, em geral têm regime de fluxo turbulento, sendo a vazão proporcional à raiz quadrada da pressão, isto é, $x = 0,5$. Nos gotejadores que apresentam sistema auto-compesante, o valor de x é menor que 0,5 chegando atingir um valor próximo de zero em seu melhor funcionamento. Desta forma, para qualquer valor de pressão de serviço, a vazão será sempre constante.

Segundo BRALTS et al. (1981), o valor do fator de proporcionalidade da equação de fluxo do emissor (K) é determinado pelos fatores relacionados com a fabricação do emissor, como por exemplo, o coeficiente de descarga e a área da seção transversal dos emissores tipo orifício.

3.6) PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

3.6.1. Parâmetros para avaliação da uniformidade de distribuição da água

A uniformidade de distribuição em um sistema de irrigação por gotejamento é afetada pela perda de carga, declividade da tubulação e características hidráulicas dos emissores usados para distribuição de água. As características hidráulicas dos emissores incluem os efeitos de pressão, temperatura, qualidade da água entre outros fatores, na relação de vazão dos gotejadores. Com o tempo aparecerão também os efeitos do entupimento dos emissores.

Para WU & GITLIN (1974) a uniformidade de aplicação de água na linha lateral está relacionada com a variação na vazão dos emissores que é função do comprimento da linha lateral e pressão de entrada, espaçamento dos gotejadores e da razão de fluxo total. HOWELL & HILLER (1974) afirmam que essa variação é devida à variação hidráulica, causada pelas perdas de carga por atrito ao longo da tubulação e na inserção dos gotejadores, à ganhos e perdas de energia de posição, coeficiente de variação de

fabricação, a obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e à geometria do gotejador.

A uniformidade de distribuição de água às plantas é fundamental para a obtenção da máxima produtividade da lavoura e/ou rentabilidade. A baixa uniformidade representa que há sobra de água em certos pontos do campo e falta em outros. Para atender as necessidades hídricas das plantas localizadas em posição crítica, aumenta-se o consumo de água utilizada na irrigação da área. Desta forma, pode-se afirmar que quanto maior o valor do coeficiente de distribuição de água de um sistema, menor serão as lâminas aplicadas para se atingir uma máxima produção.

Para determinação da uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por gotejamento, deve-se medir a vazão de um determinado número de emissores e diversas linhas laterais e eventualmente a pressão de serviço no início das linhas em função da metodologia a ser adotada.

Existem diversos coeficientes para se determinar a uniformidade de distribuição de água em linhas de gotejamento. MERRIAM & KELLER (1978) propuseram um método de obtenção da uniformidade de distribuição dada pela relação entre a vazão média dos 25% menores valores testados e a vazão média total de todos os gotejadores testados. SMAJSTRIA (1990), propõe que a uniformidade de distribuição pode ser obtida através de métodos estatísticos, que o mesmo denominou de uniformidade estatística de emissão. Este índice leva em consideração o coeficiente estatístico de variação de vazão dos emissores.

O valor do coeficiente estatístico inclui a variação da vazão dos emissores devido a todas possíveis causas, incluindo os efeitos da tubulação e das características hidráulicas dos emissores, no qual inclui a obstrução parcial ou total do emissor.

A Tabela 2 mostra a classificação dos sistemas de irrigação localizada de acordo com o valor de uniformidade de distribuição estatística (U_s) proposta pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE), (1989).

Tabela 2 Uniformidade do sistema de irrigação localizada (Us), classificações para vazões médias dos emissores

Classe	Uniformidade, Us (%)
Excelente	Acima de 90
Bom	90 – 80
Razoável	80 - 70
Ruim	70 - 60
Inaceitável	Abaixo de 60

Fonte: ASAE, 1989.

Outro índice, proposto por BRALTS (1986), utilizado por CAPRA & SCICOLONE (1998) inclui o coeficiente de variação de fabricação, variações na temperatura da água e as características hidráulicas dos emissores.

CAPRA & TAMBURINO (1995) determinaram um outro índice de uniforme de emissão definido pela relação das vazões médias dos gotejadores , onde eles comparam as vazões de cada gotejador no campo com a vazão do gotejador segundo a sua equação de vazão e pressão determinada em laboratório.

Para MERRIAM & KELLER (1978) a uniformidade de distribuição da água é um fator importante a ser determinado, afim de relacionar a eficiência de aplicação com o melhor espaçamento entre linhas.

Os mesmos autores concluem que a desuniformidade é causada pela variabilidade nas características devido ao controle de qualidade nos processos de fabricação e do entupimento dos emissores entre outros fatores.

VERMEIREN & JOBLING (1980) informam que a uniformidade do emissor é usada no procedimento de projeto, utilizando a eficiência para calcular a lâmina total de irrigação, o intervalo de irrigação, e a seleção do tipo de emissor.

KELLER & KARMELLI (1978), depois aprimorados por CAPRA & TAMBURINO (1995), definiram o Coeficiente de Uniformidade de Emissão. Este coeficiente permite que seja considerado separadamente os efeitos da variação de pressão no campo e o entupimento do gotejadores, de modo que quando 25% dos gotejadores estiverem totalmente entupidos o valor do coeficiente será igual à zero.

Um outro índice utilizado para quantificar o entupimento dos gotejadores foi proposto por CAPRA & SCICOLONE (1998) e utilizado por RESENDE (1999) é a porcentagem estatística total e parcial de entupimento dos gotejadores. Este índice leva em consideração as vazões medidas no campo e a compara com a vazão que deveria ser de acordo com a equação de vazão por pressão do gotajador de acordo com o fabricante e leva também em consideração o coeficiente de variação de fabricação do gotejador.

A tabela 3 mostra a classificação de alguns índices de uniformidade de distribuição de água para sistema de irrigação localizada de acordo com trabalho desenvolvidos por CAPRA e SCICOLONE (1998).

Tabela 3 Classificação dos índices de uniformidade

Índice de Uniformidade	Classificação		
	Baixo	Médio	Alto
U_s (%)	< 71	71 - 89	> 89
E_u (%)	< 66	66 - 84	> 84
V_{pf} (%)	> 29	11 - 29	< 11
D_{ra} (%)	< 61	61 - 79	> 79
n_{tc} (%)	> 4	1 - 4	0

Fonte CAPRA & SCICOLONE, 1998.

Obs: n_{tc} é o número total de gotejadores totalmente entupidos (%).

3.6.2. Performance do Gotejador no Campo

A performance dos sistemas de irrigação localizada pode ser avaliada através de medidas da pressão de serviço, taxas de aplicação (vazão) e uniformidade de aplicação de água.

Em geral, alta uniformidade de distribuição significa que todas as plantas na zona irrigada vão receber a mesma quantidade de água num determinado tempo.

Segundo trabalho de pesquisa realizado por BRALTS & KESNER (1983), para determinar-se a uniformidade de distribuição de água no campo, determina-se a vazão dos gotejadores através do método volumétrico ou seja fixa-se um tempo necessário para encher um recipiente de água com volume conhecido. Neste trabalho os pesquisadores

recomendam no mínimo 18 medições de vazões dos gotejadores aleatoriamente na área irrigada.

Através deste estudo foi desenvolvido um nomograma estatístico de uniformidade, baseado num coeficiente estatístico de variação que pode ser usado para determinar a uniformidade de aplicação de água total no campo.

Se o resultado não é satisfatório, recomenda-se que mais de 18 gotejadores sejam avaliados para aumentar o nível de confiabilidade da medida de uniformidade. Segundo os autores, o teste de uniformidade deve ser feito a cada 6 meses nos sistemas de irrigação localizada.

Baixos valores de uniformidade podem ser decorrentes de fatores como:

- Diâmetro das tubulações impróprias;
- Pressão de serviço muito alta ou baixa;
- Emissores não apropriados para o sistema projetado;
- Emissores entupidos;
- Mudanças nos componentes do sistema ou desgaste dos mesmos;
- Mudanças na pressão de saída da bomba.

3.6.3. Coeficiente de Variação de Fabricação

O coeficiente de variação de fabricação é um índice que informa a variação da vazão para uma determinada amostra de gotejadores novos. É decorrente do projeto do gotejador, material utilizado em sua fabricação e a precisão com que o gotejador é fabricado. Segundo KELLER & BLIESMER (1990), seu valor é dado por:

$$CVf = \frac{s}{\bar{q}} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

CVf – coeficiente de variação de fabricação (%);

s – desvio padrão da vazão média do emissor (L/h);

\bar{q} - vazão média a determinada pressão e temperatura padrão (L/h).

Existem diversas propostas de classificação do coeficiente de fabricação dos emissores. No Brasil as mais utilizadas são as formuladas por SOLOMON (1979) e ABREU et al. (1987). As Tabelas 4 contém ambas classificações:

Tabela 4 Classificação Uniformidade de fabricação

CVf (%)	Uniformidade de fabricação
Até 3	Excelente
4 a 7	Média
8 a 10	Marginal
11 a 14	Pobre
Acima de 15	Ruim

Uma classificação mais atual é a mostrada na Tabela 5 desenvolvida por ABREU et al. (1987), em que os emissores são separados em dois grupos e classificados.

Tabela 5 Classificação do coeficiente de variação de fabricação de emissores segundo ABREU et al. (1987)

CVf (%)	Uniformidade de fabricação
Grupo 1 – Gotejadores miniaspersores e difusores	
Até 5	Bons
5 a 10	Médios
10 a 15	Deficientes
Acima de 15	Inaceitável
Grupo 2 – Tubo-gotejadores ou mangueiras de gotejamento	
Até 10	Bons
10 a 20	Médios
Acima de 20	Deficientes Inaceitável

A norma ISO 9260, afirma que para determinação do coeficiente de variação de fabricação dos emissores, deve-se ensaiar no mínimo 10 gotejadores em laboratório, podendo ocorrer uma variação de 2 % na pressão e vazão ensaiada.

TESTEZLAF & CAMPIONI (1993) em ensaios do tubo-gotejador “Queen Gil”, com percurso de descarga da água do tipo labirinto, espaçados de 30 cm, encontraram um

coeficiente médio de 2,8% comprovando que o material ensaiado tinha uma boa qualidade de fabricação. Já SCHMIDT (1995), em seus estudos que utilizaram o mesmo tubo-gotejador encontrou, para a pressão de 66,7 kPa e temperatura média igual a 30°C, uma vazão média dos emissores de 1,33 L/h, com um coeficiente de variação de 3,11%.

Em outro estudo deste parâmetro, VIEIRA (1996) encontrou um coeficiente de variação de 1,97%, com a pressão variando de 2 a 10 m.c.a., para tubo-gotejadores “Rain Tape TPC”.

Entretanto RESENDE (1999) afirma que o atual desenvolvimento dos processos de fabricação diminuiu consideravelmente a influência deste fator sobre a uniformidade de distribuição de água, sendo então mais recomendada a utilização de coeficientes de uniformidade que levam em consideração a performance dos gotejadores no campo.

3.7) PREVENÇÃO PARA ENTUPIMENTO DE GOTEJADORES

O bom desempenho dos sistemas de irrigação localizada devem ser maximizadas, afim de assegurar uma relação custo/benefício favorável. Portanto se os emissores entopem em um curto espaço de tempo, os procedimentos de recuperação irão adicionar custos na manutenção do sistema, além de que podem não ser tão eficientes em algumas circunstâncias (GILBERT, 1979).

Os métodos para a prevenção de entupimentos de gotejadores deverão envolver tanto fatores ligados ao manejo do sistema (filtragem, inspeção no campo, lavagem de redes de distribuição), como medidas de tratamento químico da água. No tratamento químico, a cloração é o processo mais utilizado (GILBERT & FORD, 1986).

De acordo com algumas pesquisas sobre prevenção de entupimentos em gotejadores, a principal conclusão que se pode chegar é que o processo de obstrução está intimamente relacionado à qualidade da água de irrigação.

Segundo Ravina et al. (1992), todos os emissores utilizados em irrigação localizada são passíveis de entupimento por agentes físicos, biológicos e químicos presentes em águas mais comumente utilizadas para esse tipo de irrigação, pois as passagens são estreitas e as aberturas pequenas, na maioria dos casos

BOMAN & ONTERMAA (1994), através de entrevistas realizadas com irrigantes, representando 53 mil hectares com o cultivo de citrus no estado da Califórnia – EUA -,

constatarem que o custo médio para prevenção no processo de obstrução de emissores de US\$60,00 por hectare.

3.8) TRATAMENTO PREVENTIVO PARA O CONTROLE DE ALGAS E BACTÉRIAS

As águas superficiais que geralmente estão expostas a luz solar são um meio adequado para o desenvolvimento de algas que, por sua vez, são alimentos para as bactérias. Eliminar quando possível a ação da luz solar reduz este foco de obstrução, complementando com a adição de produtos alguicidas.

A ação direta contra as bactérias se consegue com a aplicação de biocidas, sendo o cloro o mais utilizado, na forma gasosa ou como hipoclorito de sódio, injetando-se antes do sistema de filtragem.

ENGLISH (1985), recomenda para um tratamento preventivo de bactérias formadoras de limo, efetuar-se uma cloração em base contínua a uma taxa, de 1 a 2 mg*L⁻¹, ou semanalmente a uma concentração de 10 a 20 mg*L⁻¹ por 30 a 60 minutos. Sendo que esta última dosagem é também sugerida pelo autor para o tratamento de algas.

Segundo CLARK et al.. (1992), os sistemas de irrigação localizadas podem ser obstruídos parcialmente ou completamente através do crescimento de bactérias, fungos ou algas. Bactérias, fungos e algas estão presentes nas fontes hídricas superficiais e subterrâneas e se desenvolvem com mais facilidade quando se utiliza na água de irrigação elementos químicos como nitrogênio, fósforo, enxôfre e ferro como fonte de nutriente para as culturas irrigadas. A cloração pode ser usada para minimizar o crescimento dos microorganismos dentro dos canos e outros componentes do sistema de irrigação.

Sem um tratamento adequado da água, entupimentos do canos, acessórios e emissores (microaspersores, gotejadores, spray jets, etc) pode ocorrer, resultando em uma diminuição do crescimento e desenvolvimento da cultura irrigada por causa da redução da quantidade de aplicação de água, uniformidade e eficiência.

3.9) CLORAÇÃO DA ÁGUA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

O princípio da cloração da água e a química utilizado como tratamento preventivo ou corretivo nos processos de obstrução dos emissores são os mesmos aplicados ao tratamento de água para consumo humano, industrial e para piscinas. Portanto o

entendimento do processo químico ajuda a evitar problemas potenciais do seu uso (NAKAYAMA, 1986).

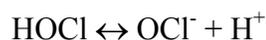
A aplicação do cloro nas águas de irrigação tem como objetivos principais a redução na quantidade de sólidos em suspensão contidos no sistema de filtragem, o controle do crescimento de bactérias no sistema, a sedimentação e/ou dissolução de partículas sólidas contidas na água e a homogeneização máxima da água que esteja sendo filtrada, para se obter uma filtragem fixa e uniforme. Para o agricultor que se preocupa em manter altos os níveis de eficiência do seu sistema de irrigação, a cloração cria um ambiente em que não ocorre o desenvolvimento de algas, atua como agente oxidante, causando a decomposição da matéria orgânica, além de prevenir a aglomeração e sedimentação de matéria orgânica em suspensão. Causa a oxidação de substâncias tais como o ferro e manganês, produzindo compostos insolúveis que podem logo ser removidos pelo sistema de filtragem impedindo entupimentos constantes (PLASTRO, 1994).

3.9.1. Reação do cloro na água

Existem vários tipos de compostos de cloro que podem ser aplicados em água de irrigação. Um dos tipos é o cloro gasoso que é aplicado na forma de gás líquido. Quando o gás é injetado em água pura (ou suficientemente pura) e se dissolve, reagindo completamente para formar ácido hipocloroso (HOCl) (CLARK, 1992):



O ácido hipocloroso (HOCl), que é um outro tipo a ser aplicado, dissocia-se em:



A extensão dessa dissociação dependerá do pH da água:

- com pH = 5: apresenta-se apenas HOCl (OCl⁻ ausente);
- com pH = 9: apresenta-se cerca de 4% de HOCl e 96%, de OCl⁻.

A Figura 1 mostra a distribuição percentual desses dois compostos em águas com pH de 5 até 10.

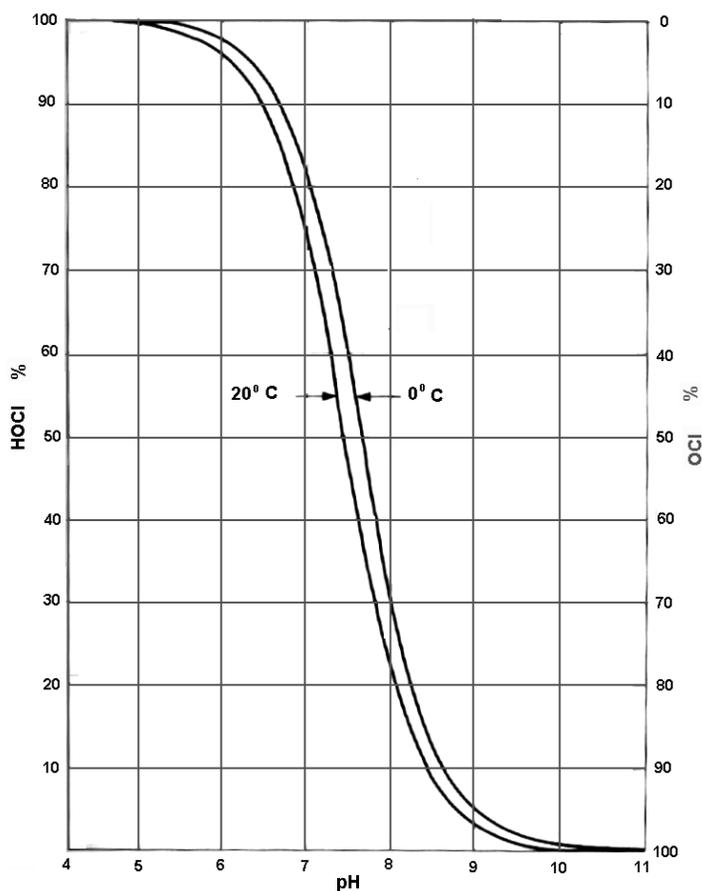
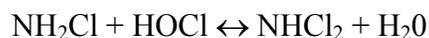


Figura 1. Distribuição percentual de hipoclorito e ácido hipocloroso nas águas com pH desde 5 até 10. Fonte: Desinfecção de águas. CETESB, São Paulo/SP, 1974

Ambos os compostos são desinfetantes, porém o HOCl é muito mais eficiente do que o OCl⁻. Em determinadas condições o OCl⁻ é apenas cerca de 2% "tão bactericida" como o HOCl. O cloro sob a forma de ácido hipocloroso também pode se combinar com a amônia presente na água e formar a monocloramina (NH₂Cl), a dicloramina (NHCl₂) e o tricloreto de nitrogênio (NCl₃), de acordo com as seguintes reações:



Estas reações ocorrem mais rapidamente em valores de pH mais baixo, onde é mais elevada a concentração de ácido hipocloroso não dissociado (BRANCO, 1986).

As monocloramias apresentam uma constante de hidrólise muito baixa, formando quantidades de ácido hipocloroso muito pequenas, ao passo que as dicloraminas produzem maior quantidade de HOCl e por isso apresentam um efeito bactericida melhor.

As cloraminas como desinfetantes diferem do HOCl, pois seus residuais são muito estáveis, porém de ação lenta.

A dicloramina é muito mais ativa do que a monocloramina (em certos casos cerca de 3 vezes). Por outro lado comparando-se a dicloramina com o HOCl, na destruição de esporos do bacilo anthracis, após período de contato de 30 min., a dicloramina mostrou ter um poder desinfetante apenas 15% do correspondente ao HOCl.

Devido à formação de íon OCl^- (pouco eficaz) na cloração com residual livre de cloro, as cloraminas são mais eficientes na destruição de cistos com o pH acima de 7,5. As cloraminas responsáveis pela desinfecção neste caso têm a sua formação também condicionada pelo pH:

pH acima de 8,5 apenas monocloramina,

pH = 7,0 cerca de 50% monocloramina e 50% dicloramina

Vale ressaltar que no caso da aplicação de fertilizantes nitrogenados, seja no solo ou na água de irrigação, o cloro deve ser aplicado em tempo diferente.

A Figura 2 mostra a distribuição percentual de mono e dicloraminas nas águas com pH desde 5 até 10.

Outros tipos de compostos de cloro que podem ser utilizados são:

- hipoclorito de sódio - NaOCl: é aplicado na forma líquida em concentrações de 15% de cloro "disponível". Sua reação de é a seguinte:



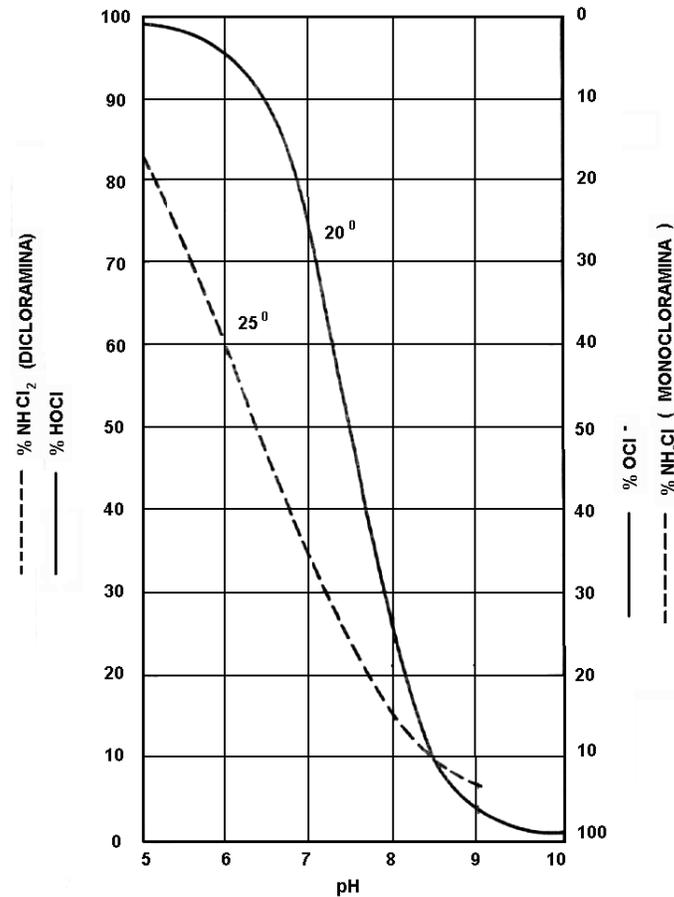
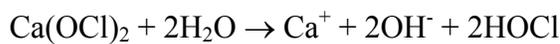


Figura 2. Distribuição percentual de mono e dicloraminas nas águas com pH desde 5 até 10.
 Fonte: Desinfecção de águas. CETESB, São Paulo/SP, 1974. 210 p

Nesta reação ocorre a formação do HOCl que pode dissociar-se. Os íons OH⁻ e Na⁺ se formam, aumentando o pH da água. Em alguns casos, o Na⁺ formado pode ser prejudicial para o solo e as plantas.

- hipoclorito de cálcio - Ca(OCl₂): é aplicado na forma de tabletes, pílulas ou granulado, sendo muito utilizado em cloração de piscinas.



Nesta reação ocorre a formação do HOCl que pode dissociar-se. Os íons Ca²⁺ e OH⁻ se formam, aumentando o pH da água.

- Dióxido de cloro -ClO₂: é aplicado na forma líquida, mas é a fórmula mais cara de cloro aplicado na água, portanto não é muito utilizado para controles de algas nas águas utilizadas para irrigação.

Ao cloro ativo, capaz de exercer ação desinfetante e ação oxidante e que resta na água após um certo tempo da aplicação dos compostos citados anteriormente, denomina-se cloro residual. Além dessa designação outras também são adotadas:

- cloro disponível: é a medida de poder de oxidação de um composto de cloro expresso em termos de cloro elementar ;

- cloro residual livre: é o cloro residual presente na água sob a forma de ácido hipocloroso (HOCl) ou ácido hipocloroso dissociado;

- cloro residual combinado: é o cloro residual presente na água, menos o cloro residual livre. (Apresenta-se sob a forma de composto orgânico nitrogenado).

- demanda de cloro: é a diferença entre a quantidade de cloro aplicado e o cloro residual disponível, ao fim de um período de contato especificado.

É importante salientar que o cloro residual combinado inicialmente aumenta com o aumento do cloro dosado, passando por um máximo, e, a seguir, diminui até um mínimo a partir do qual passa novamente a aumentar. Nesse ponto, para cada aumento de cloro dosado corresponde igual aumento de cloro residual livre. O ponto de inflexão encontrado é comumente chamado de “Break Point”, ROSSIN (1976). Tal fenômeno está representado na figura 3.

De acordo com AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, (1992b), a eficiência da cloração para todos estes compostos é afetada pelos seguintes fatores; cloro disponível (concentração e tipo), pH, tempo de contato e temperatura.

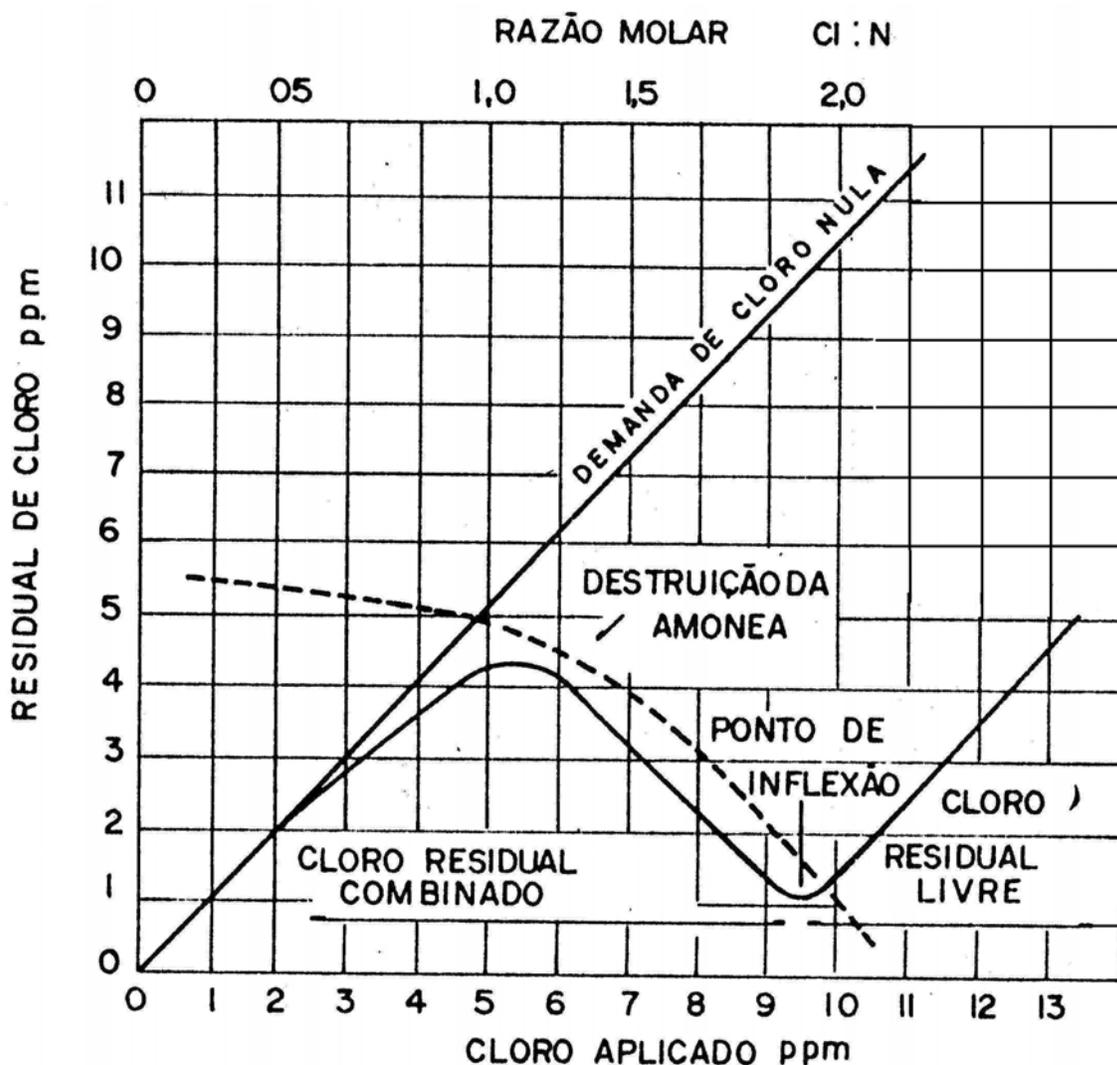


Figura 3 Curva representativa do ponto de inflexão (Break Point) $N= 1 \text{ mg/l}$. Fonte ROSSIN (1986)

3.9.2. Aplicação do Cloro

De acordo com manual da PLASTRO (1994), a aplicação do cloro na água de irrigação pode ser realizada dos seguintes modos:

- a) Intermitente: concentração baixa e uniforme (normalmente $1 \text{ a } 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) uma ou várias vezes durante o ciclo de irrigação.
- b) Intermitente: concentração alta (acima de $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) uma ou várias vezes durante o ciclo da irrigação (aproximadamente 20 minutos por dia).
- c) Super cloração: concentração acima de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, com uma duração de 5 minutos durante o ciclo de irrigação.

Estas aplicações são feitas usualmente realizadas de modo automático com bombas injetoras que injetam o cloro diretamente na linha principal do sistema de irrigação.

3.9.3 Algumas Indicações do Uso de Cloro.

De acordo com pesquisas realizadas por Phene (1998) e Keller *et all* 1990, existem algumas indicações que tem apresentado bons resultados com a utilização de cloro para problemas de entupimento de emissores que são;

- para algas, injeção contínua de cloro, que atinja $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro livre, no final das mangueiras;
- para algas, injeção de choque, que atinja $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro livre por 20 minutos no fim da irrigação;
- para sulfeto de hidrogênio, injetar cloro 3,6 a 8,4 vezes o teor de sulfeto de hidrogênio;
- para bactérias ferrosas usar acima de $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro acima do teor de ferro presente na água;
- para precipitação de ferro usar 0,64 vezes o teor de Fe^{2+} para manter $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro residual livre no fim da mangueira;
- para precipitação de manganês, usar 1,3 vezes o teor de Mn;
- para limbos, manter $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ou até $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro livre no final das linhas laterais.

3.10. SISTEMAS DE INJEÇÃO DE FERTILIZANTES A REDE DE IRRIGAÇÃO ATRAVÉS DE BOMBAS INJETORAS.

DASBERG e BRESLER (1985) comentaram que nestes dispositivos de injeção, os fertilizantes podem ser supridos à água de irrigação em taxas mais ou menos constantes. Entretanto, o fluxo de água e de fertilizantes são controlados independentemente.

A bomba de injeção de acionamento hidráulico, é bastante utilizada. Esta aproveita a própria pressão da água para o seu funcionamento, e a aplicação da solução é uniforme.

ZANINI (1987), referindo-se a bombas injetoras, explica que uma solução de fertilizantes contida em um reservatório aberto é introduzida ao sistema de irrigação por meio de uma bomba. Em princípio existem dois tipos de bombas: aquelas operadas por uma fonte de energia independente da bomba de irrigação e bombas acionadas por meio da própria pressão da água no sistema.

De acordo com VALVERDE e LOPEZ (1990), as bombas injetoras permitem maior facilidade de automatização, não provocam nenhuma perda de energia no sistema e são de regulagem fácil. A principal limitação deste sistema é a necessidade de uma fonte externa de energia, uso de material anticorrosivo e custo relativamente alto o que torna o seu uso limitado.

É um sistema mais eficiente que os demais, principalmente por manter constante a concentração da solução injetada ao longo do tempo. A taxa de bombeamento e a concentração da solução armazenada no reservatório pode ser ajustada para atender aos níveis do produto a ser injetado. Entretanto, alterações no fluxo de água, falta de energia ou deficiência mecânica podem causar mudanças na concentração original (SOUSA *et al.*, 1993).

Segundo NATHAN (1994), o sistema de bombas injetoras são muito comuns, aparecendo em diversos modelos, formas, medidas, materiais, fontes de energia e injeção. O princípio de funcionamento deste sistema preconiza a sucção de uma solução fertilizante de um tanque aberto através da geração de uma pressão maior que a pressão do sistema de irrigação. A bomba opera por meio de um motor hidráulico ou elétrico. O controle sobre o ritmo de injeção, doses e momento injeção, pode ser feito manualmente, por meio de distintos acessórios ou de forma automática. Ele cita que existem bombas hidráulicas que a água de operação não é expulsada. Estas bombas injetoras do “tipo pistão” (Sistema Diferencial de Pressão), nas versões de tamanho 19,05 mm, 38,1 mm e 50,8 mm dos alimentadores DOSATRON possuem capacidade de injeção de 0,03 a 400 l/h, sendo o funcionamento seguro entre 12 a 1000 kPa apresentam um bom desempenho e estão sendo utilizadas muito em Israel..

PAPADOPOULOS (1999), cita em seu trabalho que de um modo geral, as vantagens dos sistemas de bombas de injeção são: o alto grau de controle da dosagem e da escolha do momento da distribuição química, o controle centralizado e sofisticado, a portabilidade, não há grande perda no sistema, economiza trabalho e é de operacionalização relativamente barata. Por outro lado, a instalação é mais complexa e cara em comparação às outras aplicações, podendo requerer fontes de energia externas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local

A investigação experimental foi realizada no município de Campinas, Estado de São Paulo. A região tem altitude média de 640 m, latitude 22^o48'57" sul e longitude de 47^o03'33". Foi realizada no inverno de 2001, que segundo Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) as temperaturas médias no mês mais frio (junho) são inferiores a 18^o C. A classificação climática é de transição, entre os tipos Cwa (seco de inverno) e Cfa (constantemente úmido), que é clima tropical de altitude, com inverno seco e verão úmido. A água usada no experimento era proveniente de um reservatório existente no local.

O reservatório de água utilizado na pesquisa foi concebido para a irrigação do Campo Experimental da Faculdade. Este constituiu-se de um pequeno açude, que é abastecido pelo bombeamento de água de uma pequena represa construída dentro do Campus universitário da UNICAMP, onde ocorre a contribuição hídrica de outras nascentes que estão a seu redor.

4.1.1. Instalação Experimental

Na área experimental foi montado um sistema de irrigação composto de uma motobomba centrífuga com rotor fechado marca KSB, modelo C-2000 com motor monofásico 110-220 V/ 60 Hz, controlador de irrigação, marca Galcon, modelo Galconit 8 que opera com transformador de 220V e opera 4 válvulas elétricas com solenóide de 25,4 mm de diâmetro com tensão de operação 24 Vac, gotejadores da marca NETAFIM, Modelo Streamline 80, 1 sistema de aquisição de dados (datalogger), 4 transdutores diferenciais de pressão, 4 reguladores de pressão, 5 hidrômetros digitais tipo turbina, da marca GPI, modelo 01N12LM, com faixa de vazão de 10 a 100 l/min com uma precisão de 5% ,4 manômetros de Bourdon, sistema de injeção de fertilizantes constituído de 2 bombas dosadoras tipo pistão, da marca DOSATRON, sistema de filtragem composto de 4 filtros, sendo 2 filtros de disco de 130 microns, diâmetro de uma polegada, ambos da marca Amiad

e outros dois de manta sintética não tecida. As propriedades da manta sintética não tecida estão apresentadas na tabela 6.

Tabela 6 Característica da manta

Permeabilidade normal (cm/s)	0.5
Permissividade (s^{-1})	1.6
Abertura dos poros (mm)	0.150
Gramatura (g/m^2)	380
Espessura (mm)	3.8

Os corpos dos quatro filtros eram idênticos e feito de plástico, somente o elemento filtrante diferente. O esquema detalhado do experimento é apresentado na figura 4.

A citação de marcas comerciais não significa sua recomendação ou quaisquer tipos de favorecimento.

Uma visão geral do experimento é apresentado na figura 5. Da motobomba, a água era conduzida às linhas de sub-ramais de 32 mm, por meio de uma linha mestre de 32 mm. Um hidrômetro digital, foi instalado na linha mestre para monitorar a vazão total do sistema. Utilizou-se uma bomba dosadora tipo pistão para realizar a fertirrigação nas 4 parcelas do experimento.

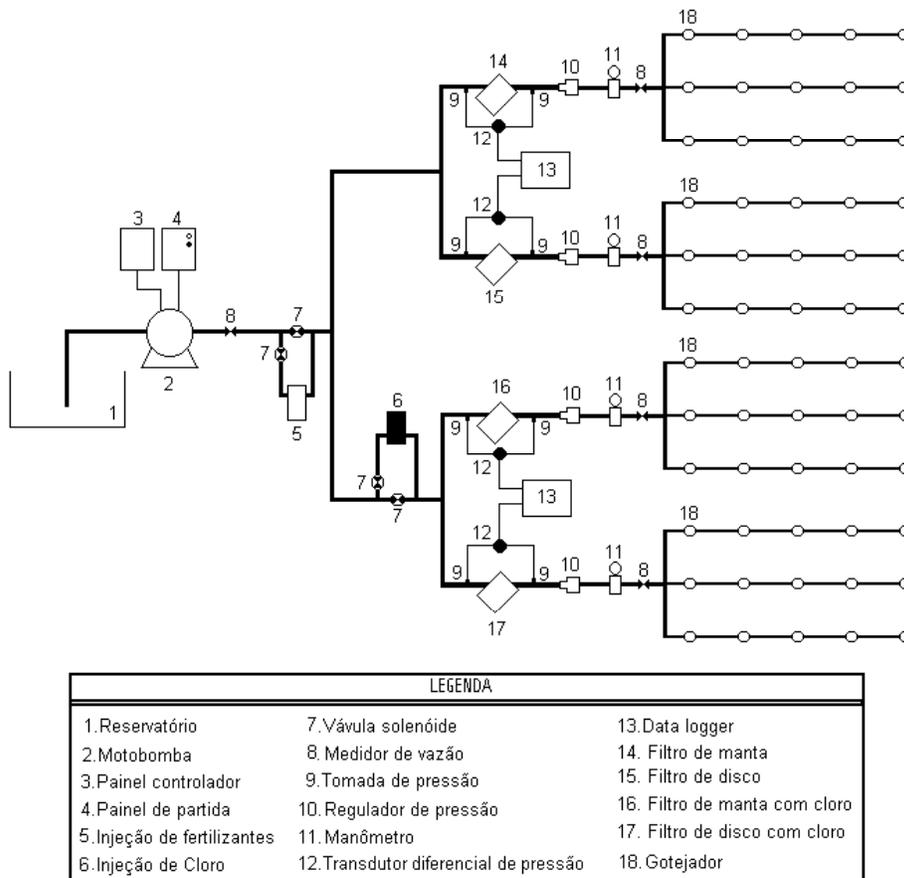


Figura 4 - Esquema geral do experimento no campo



Figura 5 - Visão geral do experimento no campo experimental da FEAGRI

Na entrada de cada sub-ramal ou parcelas foram instalados hidrômetros digitais iguais ao da linha mestre, para auxiliar no monitoramento das vazões das parcelas experimentais, 1 filtro, tomadas de pressão antes e depois dos filtros para o monitoramento das perdas de cargas, 1 regulador de pressão, da marca Senninger, com pressão de saída de 69 Kpa, para garantir pressão igual na entrada de cada parcela de gotejadores e 1 manômetro tipo Bourdon na entrada para checar se todas as parcelas estavam com a mesma pressão de entrada. Foi realizada a calibração dos manômetros tipo Bourdon, para se obter uma maior precisão nas suas leituras. O procedimento para a calibração consta em anexo.

A figura 6 mostra uma visão geral de entrada de cada parcela experimental com os respectivos acessórios citados.



Figura 6 - Entrada de cada parcela experimental.

A variação da pressão devido à retenção de impurezas nos filtros foram monitoradas por meio de transdutores diferenciais de pressão da marca MOTOROLA, modelo MPX 5100 cuja faixa de funcionamento é de 0 a 100 Kpa (figura 7). Em todos os sensores foi feito uma calibração e os procedimento desta estão em anexo. Foi utilizado ainda um sistema de aquisição de dados marca CAMPBELL SCIENTIFIC, INC modelo CR10X PROMPT SHEET (figura 8).

A perda de carga localizada nos filtros foi medida automaticamente através do sistema de aquisição de dados. Foram instalados pontos para tomada de pressão imediatamente antes e após os filtros de disco com e sem cloração e manta sintética não tecida com e sem cloração. Nestes foram conectadas mangueiras que foram ligadas, na outra extremidade, a transdutores diferenciais de pressão. Estes transformam medidas diferenciais de pressão em sinais elétricos de voltagem variável em função da magnitude do sinal de entrada, ou seja, da grandeza do diferencial de pressão. Estes sinais elétricos são armazenados em um Data Logger que, em função da programação realizada, já os

transforma em unidade de pressão. Desta forma, a perda de carga é registrada com grande regularidade e confiabilidade.

O sistema de aquisição de dados obtém leituras referentes à perda de carga medida por meio dos transdutores de pressão a cada 6 segundos. Portanto, em um minuto são realizadas 10 medidas, das quais é obtido um valor médio. O Datalogger armazena esta leitura média a cada minuto.

Decorrido os 30 dias de ensaio de cada fase, todos os dados foram reunidos em uma mesma planilha e trabalhados. Como a quantidade de dados era muito grande, obtiveram-se valores médios de perda de carga localizada para cada 10 minutos de irrigação, diminuindo-se desta forma, o número total de pontos em dez vezes. Cada parcela de irrigação conta com uma vazão de 10 L/minuto, que corresponde a 600 L/h. Desta forma, por hora são filtrados 600L de água, ou ainda 0,6 m³. Em todo o período de 30 dias, com dois turnos de rega diários, os quais têm duração de 2 horas, totalizam-se 72,0 m³ de água filtrada por cada elemento filtrante. A variação da perda de carga localizada nos filtros foi plotada em função do volume de água filtrada pelos elementos filtrantes e não pelo tempo, por ser uma grandeza mais fácil de ser comparada, já que diferentes sistemas de irrigação, por suas particularidades, possuem diferentes vazões.



Figura 7 - Foto ilustrando transdutores de pressão

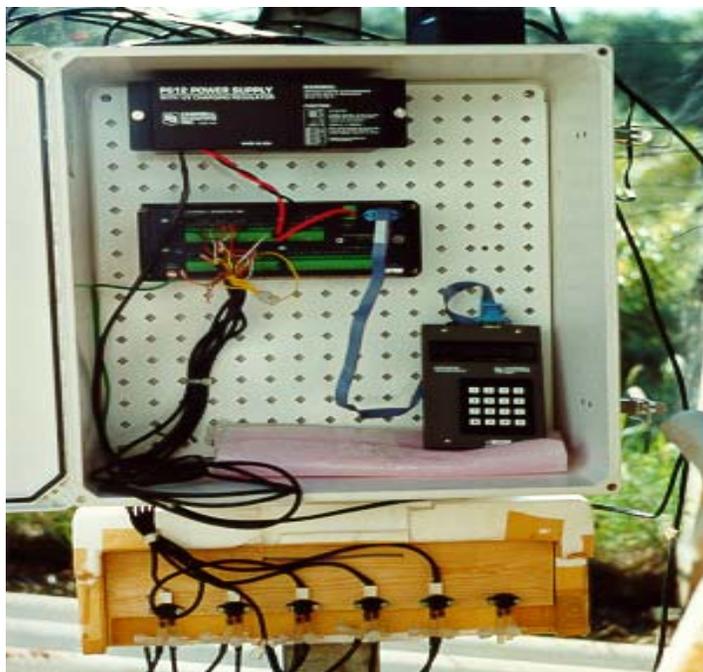


Figura 8 - Foto ilustrando sistema de aquisição de dados

Cada parcela apresenta 6 linhas laterais de gotejadores, espaçadas entre si de 5 cm e com comprimento de 6 metros (figura 9). O controle do tempo de irrigação, horário e dias de funcionamento de cada parcela, acionamento da bomba, fertirrigação e cloração eram feitos através de válvulas elétricas que eram acionadas pelo controlador automático Galconit e uma contactora. (figura 10).



Figura 9 - Laterais com gotejadores



Figura 10 - Controlador automático de irrigação e contactora

4.2) Gotejadores

Os gotejadores utilizados na pesquisa eram do tipo labirinto, da marca NETAFIM, Modelo Streamline 80, que são inseridos dentro da tubulação de polietileno de espessura de parede de 0,20 mm e diâmetro interno de 16 mm. A Figura 11 ilustra um esquema do gotejador em detalhe.

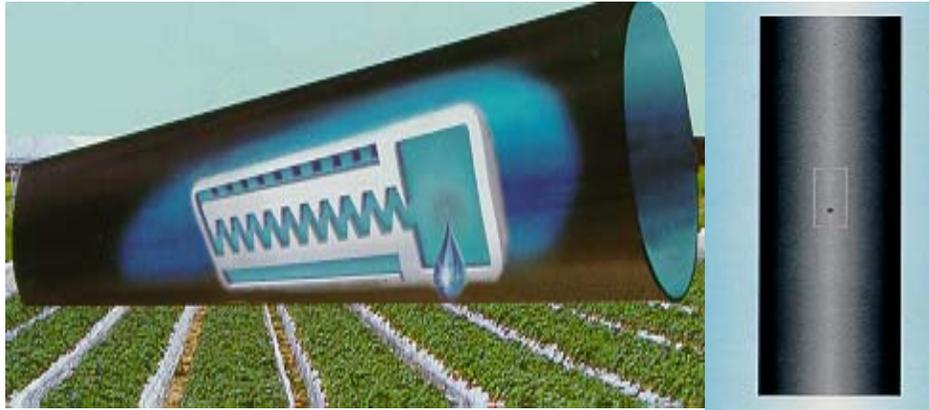


Figura 11 Esquema do Gotejador

Avelino (1999) realizou ensaios em laboratório para a caracterização hidráulica do gotejador do tubo de emissão Streamline 80. O efeito do processo construtivo do gotejador que foi expresso pelo coeficiente de variação de fabricação, foi obtido, através de valores de pressão de 82,7 a 55,2 kPa. O valor médio obtido foi de 2,4 %. Segundo SOLOMON (1979) este valor médio indica que o gotejador pode ser classificado como de excelente qualidade, e de acordo com ABREU et al. (1987) os gotejadores seriam classificados como bons. Ainda de acordo com Avelino (1999) esse gotejador possui um regime de escoamento turbulento, determinado pelo expoente x igual a 0,457 da equação 14, onde o valor de K é 0,131. Para a validação da equação encontrou-se um coeficiente de determinação r^2 igual a 0,9767.

$$q = 0,131 \times H^{0,457} \quad (5)$$

Onde:

q = vazão do emissor (L/h);

H = pressão do tubo de emissão (kPa).

4.3) Bomba Injetora

4.3.1 Sistema de injeção de fertilizantes através de bomba injetora.

A bomba injetora utilizada neste trabalho citada por NATHAN (1994) é de fabricação francesa, da marca DOSATRON, modelo DI 16, cuja as suas características de funcionamento são: vazão na faixa de 10 l/h a 2500 l/h e a sua pressão de funcionamento é de 30 a 6000 kPa.

Este equipamento utiliza para o seu funcionamento a própria água do sistema de irrigação para impulsionar hidráulicamente um pistão.

4.3.2 Descrição do princípio de operação.

O equipamento possui um motor hidráulico que é composto por um pistão e uma válvula que inverte a direção do fluxo, transferindo a pressão hidráulica, ora na parte superior do pistão e ora na parte inferior, repetindo este processo sucessivamente. Este mecanismo permite o movimento linear do pistão.

Todo volume de água que passa através da bomba causa o processo descrito, razão pela qual, a velocidade do motor, ou seja o número de movimentos do pistão por unidade de tempo, é função da vazão de água que passa através do motor. A figura 12 apresenta como funciona a bomba injetora.

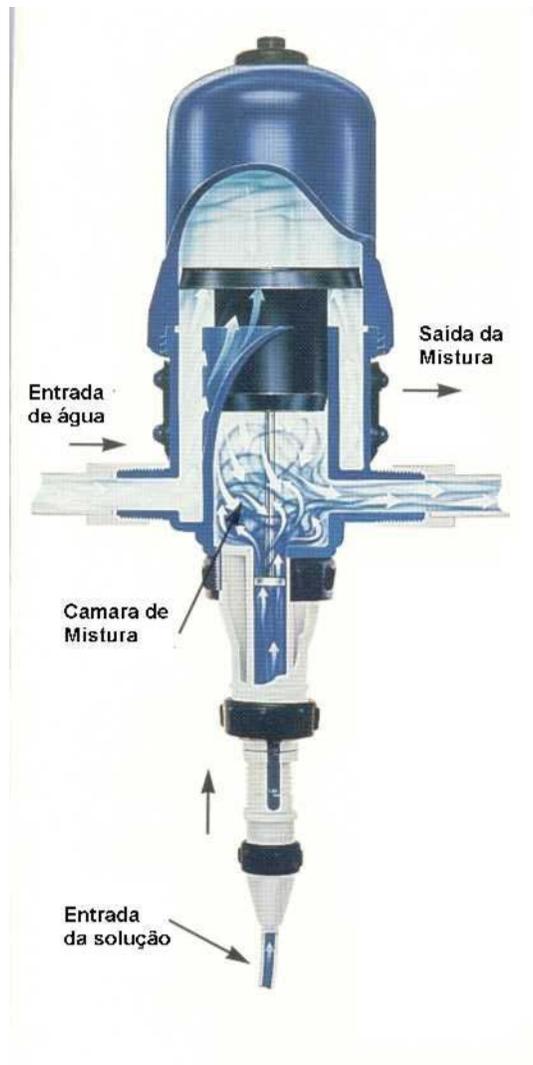


Figura 12 Funcionamento da bomba DOSATRON

A parte inferior do pistão está conectada a uma unidade de sucção, que é como um pistão pequeno, e este se move dentro de um cilindro, que pode ser regulado, permitindo desta forma a redução ou o aumento do volume de solução succionada para a câmara de fertilizante em cada movimento do motor hidráulico.

A instalação da bomba foi feita de tal forma que toda a vazão que passa pela linha de irrigação passa também pela bomba, e isto causa uma total dependência entre a vazão da linha principal do sistema de irrigação e a velocidade do motor, o que produz uma injeção da solução de fertilizantes de forma proporcional a vazão que atravessa a bomba que por sua vez pode ser regulada. Pelo fato de toda a vazão da linha de irrigação atravessar

a bomba, isto não acarreta expulsão de água do sistema, permitindo assim uma injeção contínua e proporcional.

A regulagem da dosagem foi efetuada através de um corpo dosador na parte inferior onde há uma rosca que desliza para cima e para baixo. Este corpo desliza para cima ou para baixo a fim de se aproximar tanto quanto possível a graduação de dosagem desejada.

A figura 13 mostra a bomba dosadora instalada no campo que tem a finalidade de injectar tanto fertilizantes para a fertirrigação como também injectar cloro para o tratamento químico da água de irrigação proveniente do reservatório.



Figura 13 Bomba injetora de fertilizante da marca DOSATRON

4.4) Fertilizante

Para a realização da fertirrigação, utilizou-se um fertilizante organo-mineral para aplicação via água de irrigação cujo nome é VIVA e o fabricante VALAGRO do Brasil. O produto apresenta-se na forma líquida e sua densidade é de 1,27. A sua composição segundo o fabricante é de 25% de matéria orgânica, 3% de nitrogênio total e 9% de

potássio na forma de K_2O . O produto apresenta poucos problemas com relação a conservação ao ser misturado com a água, quando é necessário o seu armazenamento como solução nutritiva.

Pode ser utilizado para culturas tais como hortaliças em geral, flores, frutíferas e viveiros de mudas.

4.5) Caracterização hidráulica dos filtros

Esta etapa da pesquisa foi realizada no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, e visou a caracterização hidráulica dos meios filtrantes dos dois tipos de filtros, mantas sintéticas não tecidas e disco (130 microns), que são ,mostrados nas figuras 14 e 15 respectivamente.



Figura 14 Filtro de Manta Sintética não Tecida.

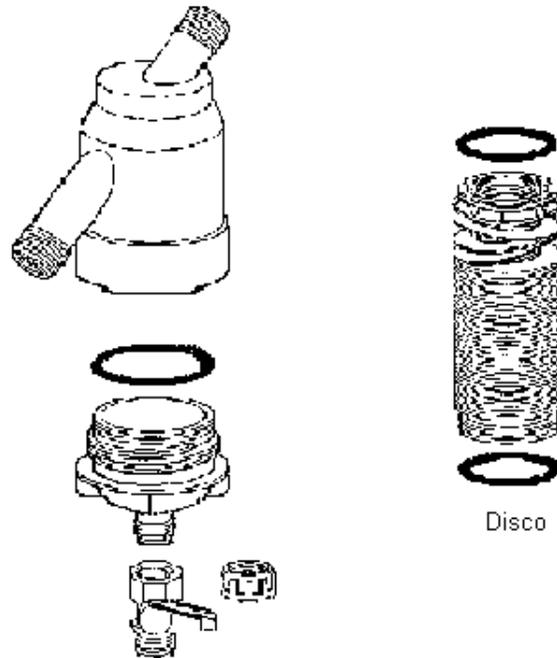


Figura 15 Filtro de disco de 130 microns

Neste teste fez-se a determinação da perda de carga em função da variação da vazão dos filtros, e desta forma pôde-se fazer uma comparação de desempenho dos filtros. Através destes dados foi feito um gráfico para se determinar a curva característica de desempenho de ambos os filtros e depois com a ajuda de um software se determinou as respectivas equações.

A instalação experimental para a realização desta etapa, esquematizada na figura 16, constituiu-se de um circuito fechado com tubos de PVC com 38,1 mm de diâmetro, alimentado através do bombeamento da água proveniente de um reservatório de 600 litros (água de abastecimento da UNICAMP). Ao longo desta tubulação foram instalados, um medidor de vazão eletromagnético (Marca CONAUT, diâmetro 38,1 mm e faixa de vazão de até 50 m³/h), para monitoramento deste parâmetro. O filtro a ser testado, foi colocado entre duas tomadas de pressão localizadas antes e depois do filtro, que foram ligadas a um manômetro diferencial de mercúrio para medir-se a variação da perda de carga em função da vazão. A variação da vazão foi feita por meio de um registro de agulha instalado na extremidade da tubulação. Na saída da bomba, foi instalada uma válvula de controle redutora de pressão (Marca Dorot, diâmetro de 50,8 mm com piloto regulador de pressão) cuja finalidade é a redução da alta pressão da vazão a montante do registro de saída da

bomba, para uma pressão regulada a jusante a fim de manter a pressão constante para o ensaio do filtro para as diferentes vazões. Na construção deste sistema observou-se a distância mínima de dez vezes o diâmetro da tubulação antes e depois do filtro para a instalação das tomadas de pressão, o que equivale à distância de 508 mm. Este procedimento é recomendado para evitar transientes hidráulicos que possam interferir nas determinações de pressão.

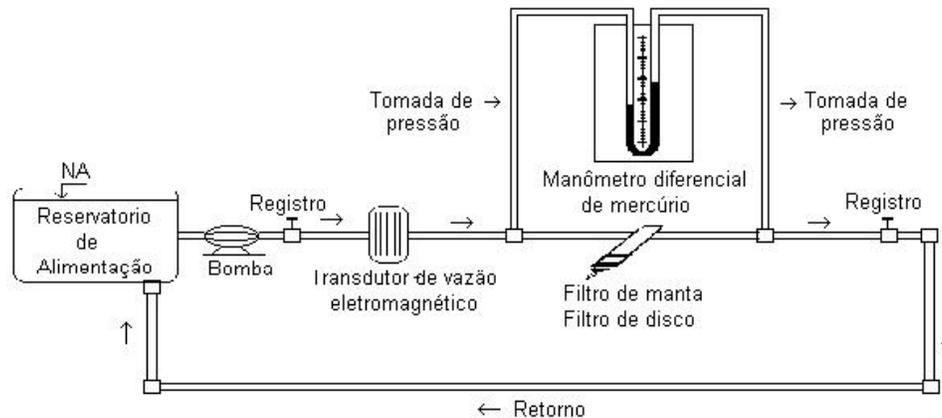


Figura 16 . Esquema da instalação para elaboração das características dos elementos filtrantes.

4.6) Previsão da Concentração de Fertilizante Orgânico para a Fertirrigação.

No preparo da concentração de solução de fertilizantes, calculou-se a quantidade segundo a recomendação do próprio fabricante que sugere litros do produto/m² de área irrigada. Como o experimento possui 4 parcelas de 3 metros de comprimento por 1 de largura com 6 linhas de gotejadores espaçadas entre si a cada 50 cm a área total irrigada para cada parcela será de 3 m².

De acordo com a tabela de Keller & Karmelli (1975) que define a porcentagem de área irrigada em sistemas de irrigação localizada levando em consideração o espaçamento entre laterais, vazão do gotejador, espaçamento entre os gotejadores e a textura do solo pode-se considerar que independente da textura do solo a porcentagem de área irrigada será de 100% no caso deste experimento.

A previsão da concentração na linha de gotejadores foi calculada da seguinte maneira:

Área de cada parcela: $3\text{ m} \times 1\text{ m} = 3\text{ m}^2$

Quantidade de parcelas: 4

Área total : $4 \times 3\text{ m}^2 = 12\text{ m}^2$

Segundo recomendações do fabricante do fertilizante, optou-se por uma fertirrigação por dia com uma concentração de $0,35\text{ ml/m}^2/\text{dia}$. Este valor foi calculado porque a indicação é de 5 a 7 ml/m^2 a cada 20 dias.

Calculo para cada parcela será de $3\text{ m}^2 \times 0,35\text{ ml/m}^2 = 1,05\text{ ml}$ por parcela. Como o experimento possui 4 parcelas a quantidade de fertilizante será de $4,2\text{ ml}$ de fertilizante para cada fertirrigação.

O volume total de água para cada fertirrigação será de 4200 litros para um período de 1 hora e 45 minutos, portanto a concentração de fertilizante na linha de gotejadores será de $4,2\text{ ml} / 4200\text{ litros} = 0,001\text{ ml} / \text{litro}$.

Tendo-se essa concentração na linha de gotejadores, a previsão da concentração no reservatório de fertilizantes foi calculada da seguinte maneira (figura 17):

Concentração na linha de gotejadores (C_g) – $0,001\text{ ml/l}$

Concentração de fertilizante na água de irrigação (C_i) – 0

Concentração no tanque da bomba dosadora (C_b) - ?

Vazão total da parcelas fertirrigadas (Q_p) – 2400 l/h

Vazão da bomba dosadora (Q_b) – 10 l/h

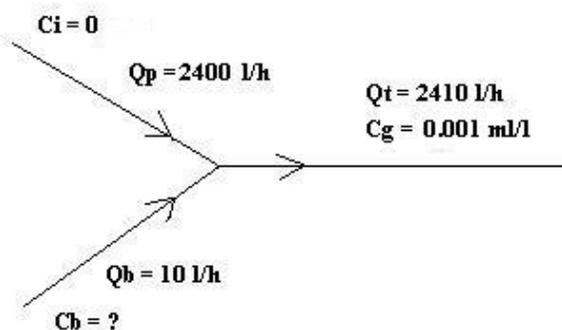


Figura 17 Esquema para calculo da dosagem de fertilizante

Vazão total ($Q_t = Q_p + Q_b$) – 2410 l/h

$$(C_i * Q_p) + (C_b * Q_b) = Q_t * C_g$$

$$C_b = (Q_t * C_g)/Q_b = (2410 * 0,001)/10 = 0,241 \text{ ml/l}$$

$$C_b = 0,241 \text{ ml/l}$$

4.6.1 Tempo de Fertirrigação e Instantes de Coleta de Amostras

O tempo de cada fertirrigação utilizado empregando a bomba dosadora foi de 1 hora e 45 minutos por cada ciclo de irrigação de 2 horas com 10 horas de descanso, durante 24 horas por dia. Portanto o tempo total de fertirrigação por dia é de 3,5 horas no total já que tem-se 2 ciclos de irrigação por dia (2 horas irrigando e 10 horas sem irrigar).

A taxa de aplicação de 10 l/h para cada ciclo de irrigação totaliza um volume de solução de 35 litros por dia.

Durante as fertirrigações foram coletadas amostras de água antes e depois dos filtros de manta e disco das linhas de gotejadores pelo menos 2 vezes por semana durante o período de cada ensaio (ciclo).

4.7) Calculo da concentração a ser obtida e quantidade aplicada de hipoclorito de sódio no tratamento químico.

Adotou-se o valor da concentração de cloro necessária na linha de gotejadores de $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, uma vez que, de acordo com ENGLISH (1985), sugere uma concentração de 1 a $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro livre nas linhas de gotejadores para o controle preventivo de entupimentos devido ao crescimento de algas e limos.

Para PHENE (1998) e KELLER et al. (1990), no controle de algas a concentração de cloro livre deve ser de $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ no final da linha de gotejadores e para o limbo entre 1 a $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

A aplicação do cloro no presente trabalho foi feita nos últimos 15 minutos finais de cada ciclo da irrigação, a fim de melhorar a eficiência da cloração (PLASTRO, 1994).

A fonte de cloro utilizada foi o hipoclorito de sódio (12%). Para CLARK (1992), o hipoclorito de sódio líquido é a forma mais conveniente e segura de cloro para ser injetado em sistemas de irrigação.

O cálculo para a concentração necessária de hipoclorito de sódio (12%) no tanque da bomba dosadora foi feita da seguinte maneira:

$$\text{Concentração na linha de gotejadores (Cg)} = 2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

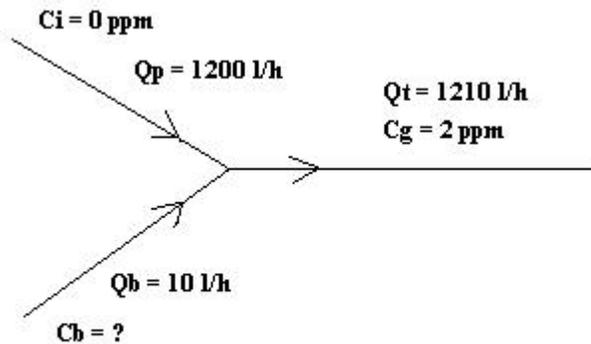
$$\text{Concentração de cloro na água de irrigação (Ci)} = 0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentração no tanque da bomba dosadora (C_b) = ?

Vazão total da parcelas com tratamento químico (Q_p) = 1200 l/h

Vazão da bomba dosadora (Q_b) = 10 l/h

Vazão total ($Q_t = Q_p + Q_b$) = 1210 l/h



$$(C_i * Q_p) + (C_b * Q_b) = Q_t * C_g$$

$$C_b = (Q_t * C_g) / Q_b = (1210 * 2) / 10 = 242 \text{ mg/l}$$

$$C_b = 242 \text{ mg/l}$$

- Quantidade de hipoclorito de sódio (12%) a ser colocado no tanque de solução com volume de 50 litros

$$C_{\text{Naocl}} = 12 \text{ g/100 ml} = 120 \text{ g/1000ml} = 120\text{g/l} = 120000 \text{ mg/l} = 120000\text{mg/l}$$

$$C_{\text{Naocl}} * \text{volume de NaOCl (litros)} = C_b * \text{volume do tanque (litros)}$$

$$120000 * \text{volume de NaOCl (litros)} = 242 \text{ mg/l} * 50 \text{ litros}$$

$$\text{volume de NaOCl} = 0,1008 \text{ litros} = 100,8 \text{ ml}$$

Portanto no tanque de solução colocou-se 50 litros de água e 100,8 ml de NaOCl para ter-se uma solução com uma concentração de $242 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, que seria injetada no sistema de irrigação para se obter uma concentração de $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro residual livre na linha de gotejadores.

De acordo com ROSSIN (1976), para a determinação correta de cloro residual livre deve-se levar em consideração dois fatores importantes:

- se a água não possui compostos nitrogenados;
- se a água contém tais compostos isto resultará na formação de cloraminas e portanto deverá ser aplicado um excesso de Cloro para a destruição dos compostos. Neste caso deverá ser determinado o Ponto de Inflexão ou “Break Point” da água e dosar-se o

Cloro acima da concentração encontrada para o Ponto de Inflexão.

Para verificar se a quantidade encontrada nos cálculos estava realmente correta, pegou-se uma amostra de água do reservatório que era utilizada no sistema de irrigação localizada e preparou-se uma concentração de $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ com hipoclorito de sódio (12%) na água. Fez-se uma diluição de 1,2 litros de água para um volume de NaOCl de 0,02 ml e fez-se as medições da concentração de Cl_2 livre para vários valores de tempo de contato do cloro com a água.

O equipamento utilizado foi o espectrofotometro DR/2010 da marca HACH, com uma faixa de leitura de 0 a $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de Cl_2 , precisão de $\pm 0,02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para leituras de 0,1 a $3,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ com limite de confiança de 99%.

A metodologia utilizada neste equipamento é o método DPD, que foi adaptado a partir do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Através dos dados que estão apresentados na tabela 7, nota-se que a quantidade de cloro livre diminui em função do tempo e ficou acima da concentração desejada. Como o processo de cloração da água no ciclo de irrigação se dava nos 15 minutos finais o teste mostrou que para a concentração calculada conseguiu-se um valor de 76% superior ao esperado mesmo depois de 45 minutos após o termino da cloração.

Tabela 7 Valores da variação da concentração de cloro livre em função do tempo no laboratório para uma concentração de $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

Tempo cloração	Concentração de Cl_2 Livre ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1 min	5.41
5 min	4.92
10 min	4.71
15 min	4.64
30 min	3.92
45 min	3.21
60 min	3.58

Depois do teste de laboratório, foi realizado um teste de campo com valores de concentração de 2 e $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloro na água de irrigação para verificar qual seria a concentração de cloro livre no final da linha dos gotejadores para as parcelas com filtros de

manta e disco, cujo resultados estão mostrados na tabela 8. Isto porque no laboratório o processo é estático ou seja não existe um fluxo de água, enquanto que no teste de campo já ocorre o inverso ou seja existe um fluxo de água passando continuamente através de um elemento filtrante e isto com certeza causa uma variação no consumo de cloro aplicado.

Primeiramente tomou-se uma amostra de água do final das linhas de gotejadores de cada uma das parcelas em um becker de 250 ml.

As amostragens foram realizadas depois do termino da cloração que teve uma duração de 15 minutos. As amostras foram levadas para o laboratório, para leituras da concentração de cloro livre depois de 15 e 60 minutos.

Tabela 8 Valores da concentração de Cl_2 livre em função do tempo para parcelas com filtros de manta e disco, para concentrações de 2 e 4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ na água de irrigação.

Tempo (minutos)	Concentração de NaOCl (12%) na Água do Sistema de Irrigação			
	2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	
	Concentração de Cl_2 livre na linha de gotejadores			
	Manta	Disco	Manta	Disco
15	0.38	0.56	1.16	1.75
60	0.34	0.38	0.61	0.84

Nota-se que os valores apresentados na tabela 11, a concentração de cloro livre foi sempre maior no filtro de disco do que no de manta, para as concentrações de 2 e 4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de NaOCl. Isto também mostrou que a dosagem usada em laboratório era insuficiente quando utilizada no sistema de irrigação.

Realizou-se um novo teste de campo onde aumentaram-se os valores da concentração de hipoclorito de sódio na água do sistema de irrigação para valores de 5, 8 e 10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e fazendo-se leituras de cloro livre a 1, 5, 10, 15 e 60 minutos depois das amostras estarem no laboratório para ambas as parcelas, cujo resultados estão mostrados na tabela 9.

Tabela 9 Valores da concentração de Cl₂ livre em função do tempo para parcelas com filtros de manta e disco, para concentrações de 5, 8 e 10 mg*L⁻¹ na água de irrigação.

Tempo (minutos)	Concentração de NaOCl (12%) na Água do Sistema de Irrigação					
	5 mg*L ⁻¹		8 mg*L ⁻¹		10 mg*L ⁻¹	
	Concentração de Cl ₂ livre na linha de gotejadores					
	Manta	Disco	Manta	Disco	Manta	Disco
1	1.12	1.77	1.72	2.27	2.90	2.82
5	0.93	1.93	1.47	1.87	2.71	2.45
10	0.89	1.92	0.94	1.61	1.95	2.40
15					2.25	2.25
30					2.39	2.04
60					1.97	2.33

Para os valores de concentração de 5 e 8 mg*L⁻¹ de NaOCl, foram feitas as leituras somente até 10 minutos porque elas estavam abaixo de 2 mg*L⁻¹ para o filtro de manta. Nota-se que para estas concentrações novamente o valor de cloro livre foi menor no filtro de manta do que no de disco. Para a concentração de 10 mg*L⁻¹ nos dois filtros a concentração foi superior a 2 mg*L⁻¹ até 60 minutos depois do termino da cloração sendo um pouco inferior no de manta.

A dificuldade em ajustar a concentração de cloro livre no sistema de irrigação é devido ao fato de os filtros reterem matéria orgânica e bactérias. O cloro aplicado ser consumido pelas mesmas e assim se transformar em cloro residual combinado e nessa condição a quantidade de cloro residual livre diminui significativamente.

No sistema de irrigação a retenção de impurezas (algas, bactérias, sólidos suspensos), vão aumentando com o tempo. Consequentemente a quantidade de cloro combinado aumenta, já o cloro livre diminui até um ponto que segundo Rossin (1976), define como ponto de inflexão e a partir da qual começa a aumentar novamente.

Outra observação importante é que como o filtro de manta tem uma maior permeabilidade, isto causa uma maior retenção de impurezas e assim uma maior quantidade de compostos orgânicos. Estes consomem mais cloro razão pela qual na maioria dos testes a quantidade de cloro livre foi menor neste filtro em comparação com o de disco.

Portanto para se atingir uma concentração de $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro livre na linha de gotejadores foi necessário utilizar um valor 5 vezes superior ao calculado inicialmente. Com isto a concentração no tanque de solução ficou também 5 vezes maior, ou seja de 100,8ml de NaOCl passou para 504 ml para 50 litros de água destilada.

4.7.1. Tempo de Cloração e Instantes de Coleta de Amostras

O tempo de cada cloração utilizado empregando a bomba dosadora foi de 15 minutos por cada ciclo de irrigação de 2 horas com 1 hora de descanso, com dois ciclos por dia. Portanto o tempo total de cloração por dia era de 30 minutos no total já que tem-se 2 ciclos de irrigação por dia.

A taxa de aplicação de 10 l/h para cada ciclo de irrigação totalizava um volume de solução de 5 litros por dia.

Durante as clorações nos filtros de manta e disco que receberam esse tratamento químico foram coletadas amostras de água antes e depois do filtro pelo menos 2 vezes por semana durante os períodos de ensaios (ciclos).

4.8) Parâmetros Avaliados nas Análises da Água

Foram feitas análises das amostras de água do reservatório, antes e depois dos sistemas de filtragem de cada parcela durante 1 ano. Os períodos de amostragens da água foram realizados nas quatro estações do ano em quatro etapas. Na primeira etapa da pesquisa foi realizada no mês de julho, de 29 de junho a 30 de julho correspondendo a um mês típico de inverno. Esta estação é caracterizada por baixas precipitações e a temperatura da água ficou na média de $22,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, com 10 ensaios realizados durante o período. A segunda etapa da pesquisa foi realizada no mês de novembro até início de dezembro, de 05 de novembro a 13 de dezembro, na estação da primavera. É uma estação caracterizada por aumento de precipitação e a temperatura da água ficou na média de $26,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, onde foram feitos 12 ensaios. A terceira etapa da pesquisa foi realizada no mês de fevereiro, correspondendo a um mês típico da estação de verão, de 28 de fevereiro a 27 de março, com alta precipitações e a temperatura da água na média de $28,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Nesta fase foram realizadas 9 medições ao longo de 30 dias. A quarta e última fase foi feita no mês de abril que corresponde ao outono, no período de 09 de maio a 06 de junho, e a temperatura da água ficou na média de $21,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nas amostragens de campo foram determinados os fatores mais importantes com relação a qualidade de água para irrigação localizada e que podem causar obstrução nos gotejadores tais como: pH, sólidos em suspensão (Ss), condutividade elétrica (Ec), sólidos solúveis, ferro total (Fe), sulfetos de hidrogênio (H₂S), manganês (Mn), magnésio (Mg), cálcio (Ca), bicarbonatos (Bc), concentração de algas e bactérias.

A classificação da água para o sistema de irrigação localizada em relação a problemas de entupimentos devido a fatores físicos, químicos e biológicos seguiu recomendações de Nakayama & Bucks (1986).

Para a determinação dos valores de sólidos dissolvidos na água é utilizada uma razão de proporcionalidade entre os valores de condutividade elétrica medidos a este parâmetro. A relação para determinação dos sólidos dissolvidos é dada pela equação 5:

$$SD = Ec \times 640 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

SD = sólidos dissolvidos (mg*L⁻¹);

Ec = condutividade elétrica (mS*cm⁻¹);

Para a análise dos problemas de entupimentos relacionados com o bicarbonatos (Bc), utilizou-se o clássico índice de saturação de Langelier para analisar o risco de precipitação de CaCO₃, proposto por Nakayama and Bucks (1986), que é a relação do pH medido na água de irrigação (pH_m) e o pH calculado (pH_c). O pH_c é calculado a partir da concentração HCO₃⁻, Ca⁺² e concentração total de sais na água. O pH_c também está correlacionado com a temperatura da água. Se pH_m > pH_c, CaCO₃ poderá ser depositado a partir da solução e causará problemas de entupimentos; se pH_m < pH_c, CaCO₃ não irá precipitar.

4.9) Procedimento de análises de sólidos suspensos totais da água:

As análises da concentração de sólidos em suspensão totais foram feitas no laboratório de saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e a técnica de execução foi a seguinte:

- 1- Pesou – se o filtro de fibra de vidro modelo F 52/C diâmetro (Ø 47mm) em balança analítica, após ser colocado dentro do suporte de alumínio sendo

previamente calcinado na mufla a 550 °C por 30 minutos e resfriado em dessecador;

- 2- Colocou-se o filtro no suporte de filtro com receptor da marca NALGE COMPANY modelo cat.300-4000 (figura 26) e conectou-se ao kitassato, o qual já estava ligado ao sistema de vácuo;
- 3- Filtrou-se uma quantidade conhecida de amostra bem misturada, aplicando vácuo no sistema. Considerou-se encerrada a filtração quando ocorreu o “entupimento” do filtro e deixou secar por alguns minutos no suporte de alumínio.
- 4- O suporte de alumínio com o filtro foi levado para estufa a 103 – 105 °C, por 1 hora;
- 5- O conjunto da estufa foi retirado e colocado no dessecador para esfriar. Então o filtro foi pesado em balança analítica e anotado o valor.
- 6- Terminada a coleta dos dados adotou-se a equação 15 para determinação dos sólidos suspensos totais:

$$SST = \frac{(P_1 - P_0) \times 1000}{Vol} \quad 7$$

Onde:

SST = Sólidos suspensos totais em (mg/l)

P₁ = peso do filtro mais sólidos em (g)

P₀ = peso do filtro limpo em (g)

Vol = volume de amostra usado em (l)



Figura 18 Suporte de filtro com receptor da marca NALGE COMPANY usado para determinação de sólidos suspensos totais

4.10) Procedimento de análises para determinação da turbidez da água:

As análises da determinação de turbidez foram feitas no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e utilizou-se o método de turbidez nefelométrica., procedendo da seguinte maneira:

1. Aferição do Aparelho (Turbidímetro marca Micronal modelo B250):

O aparelho foi ligado 15 minutos antes da leitura das amostras para que pudesse se estabilizar;

A calibração do aparelho foi feita com uma escala apropriada para a leitura que foi de 0 a 10 unidades de turbidez (UT).

2. Leitura da amostra

As amostras foram agitadas para dispersão dos sólidos;
A amostra foi colocada na cubeta, limpando a sua superfície com papel absorvente;
O tubo foi colocado no aparelho, efetuando-se a leitura o mais rápido possível, para não ocorrer interferência devido à sedimentação;
Entre as leituras a cubeta foi lavada com água destilada.

4.11) Índices de Uniformidade Avaliados

O procedimento de medidas das vazões das linhas de gotejadores foram efetuadas, duas vezes por semana, totalizando uma média de 9 a 12 medições conforme a época do ano em 60 gotejadores. Sob as linhas de gotejadores foram montadas bandejas vazadas, com furos espaçados regularmente para comportar a introdução de coletores plásticos de volume de 330 ml. Cada gotejador em cada parcela tinha um coletor plástico correspondente para medição do volume de água emitido num determinado tempo. Estas bandejas foram montadas sob trilhos, de forma que podiam estar rapidamente sob os gotejadores ou fora do alcance do fluxo d'água. No momento de realizar o ensaio de vazão, as bandejas eram rapidamente, e de maneira sincronizada, introduzidas sob as parcelas contendo as linhas de gotejadores.

Ao efetuar a medição das vazões com o uso de um conjunto de coletores, cada gotejador era cuidadosamente observado, no sentido de não permitir interferência de vazões provenientes de gotejadores adjacentes e/ou pontos de conexão. Brecilhas de plástico foram utilizadas para isolar a vazão de cada gotejador e, então, os volumes eram coletados por um período de tempo de 5 minutos, controlado por cronômetro digital. Para as leituras dos volume de água coletados das canecas plásticas foram utilizadas provetas de vidro com capacidade de 500 mL, graduadas de 5 em 5 mL, permitindo leituras com precisão de 1,0 mL.

As pressões de serviço das parcelas eram monitoradas em manômetros colocados na entrada de cada parcela de irrigação. Todos os dados eram anotados em planilhas para posterior processamento e análise dos resultados.

Para cálculo dos coeficientes de uniformidade foram utilizadas as medidas de vazão tomadas nos ensaios realizados dos 60 gotejadores de cada parcela, exceto para a determinação do Índice de Performance do gotejador que foi obtido através de um programa computacional, o Unif 3.6, que utiliza 18 dados. Neste caso, foram selecionados

6 gotejadores do início das linhas laterais de gotejamento, 6 na metade e 6 no final das mesmas.

Para avaliar a performance dos 4 filtros e da eficiência do tratamento químico (cloração) foram analisados os seguintes índices de uniformidade de distribuição de água, a partir dos resultados obtidos com os ensaios de vazão:

a) Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (U_s)

$$U_s = 100 \cdot (1 - CV) \quad (8)$$

Onde:

U_s = uniformidade estatística de emissão (%);

CV = coeficiente estatístico de variação de vazão dos emissores.

b) Índice da performance do gotejador no campo

Para cálculo deste índice, adotou-se a metodologia proposta por Bralts & Kesner (1983). Estes autores definem o seguinte procedimento:

- Determina-se quantas medidas representam 1/6 do total. Por exemplo, se o total são 18 medidas, este número é 3.
- Adiciona-se as 3 menores medidas de tempo e marca-se a soma no eixo x do nomograma (Figura 19).
- Adiciona-se as 3 medidas maiores de tempo e marca-se a soma no eixo y do nomograma.(Figura 19).
- Se as somas não se encaixarem na escala ou se o valor é muito baixo e então a leitura ficará prejudicada no nomograma (Figura 19), podendo assim as somas serem divididas ou multiplicadas por um fator comum.

Para se calcular a uniformidade de distribuição de água no campo, foi utilizado um programa de computador desenvolvido por ZAZUETA & SMAJTRLA (1991), utilizando um fluxograma baseado na metodologia descrita acima. Este software chama-se Unif 3.6.

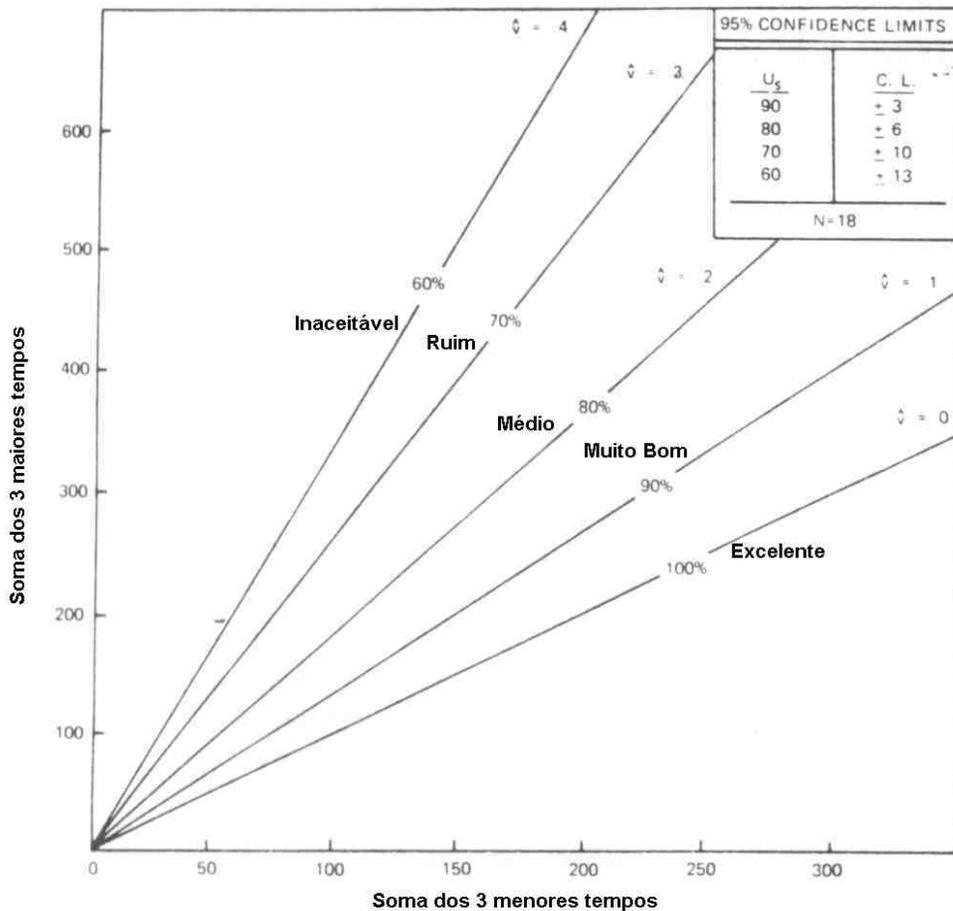


Figura 19 Nomograma para avaliação da uniformidade de distribuição de água (Bralts & Kesner, 1983).

c) Relação das Vazões Médias dos Gotejadores (D_{ra}), definido por CAPRA & TAMBURINO (1995)

$$D_{ra} = 100 \sum \frac{D_r}{n} = 100 \frac{\sum q_f}{q_c} \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde:

D_{ra} = relação das vazões médias dos gotejadores (adimensional);

D_r = relação das vazões de cada gotejador testado (adimensional);

q_f = vazão, no campo, de cada gotejador testado (L/h);

q_c = vazão calculada de cada gotejador, quando submetido a pressão em que foi testado (L/h);

n = número de gotejadores testados.

d) Coeficiente de Uniformidade de Emissão (E_u), KELLER & KARMELLI (1978), depois aprimorados por CAPRA & TAMBURINO (1995)

$$E_u = 100 \left(\frac{D_{r1/4\min}}{D_{ra}} \right) \left(\frac{H_{\min}}{H_a} \right)^x \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:

E_u = coeficiente de uniformidade de emissão (%);

$D_{r1/4\min}$ = relação das vazões de cada um dos 25% menores gotejadores testados (adimensional);

D_{ra} = relação das vazões médias dos gotejadores (adimensional);

H_{\min} = menor pressão no campo (mca);

H_a = pressão de serviço média no campo (mca);

x = expoente que caracteriza o regime de fluxo no emissor.

e) Porcentagem Estatística Total e Parcial de Entupimento dos Gotejadores (ns) proposto por CAPRA & SCICOLONE (1998) e utilizado por RESENDE (1999)

$$ns = \frac{n_{1/4}}{n} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde:

$n_{1/4}$ = número de gotejadores que satisfazem a equação abaixo:

$$q_f = q_c (1 - 1,27V_m) \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde:

q_f = vazão, no campo, de cada gotejador testado (L/h);

q_c = vazão calculada, de cada gotejador, quando submetido à pressão em que foi testado (L/h);

V_m = coeficiente de variação de fabricação (%).

O termo $(1-1,27V_m)$ é um ajuste para a não uniformidade causada devido a variações na fabricação dos gotejadores.

4.12) Metodologia para a contagem de bactérias e algas.

A determinação da população bacteriana foi efetuada através do método de contagem em placa de petri, utilizando ágar (triptona, glucose e extrato de levedura) como meio de cultura e tempo de contagem de 48 horas (APHA, 1992 a).

A contagem de algas foi realizada pelo método de Sedgwick-Rafter, de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1985)

4.13) Metodologia para a Identificação de bactéria férricas

Com 24 horas após a coleta das amostras de água e de sedimentos, inocularam-se quatro meios de culturas: ágar neopeptona (NEO), amostra de ágar estreptomicina (SM), ágar desoxycholate (DES) e ágar de tripsina de soja (TSA). As inoculações citadas foram feitas com 0,5 ml da amostra diluída ou 0,1 ml da amostra não diluída em cada meio de cultura. Todos os meios de culturas citados foram incubados aerobicamente a 25°C de 3 a 5 dias e somente as meios de cultura de TSA que foram incubados anaerobicamente a 25°C de 5 a 7 dias. As incubações anaeróbias foram feitas com sistema portátil de gás.

As colônias predominantes foram contadas e isoladas, selecionadas em subculturas no TSA inclinado. Para colônia foi observado um crescimento de 37 a 45°C, para um aumento de 5 e 10% de sal em TSA, para a hidrólise de amido e gelatina; e para as reações de fermentação na glicose. O crescimento anaeróbio em cada colônia isolada foi examinado em placas de TSA. O teste de oxidação foi feito em todas as culturas usando faixas de pathotec oxidase. O teste de catalase foi observado depois da aplicação de 3% de solução de peróxido de hidrogênio na massa de células na faixa de vidro. A pigmentação foi determinada primariamente no SM e cultura de gelatina. Migração foi observada em 0,5% peptona ágar. Fluorescência das culturas crescidas no meio fluorescente King foi examinada sob ondas curtas (254 nm) ultravioleta. A morfologia da célula e reações de manchas nos grãos foram feitos nas culturas isoladas por 24 à 48 h. Os tipos de bactérias

predominantes foram estabelecidas por crescimento anterior da colônia e identificação genérica de cada bactéria isolada. A classificação foi feita de acordo com o Manual Bergey de determinação bacteriológica (Buchanan & Gibbons, 1974)

Testes para bactérias filamentosas, *Sphaerotilus* e *Leptothrix* (bactérias ferrosas), foram realizados pela adição de 5,0 ml de cada amostra biológica em frascos contendo 25 ml de água destilada com 0,05% de extrato de levedura, 0,1% de peptona, 0,5% de carbonato de cálcio, 0,01% sulfato de magnésio e um pedaço de lâmina com corte quebrada como fonte de ferro. Estes frascos inoculados foram incubados no escuro a 25°C por pelo menos 21 dias e ocasionalmente por 6 semanas. Periodicamente, estes frascos foram examinados para crescimento de filamentos e floculação de bactérias ferrosas.

4.14) Metodologia para a análise estatística

Os resultados de análise de variância e de comparação de médias dos dados experimentais foi feito no programa estatístico SANEST, seguindo-se o modelo de delineamento experimental inteiramente casualizado.

5) RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1) Água do Reservatório

Os parâmetros físicos analisados a partir das amostras de água do reservatório foram sólidos suspensos totais e turbidez. Os parâmetros químicos analisados incluíram: o pH; concentrações de ferro total, manganês, sulfetos, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos, dureza e índice de Langelier. Já os fatores biológicos foram: concentração de algas e bactérias. Estes parâmetros foram analisados a partir de amostras de água do reservatório que efetivamente abastecia o sistema, já que o ponto de coleta destas era localizado na linha principal de irrigação depois do sistema de bombeamento e antes do sistema injetor de fertilizantes. A partir destes resultados foi possível qualificar a água utilizada para irrigação em cada período de experimentação, com relação ao risco potencial de obstrução dos gotejadores e quantificar todos os parâmetros de qualidade da água de interesse relativo para irrigação localizada. Para a análise dos resultados obtidos foi adotada a classificação proposta por Bucks & Nakayama (1986).

As Tabelas 10, 11, 12 e 13 contêm os resultados das análises realizadas a partir de amostras coletadas da fonte de água do sistema de irrigação por gotejamento, para as 4 estações do ano.

Tabela 10 - Análises da água do reservatório realizadas no período de 29/06/01 a 30/07/01, primeira etapa do projeto.

Nº de Ensaio e Datas	Parâmetros da Água de Irrigação										
	Físicos		Químicos							Biológicos	
	Sólidos Susp. (mg*L ⁻¹)	Turb. (NTU)	PH	Ferro (mg*L ⁻¹)	Sulfeto (mg*L ⁻¹)	Cond. Elétrica (mS*cm ⁻¹)	Sólidos Dis. (mg*L ⁻¹)	Dureza (mg*L ⁻¹)	Índice Langelier	Algas (nº/cm ³)	Bactérias (nº/cm ³)
1- (29/06/01)	5,0	3,88	7,1	1,0	1,0	0,056	35,84	26,63	-2,077	165	600
2 - (02/07/01)		2,69	7,3	0,5	1,0	0,076	48,64	25,72	-1,399	255	1000
3- (05/07/01)		3,51	7,7	0,5	1,0	0,056	35,84	22,96	-1,6	1295	6500
4 - (10/07/01)		2,2	7,2	0,5	1,0	0,067	42,88	22,04	-2,173	480	6500
5 - (12/07/01)		3,39	7,1	0,5	1,0	0,045	28,8	22,04	-2,34	770	6500
6 - (16/07/01)	3,0	1,82	7,2	0,4	1,0	0,05	32,0	22,68	-2,22	705	680
7 - (19/07/01)	1,0	2,31	7,7	0,5	1,0	0,067	42,88	21,12	-1,676	315	270
8 - (23/07/01)	3,0	2,29	7,2	0,4	2,0	0,062	39,68	20,22	-2,102	460	900
9 - (26/07/01)	3,0	3,41	7,3	0,4	1,0	0,047	30,08	21,0	-2,051	310	440
10 - (30/07/01)	1,0	2,8	7,5	0,5	1,0	0,063	40,32	24,84	-1,875	215	990
Média	2,67	2,83	7,33	0,52	1,10	0,06	37,70	22,93	-1,95	497	2438
Desvio	1,51	0,68	0,23	0,18	0,32	0,01	6,33	2,14	0,30	345	2812
Coef. Variação (%)	56,46	24,18	3,09	33,68	28,75	16,80	16,79	9,32	15,57	69,46	115,36
Risco de entupimento ¹	B	S/C	M	M	M	S/C	B	S/C	S/C	S/C	B

¹ - Dos gotejadores, segundo Bucks & Nakayama (1986), onde: B – baixo risco; M – Médio risco; A – Alto risco e S/C – Sem Classificação.

A concentração média de sólidos suspensos totais na água do reservatório foi de $2,67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $1,51 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e elevado coeficiente de variação de 56,46%. A concentração média de sólidos suspensos totais é extremamente baixa e decorrente do fato do reservatório utilizado como fonte de abastecimento ter água parada. Certamente há sedimentação do material em suspensão na água. O fato de ter havido algumas análises com resultado de sólidos suspensos nulo deve-se a precisão da balança analítica utilizada, além do baixo volume filtrado nos ensaios 2,3,4 e 5 procedimento em laboratório (100 mL). A partir do sexto ensaio, as pesagens passaram a ser efetuadas em uma balança mais precisa, de forma que concentrações entre 0 e $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ puderam ser determinadas. Nas etapas que se seguiram além de se filtrar um maior volume de água amostrada, foi utilizada esta mesma balança, mais precisa, a fim de tornar os resultados mais confiáveis. Segundo Bucks & Nakayama (1986), uma concentração de sólidos suspensos de até $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, é considerada baixa e apresenta baixo risco de obstrução dos emissores.

Assim como a concentração de sólidos suspensos, os valores obtidos de turbidez também foram baixos, indicando que no período a água apresentou boa qualidade. A turbidez média foi de 2,83 NTU com desvio padrão de 0,68 NTU e coeficiente de variação 24,18%. A variação da turbidez esteve entre 3,88 NTU e 1,82 NTU. A Figura 20 mostra a variação dos valores dos parâmetros físicos obtidos.

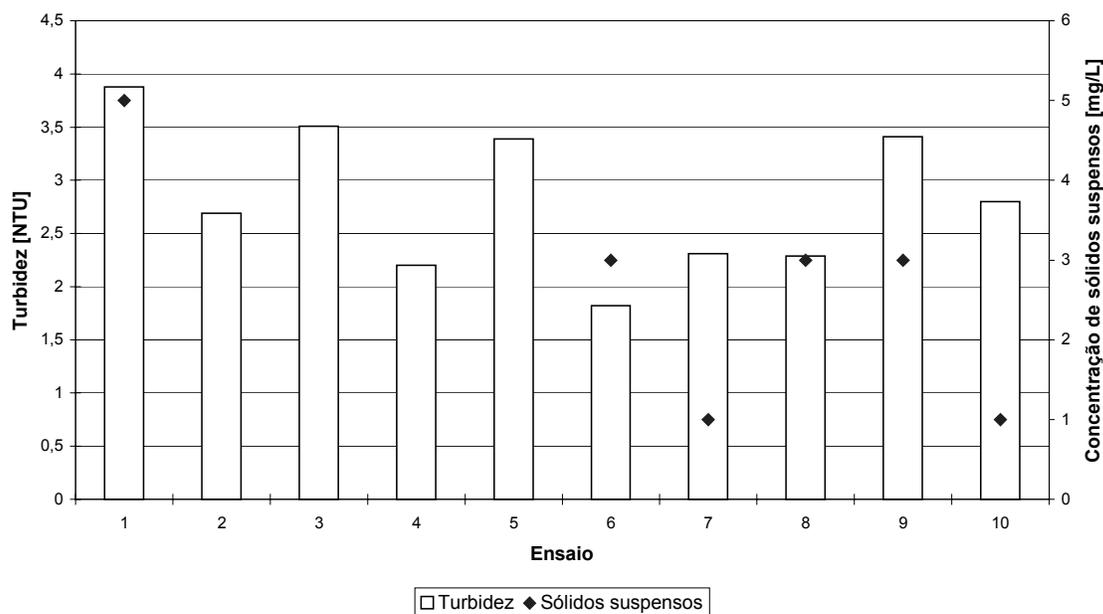


Figura 20 - Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados na primeira etapa

Nota-se no gráfico da Figura 20 uma pequena faixa de variabilidade dos valores de turbidez, entre aproximadamente 2,0 e 4,0 NTU..

O potencial hidrogeniônico (pH) medido na água, variou entre 7,1 e 7,7, apresentando média de 7,33, com desvio padrão de 0,2 e coeficiente de variação de apenas 3,09%, confirmando a baixa variação deste parâmetro ao longo de um mês de testes. Segundo a classificação proposta por Bucks & Nakayama (1986) este valor indica um risco médio de obstrução dos gotejadores pois encontra-se entre 7,0 e 8,0. Potenciais hidrogeniônicos elevados (acima de 8,0) podem promover a precipitação de sais, principalmente do carbonato de cálcio. O ideal é que o pH da água de irrigação por gotejamento esteja próximo de 6,5.

A concentração de ferro total presente na água de irrigação esteve entre $0,40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ durante o período de ensaios, apresentando valor médio de $0,52 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $0,18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 33,68%. Segundo a classificação proposta por Bucks & Nakayama (1986), este valor representa um risco médio de entupimento de gotejadores já que está num intervalo entre $0,2$ e $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. O ferro presente na água representa um perigo pois pode ser precipitado na forma de óxido ou na

forma de hidróxido (transformação pelas bactérias). Este elemento contribui também para a formação de mucilagens produzidas por ferrobactérias.

Assim como o ferro presente na água do reservatório, a concentração média de sulfetos nos 10 ensaios realizados também representou um risco médio de obstrução dos emissores. Este variou entre 1,0 e 2,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com valor médio de 1,10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e desvio padrão de 0,32 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O coeficiente de variação obtido foi de 28,75%. Segundo Bucks & Nakayama (1986), valores entre 0,2 e 2,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de sulfetos representam um risco médio de obstrução dos gotejadores. Em águas que contenham o sulfeto de hidrogênio, pode ocorrer a formação de lodo de enxofre. A Figura 21 mostra a variação das concentrações de ferro total e sulfetos na água do reservatório na primeira fase da pesquisa. Nota-se alta uniformidade nos resultados obtidos de ambos parâmetros, especialmente da concentração de sulfetos que atingiu a concentração de 1,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em todos ensaios exceto no oitavo quando foi de 2,0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

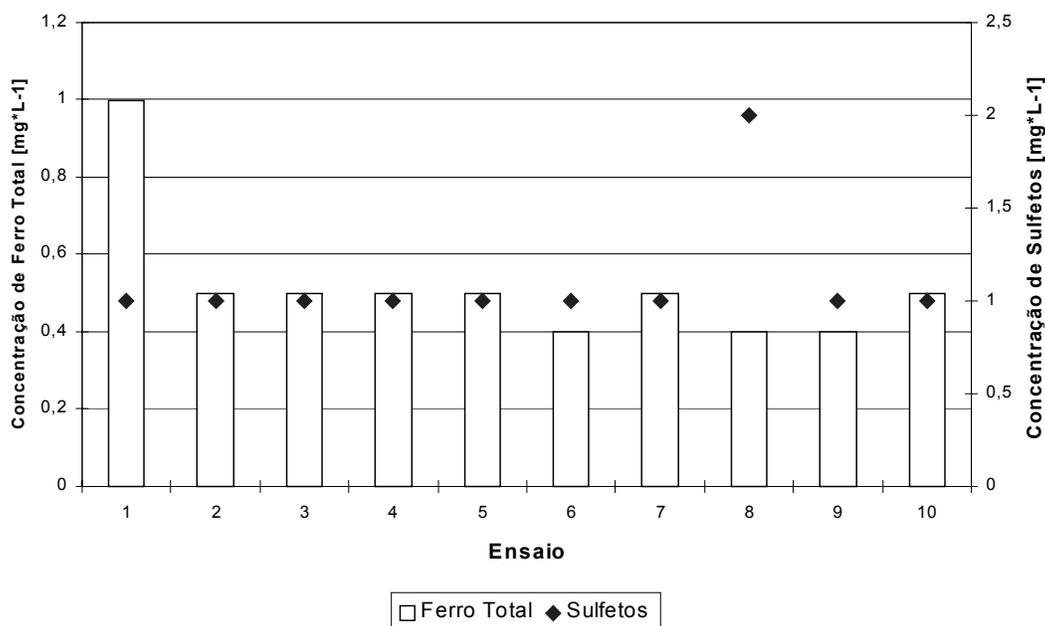


Figura 21 - Variação das concentrações de ferro total e sulfetos na primeira etapa

A concentração de manganês presente na água pode ser considerada nula, já que esteve sempre abaixo do nível de detecção do método de análise, não representando portanto risco potencial de entupimento aos emissores.

A condutividade elétrica média da água, medida nos 10 ensaios na primeira etapa do projeto, foi de 0,060 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, com desvio padrão de 0,010 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ e um baixo

coeficiente de variação de 16,80%. Estes valores indicam que a água utilizada para a irrigação tem salinidade muito baixa e pouco variou ao longo da primeira etapa do projeto.

A concentração média de sólidos dissolvidos na água obtida foi de $37,70 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $6,33 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com coeficiente de variação de 16,79%. Os valores da concentração de sólidos suspensos nesta etapa são muito baixos. Segundo a classificação proposta por Bucks & Nakayama (1986), a concentração de sólidos dissolvidos até $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ é considerada de baixo risco para os sistemas de irrigação por gotejamento.

A dureza da água apresentou valor médio de $22,93 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, desvio padrão de $2,14 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 9,32%. Nota-se baixa variação deste parâmetro ao longo dos 30 dias de experimentação. De acordo com trabalho de Pitts et al. (1991), que apresenta uma tabela de classificação da água para sistemas de irrigação localizada com critérios para riscos de entupimentos relacionados com a dureza. Os valores da dureza da água do reservatório neste período são considerados de baixo potencial de entupimento com relação a formação de precipitados de CaCO_3 .

O índice de Langelier calculado apresentou média de $-1,95$, com desvio padrão de $0,30$ e baixo coeficiente de variação de 15,57%.

Entre os fatores biológicos que podem provocar o entupimento dos gotejadores foram analisadas as concentrações de algas e bactérias do reservatório.

As algas e bactérias são quantificadas em função de quantidade por volume, por mililitro ou centímetro cúbico. O valor médio da concentração de algas obtido foi de $497 \text{ algas}\cdot\text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $345 \text{ algas}\cdot\text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 69,46%. Os altos valores do desvio padrão e principalmente do coeficiente de variação, indicam que houve grande variação da quantidade de algas presentes na água. De fato a maior concentração medida foi de $1295 \text{ algas}\cdot\text{cm}^{-3}$ e a menor de $165 \text{ algas}\cdot\text{cm}^{-3}$. Esta mudança dinâmica da população de algas pode representar um risco ao sistema se não houver um tratamento eficiente da água de irrigação e indica uma grande sensibilidade destes organismos com relação à variações do meio. As principais variáveis do meio são temperatura, radiação solares e dos produtos que se adicionam a água, como fertilizantes.

Com relação a concentração de bactérias também foram verificadas mudanças rápidas e significativas em seus valores. O valor médio de bactérias medido no período foi de $2438 \text{ bactérias}\cdot\text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $2812 \text{ bactérias}\cdot\text{cm}^{-3}$ e coeficiente de

variação de 115,36%. Nota-se novamente o elevado desvio padrão da média e coeficiente de variação. Segundo Bucks & Nakayama (1986), o valor médio obtido deste parâmetro para o período de experimentação representa um risco baixo de obstrução dos emissores por estar abaixo de 10.000 bactérias*cm⁻³. A quantidade de bactérias presentes na água do reservatório esteve entre 270 e 6500 bactérias*cm⁻³ e portanto abaixo do risco de obstrução.

A Figura 22 ilustra a alta variabilidade dos resultados dos parâmetros biológicos para os 10 ensaios realizados. Nota-se ainda uma certa correlação entre as concentrações de algas e bactérias, já que na maior parte dos ensaios realizados o aumento ou queda na medida de um fator foi correspondido pelo outro.

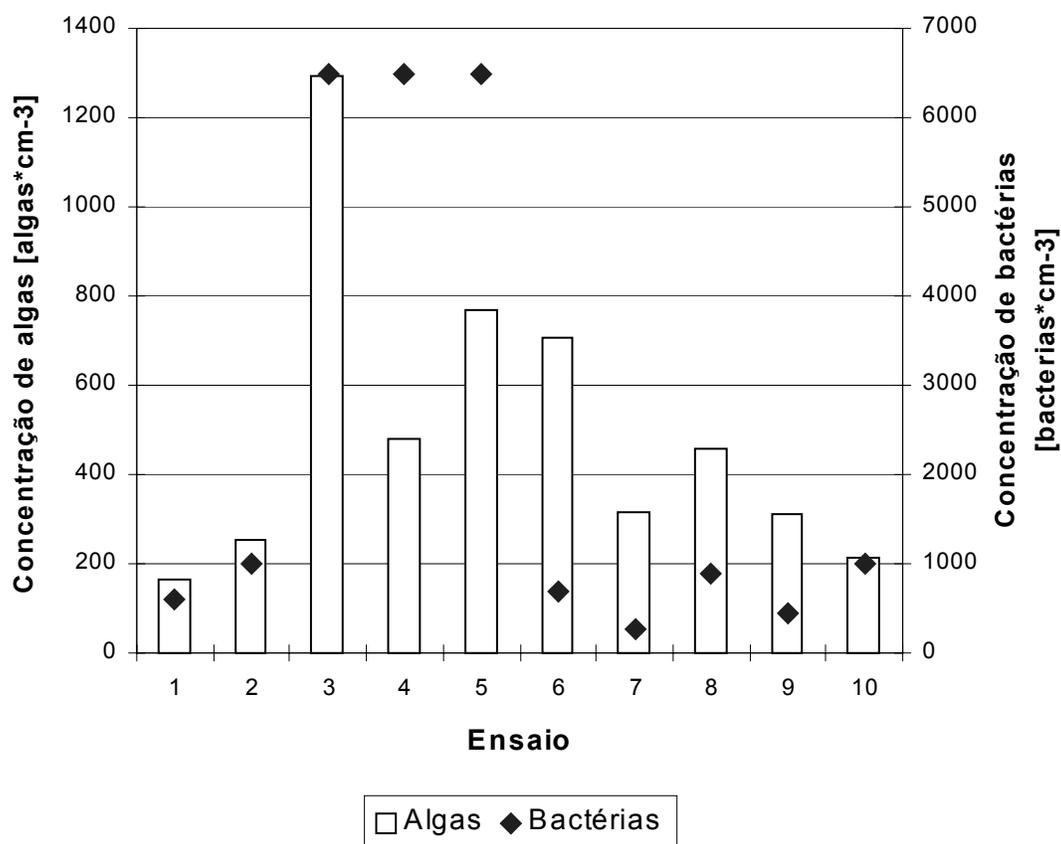


Figura 22 - Variação dos parâmetros biológicos analisados na primeira etapa

De uma forma geral, pode-se afirmar que a água do reservatório apresentou, nesta primeira etapa da pesquisa, boa qualidade para abastecer um sistema de irrigação por gotejamento. Exceto por alguns fatores químicos que apresentaram médio risco de obstrução aos emissores, entre eles, o pH, concentração de ferro total e sulfetos, todos os

demais parâmetros de qualidade de água analisados resultaram em valores que não apresentam risco de entupimento aos gotejadores.

Tabela 11 Análises da água do reservatório realizadas no período de 05/11/2001 a 13/12/2001, segunda etapa do projeto.

Nº de Ensaios e Dadtas	Parâmetros da Água de Irrigação										
	Físicos		Químicos							Biológicos	
	Sólidos Suspensos (mg*L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	pH	Ferro (mg*L ⁻¹)	Sulfetos (mg*L ⁻¹)	Cond. Elétrica (mS*cm ⁻¹)	Sólidos Dissol. (mg*L ⁻¹)	Dureza (mg*L ⁻¹)	Índice Langelier	Algas (nº/cm ³)	Bactérias (nº/cm ³)
1-(05/11/01)	12,0	10,8	7,4	1,5	1,0	0,06	38,40	22,7	-2,0373	995	1
2-(08/11/01)	8,5	8,36	7,8	1,7	2,0	0,056	35,84	21,12	-1,587	930	1
3-(12/11/01)	13,5	9,42	7,5	1,0	2,0	0,045	28,80	18,37	-2,133	1340	1
4-(14/11/01)	12,5	8,9	7,0	1,0	3,0	0,057	36,48	20,2	-2,6229	1340	1
5-(19/11/01)	10,0	7,72	7,2	1,0	2,0	0,045	28,80	20,21	-2,0217	1380	280
6-(22/11/01)	11,5	7,58	7,2	1,5	2,0	0,05	32,0	20,69	-2,4125	1015	110
7-(26/11/01)	11,0	6,19	7,4	1,0	1,0	0,051	32,64	19,75	-2,0493	1495	1500
8-(29/11/01)	10,0	11,9	7,7	1,5	1,0	0,049	31,64	21,12	-1,9027	1340	32
9-(03/12/01)	11,5	6,47	7,1	0,5	1,0	0,055	35,20	21,15	-2,4026	1555	3200
10-(06/12/01)	11,0	9,06	8,1	1,0	4,0	0,044	28,16	21,0	-1,4026	1530	1300
11-(10/12/01)	9,50	7,60	7,9	0,5	1,0	0,05	32,0	21,12	-1,5193	1780	1000
12-(13/12/01)	10,50	5,19	6,4	1,0	9,0	0,052	26,80	21,12	-1,3217	1820	7000
Média	10,96	8,27	7,39	1,10	2,42	0,05	32,21	20,71	-1,95	1377	1202
Desvio	1,37	1,91	0,46	0,38	2,27	0,01	3,68	1,04	0,42	287	2065
Coef. Variação (%)	12,53	23,13	6,23	34,89	94,13	9,96	11,42	5,00	21,53	20,88	171,81
Risco de entupimento ¹	B	S/C	M	M	A	S/C	B	S/C	S/C	S/C	B

¹ – Dos gotejadores, segundo Bucks & Nakayama (1986), onde: B – baixo risco; M – Médio risco; A – Alto risco e S/C – Sem Classificação.

As análises da tabela 11, mostram que a concentração de sólidos suspensos da água do reservatório de irrigação resultaram num valor médio de 10,96 mg*L⁻¹, desvio padrão de 1,37 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 12,53%. Estes números revelam que houve um crescimento substancial na quantidade de matéria em suspensão na água em relação a etapa anterior da pesquisa e houve maior estabilidade deste parâmetro em função do baixo valor do coeficiente de variação obtido. Mas ainda assim, segundo a classificação proposta por Bucks & Nakayama (1986), não houve risco potencial de entupimento dos emissores em função do valor médio obtido estar abaixo de 50 mg*L⁻¹.

Com relação a turbidez da água de irrigação, observou-se a mesma tendência que a verificada com os sólidos em suspensão. A média obtida no período foi de 8,27 NTU, desvio padrão de 1,91 e coeficiente de variação de 23,13%. Houve um aumento do valor médio da turbidez e uma ligeira diminuição na variabilidade do dado. O gráfico da Figura 23 mostra a variação das medidas dos parâmetros físicos analisados. Nota-se uma maior estabilidade nos valores de turbidez nos primeiros 6 ensaios. Já com relação aos sólidos em suspensão, uma maior variabilidade é observada a partir do sexto ensaio.

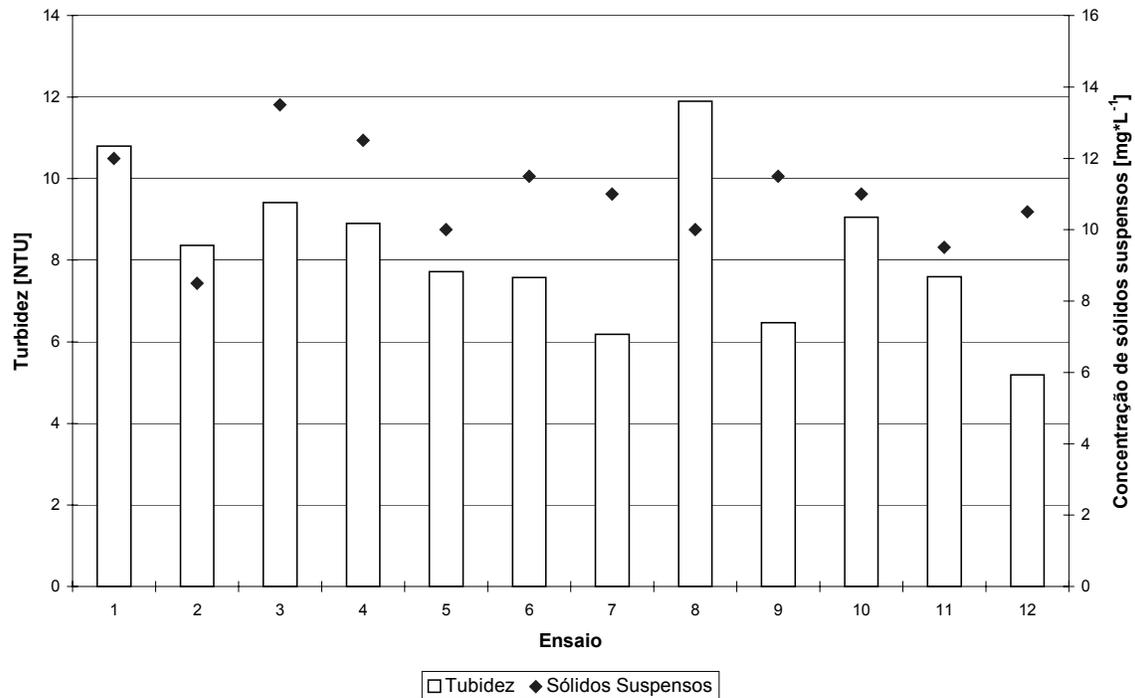


Figura 23 - Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos, analisados na segunda etapa

O potencial hidrogeniônico pouco variou com relação a primeira etapa. Houve um ligeiro acréscimo no seu valor médio, insuficiente para elevar o risco de obstrução dos gotejadores que permaneceu na faixa de um potencial médio de risco com relação a entupimento. O valor médio de pH obtido foi de 7,39, desvio padrão de 0,46 e coeficiente de variação de 6,23%. O coeficiente de variação dos valores de pH medidos foi maior que na etapa anterior, porém continua com baixo potencial de risco de entupimento em sistemas de gotejamento segundo Bucks & Nakayama, (1986).

A concentração de ferro total na água também sofreu um substancial aumento na segunda fase da pesquisa. Seu valor médio foi de 1,10 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 0,38 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 34,89%. A variação observada nesta etapa para os valores da concentração de ferro foi equivalente aquela obtida na fase anterior. A elevação do valor da concentração de ferro na água não elevou qualitativamente o risco de obstrução dos emissores. No entanto, seu valor é muito próximo de 1,5 mg*L⁻¹, o que caracterizaria um risco alto de entupimento dos gotejadores.

Com relação aos sulfetos também observou-se maior concentração deste elemento quando comparada com a etapa anterior do estudo. O valor médio da concentração do

elemento foi de $2,42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $2,27 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e um alto coeficiente de variação de 94,13%. Este último valor indica que, em resposta a alguma alteração no meio, pode haver uma repentina mudança na concentração de sulfetos presentes na água. Para Bucks & Nakayama (1986), o valor médio de $2,42 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ caracteriza um alto risco de entupimento dos emissores. Se forem observados os resultados das concentrações de sulfetos nas 12 medições realizadas nesta etapa, verifica-se que em 7 amostras a concentração de sulfetos foi igual ou superior a $2,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A Figura 32 apresenta com os resultados obtidos nesta segunda fase com relação às concentrações de ferro total e sulfetos. Verifica-se que a concentração de sulfetos atinge $9,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no último ensaio realizado. Nos ensaios anteriormente realizados, houve uma certa estabilidade nos valores deste parâmetro.

Pizarro (1996), cita que quando a água utilizada em sistema de irrigação localizada contém mais de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de enxofre total, bactérias como *Berggiatoa* e *Thiothrix* oxidam o SH_2 a enxofre elementar insolúvel, que se deposita tanto no interior, como exterior, dessas bactérias.

Já a concentração de manganês na água de irrigação, novamente não pode ser detectada pelo método de análise empregado, de forma tal que este parâmetro não representou qualquer risco ao sistema de irrigação por gotejamento.

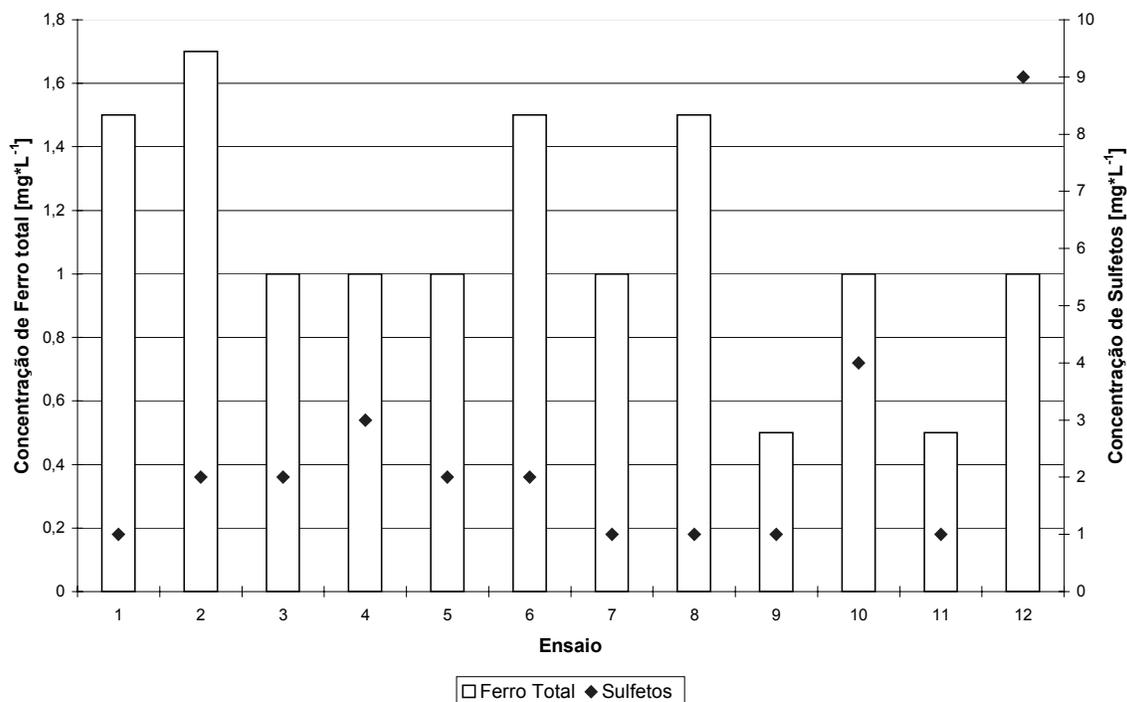


Figura 24 - Variação das concentrações de ferro total e sulfetos na segunda etapa.

A condutividade elétrica da água sofreu decréscimo neste período, já que a média obtida foi de apenas $0,050 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, com desvio padrão de $0,010 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ e coeficiente de variação de 9,96%. Neste período os valores de condutividade elétrica medidos mantiveram-se até mesmo mais estáveis do que aqueles observados na etapa anterior.

A concentração de sólidos dissolvidos sofreu decréscimo da primeira para a segunda fase da pesquisa e as medidas mantiveram valores mais constantes. O valor médio da concentração foi de $32,21 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, o desvio padrão $3,68 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 11,42%.

A dureza média da água do reservatório na segunda fase do projeto foi de $20,71 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $1,04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 5,0%. Observou-se portanto, queda no valor médio da dureza e da variação dos valores quando comparados aos obtidos na primeira etapa. Nesta fase a água continuou apresentando um baixo potencial de entupimento com relação a formação de precipitados de CaCO_3 segundo classificação de Pitts et al. (1991).

O Índice de Langelier médio obtido na segunda etapa foi idêntico aquele da primeira fase, com valor de $-1,95$. No entanto foram obtidos valores superiores tanto de desvio padrão, de $0,42$, quanto do coeficiente de variação, de $21,53\%$.

Com relação aos fatores biológicos analisados, verificou-se um aumento na quantidade de algas presentes na água e um decréscimo na quantidade de bactérias.

O valor médio de algas contidas na água foi de $1377 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $287 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 20% . Observou-se um acréscimo na quantidade de algas presentes na água e uma queda substancial da variação das medidas. Provavelmente a elevação natural das temperaturas e número de horas diárias de sol possam explicar esta mudança com relação a fase anterior.

Com relação às bactérias, verificou-se nesta fase uma queda acentuada no valor médio medido. A quantidade média de bactérias foi de $1202 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $2065 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de $171,81\%$. Observou-se que no início do período de testes a quantidade de bactérias medida era insignificante. A partir da Quinta medição, no entanto, o número de bactérias presentes na água de irrigação aumentou consideravelmente, o que justifica o elevado coeficiente de variação das medidas. Novamente o risco de entupimento dos emissores relacionados à quantidade de bactérias na água manteve-se baixo com relação a problemas de entupimento dos gotejadores. A Figura 33 mostra a variação da concentração dos parâmetros biológicos analisados.

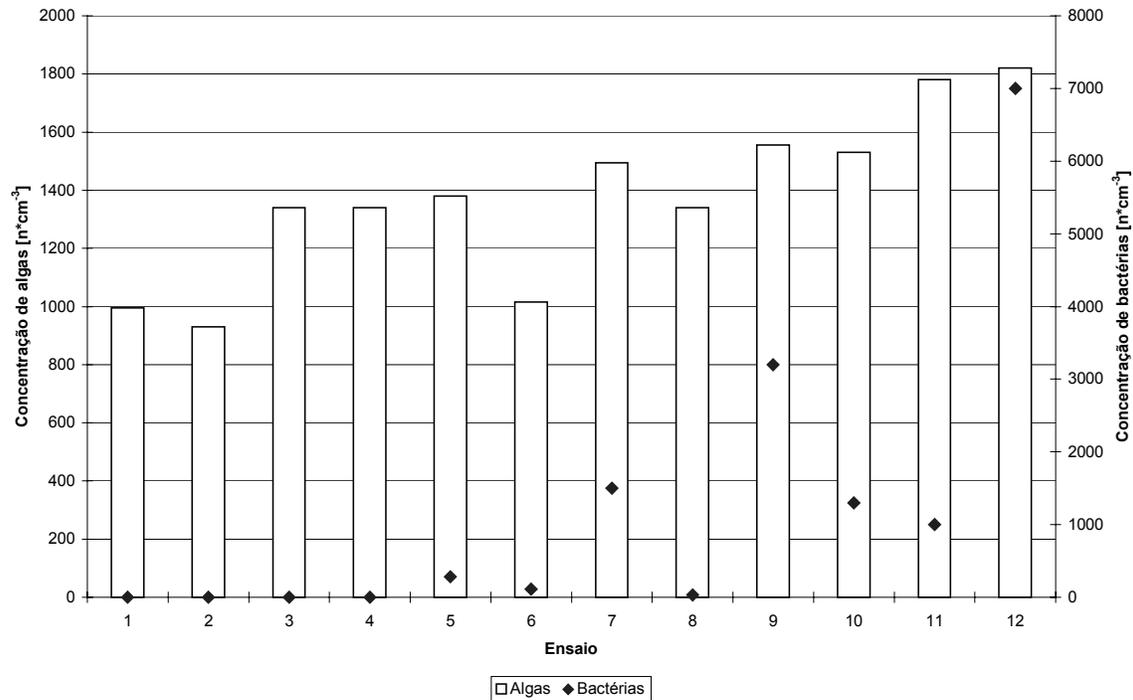


Figura 25 - Variação da concentração de algas e bactérias analisados na segunda etapa.

A Figura 25 mostra uma tendência de crescimento constante ao longo do período de medição da variável concentração de algas. Nos primeiros ensaios realizados a concentração de algas estava em cerca de $1000 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, chegando a aproximadamente $1800 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ no final do período de testes. Apesar da baixa média de concentração de bactérias obtida nesta fase, verifica-se que após a sexta medição, houve um crescimento acelerado da população de bactérias presentes na água do reservatório atingindo um pico de aproximadamente $7000 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$. Embora o crescimento da população de bactérias tenha sido mais brusco, observou-se a mesma tendência de crescimento ao longo dos ensaios.

Na segunda etapa de estudos, a qualidade da água do reservatório apresentou mudanças significativas em diversos parâmetros analisados. Estas mudanças promoveram uma queda na qualidade da água de irrigação evidenciada principalmente pelo aumento da concentração de sólidos suspensos totais, turbidez, ferro, sulfetos e algas. Apesar do aumento nos valores médios destes parâmetros, somente o aumento da concentração de sulfetos elevou o risco de entupimento dos emissores de médio para alto. Os demais valores dos parâmetros analisados não propiciaram mudança da classe de risco de obstrução.

Tabela 12 - Análises da água do reservatório realizadas no período de 28/02/2002, terceira etapa do projeto

Nº de Ensaios e Datas	Parâmetros da Água de Irrigação										
	Físicos		Químicos							Biológicos	
	Sólidos Suspensos (mg*L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	pH	Ferro (mg*L ⁻¹)	Sulfetos (mg*L ⁻¹)	Cond. Elétrica (mS*cm ⁻¹)	Sólidos Dissolvidos (mg*L ⁻¹)	Dureza (mg*L ⁻¹)	Índice Langelier	Algas (nº/cm ³)	Bactérias (nº/cm ³)
1-(28/02/02)	14,0	7,12	6,8	0,6	1,0	0,047	30,08	13,77	-0,9834	485	190
2-(05/03/02)	12,5	9,13	6,9	1,0	2,0	0,049	31,36	15,61	-2,633	515	200
3-(07/03/02)	13,5	10,5	6,6	0,8	2,5	0,05	32,0	18,37	-2,96	390	330
4-(11/03/02)	15,0	9,86	6,9	0,7	3,0	0,056	35,84	19,29	-2,94	120	10
5-(14/03/02)	19,0	11,0	6,9	0,6	3,0	0,042	26,88	19,29	-2,64	655	160
6-(18/03/02)	19,0	10,0	7,7	0,2	2,0	0,053	33,92	18,37	-1,81	395	760
7-(21/03/02)	18,5	13,3	7,8	1,0	3,0	0,053	33,92	19,29	-1,61	555	26
8-(25/03/02)	24,5	16,9	7,2	0,8	5,0	0,047	30,08	19,29	-2,34	315	320
9-(28/03/02)	22,5	13,9	7,4	1,0	4,0	0,049	31,36	18,37	-2,11	705	10
Média	17,61	11,30	7,13	0,74	2,83	0,05	31,72	17,96	-2,23	459	223
Desvio	4,17	2,93	0,42	0,26	1,17	0,01	2,64	1,96	0,66	179	236
Coef. Variação (%)	23,66	25,95	5,86	34,97	41,39	8,33	8,33	10,90	29,76	38,97	105,74
Risco de entupimento ¹	B	S/C	M	M	A	S/C	B	S/C	S/C	S/C	B

¹ - Dos gotejadores, segundo Bucks & Nakayama (1986), onde: B - baixo risco; M - Médio risco; A - Alto risco e S/C - Sem Classificação.

Houve novo acréscimo nos valores de sólidos suspensos totais na água quando comparado o valor médio obtido nesta fase com a predecessora. A concentração média de sólidos suspensos foi de 17,61 mg*L⁻¹, desvio padrão 4,17 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 23,66%. Observou-se também maior variabilidade dos dados. O aumento da concentração dos sólidos suspensos totais na água não pode ser atribuído apenas às alterações no meio provocadas pela mudança de estação climática, mas também muito provavelmente devido a ação do compressor de ar, ligado às mangueiras instaladas no fundo do reservatório de irrigação e próximo à sucção da bomba. A função desta instalação era justamente promover a suspensão do material depositado no fundo do reservatório. O mesmo pode ser dito com relação ao aumento médio da turbidez da água.

O valor médio da turbidez da água na terceira etapa foi de 11,30 NTU, com desvio padrão de 2,93 NTU e coeficiente de variação de 25,95%. Este último ligeiramente maior que o obtido anteriormente. O gráfico da Figura 26 mostra a variação da concentração de sólidos suspensos e turbidez da água do reservatório na terceira etapa da pesquisa.

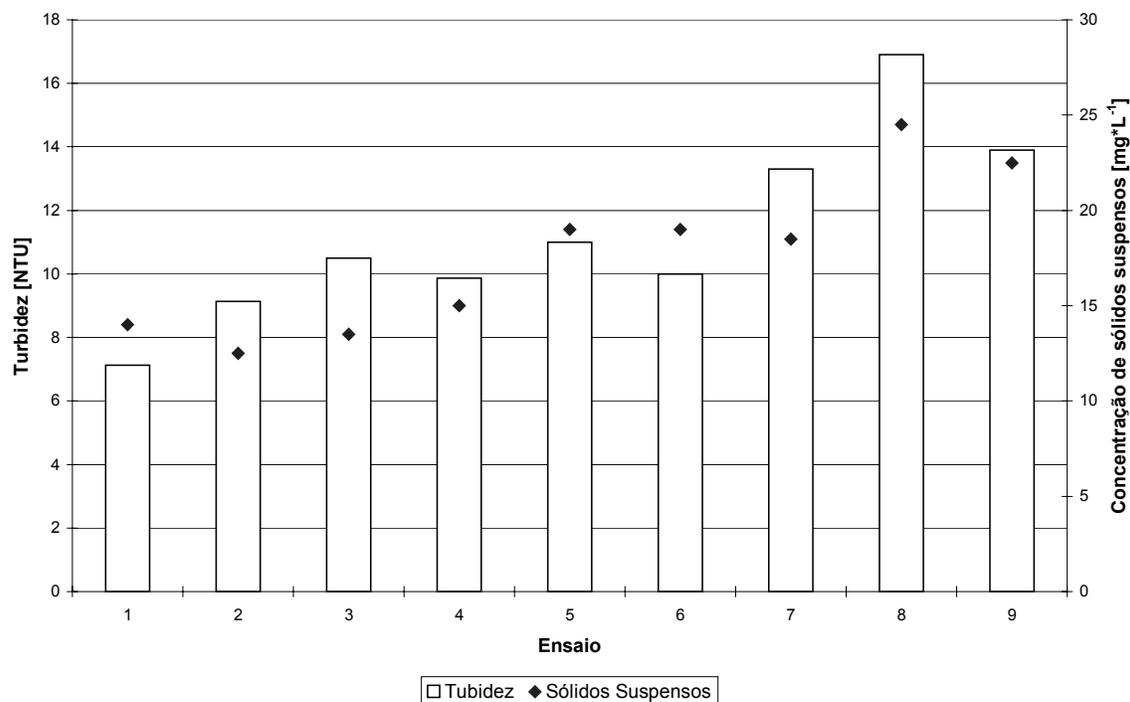


Figura 26 – Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados na terceira etapa.

No gráfico da Figura 26 é possível constatar que há uma tendência de crescimento tanto dos valores de turbidez (de cerca de 7,0 NTU à 17,0 NTU), quanto dos valores de sólidos suspensos (que variaram entre aproximadamente 15,0 mg/L e 25,0 mg/L) medidos durante os 9 ensaios realizados.

O potencial hidrogeniônico sofreu ligeira queda com relação à etapa predecessora. Seu valor médio foi de 7,13, o desvio padrão 0,42 e o coeficiente de variação de apenas 5,86%. Novamente a classificação, segundo Bucks & Nakayama (1986) foi de baixo risco de entupimento aos gotejadores.

A concentração de ferro total caiu para o valor médio no período de 0,74 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 0,26 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 34,97%. A variação dos valores permaneceu praticamente constante em relação a fase anterior. O risco de entupimento dos emissores, segundo a classificação adotada, novamente foi médio.

A concentração média de sulfetos na água do reservatório voltou a subir nesta fase, atingindo 2,83 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 1,17 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 41,39%. Embora os valores de concentração de sulfetos tenham sido mais constantes em relação a fase anterior, ainda assim o coeficiente de variação foi elevado. O risco de

entupimento dos gotejadores permaneceu alto de acordo com Bucks & Nakayama(1986). A Figura 27 mostra as medidas das concentrações de ferro total e sulfetos, realizadas no terceiro período de experimentação.

A condutividade elétrica média apresentou o mesmo valor da segunda fase, de $0,050 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, desvio padrão de nulo e um coeficiente de variação de 8,33%.

A dureza da água por sua vez, tornou a sofrer um decréscimo no seu valor médio. Este foi de $17,96 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, o desvio padrão foi de $1,96 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e o coeficiente de variação obtido de 10,90%. E novamente apresentou um baixo risco com relação a formação de precipitados de CaCO_3 .

Foi verificado um aumento no valor absoluto do Índice de Langelier em relação a segunda etapa. O valor médio deste parâmetro obtido foi de -2,33, com 0,66 de desvio padrão e 29,76% de coeficiente de variação.

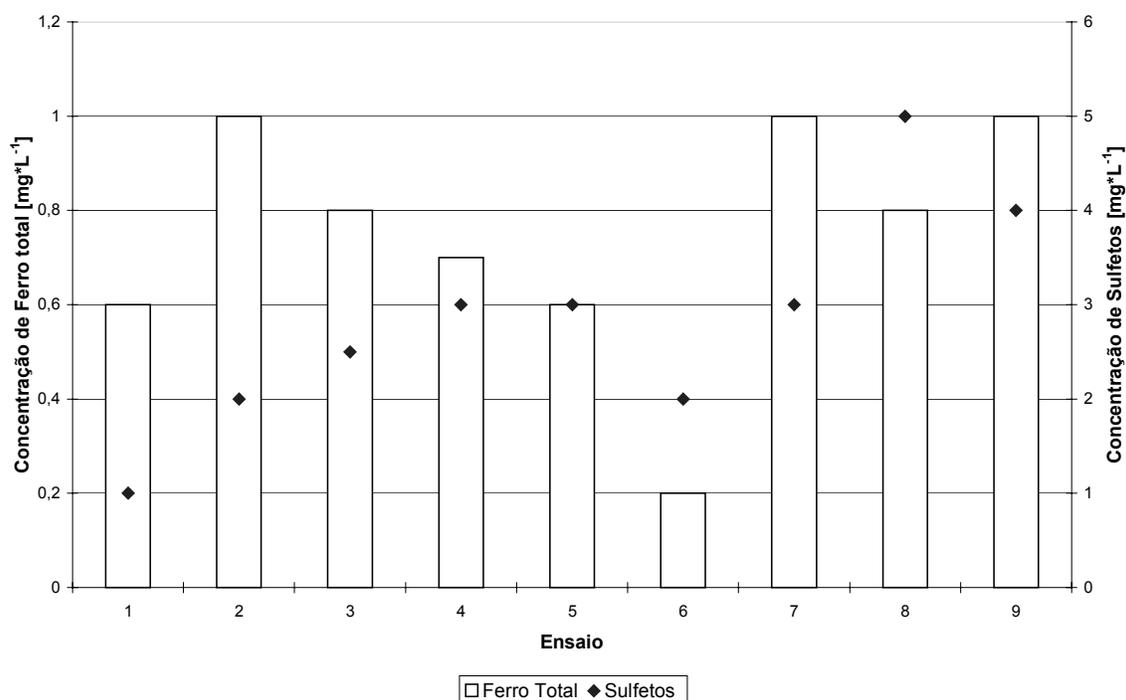


Figura 27 – Variação das concentrações de ferro total e sulfetos na terceira etapa.

O gráfico da Figura 27 mostra uma tendência de crescimento na concentração de sulfetos, que passou de valores da ordem de $0,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no início do período à $6,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ao final dos ensaios. Já a concentração de ferro total variou muito no período, sem tendência de crescimento ou decaimento ao longo dos ensaios.

Nesta fase, ambos os parâmetros biológicos analisados sofreram quedas abruptas em suas concentrações.

A quantidade média de algas resultantes das 9 medidas efetuadas no período foi de $459 \text{ algas}\cdot\text{cm}^{-3}$, o desvio padrão $179 \text{ algas}\cdot\text{cm}^{-3}$ e o coeficiente de variação de 38,97%. Este último cresceu em relação a fase anterior.

A quantidade média de bactérias foi também mais baixa, $223 \text{ bactéria}\cdot\text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $236 \text{ bactéria}\cdot\text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 105,74%. A variação das medidas de bactérias caiu em relação a fase predecessora.

O gráfico da Figura 28 ilustra bem a alta variabilidade dos dados tanto da concentração de algas quanto de bactérias. Verificam-se também baixos valores nas concentrações medidas.

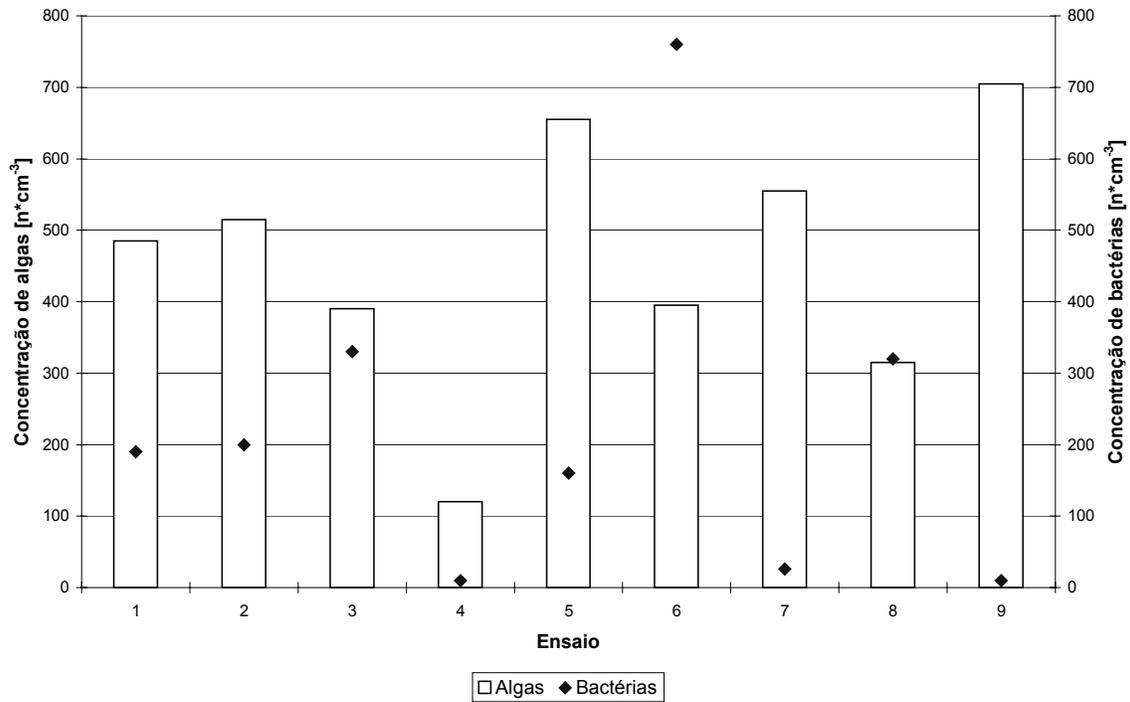


Figura 28 – Variação da concentração de algas e bactérias analisados na terceira etapa.

Nesta fase houve basicamente, elevação dos valores médios dos parâmetros físicos, queda dos valores dos parâmetros químicos (exceto concentração de sulfetos e índice de Langelier) e também dos parâmetros biológicos. Mas as mudanças não foram substanciais de forma que a classificação do risco de entupimento de cada fator analisado permaneceu inalterada.

Tabela 13- Análises da água do reservatório realizadas no período de 09/05/2002 a 10/06/2002, quarta etapa do projeto.

Nº de Ensaios e Datas	Parâmetros da Água de Irrigação										
	Físicos		Químicos							Biológicos	
	Sólidos Suspensos (mg*L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	pH	Ferro (mg*L ⁻¹)	Sulfetos (mg*L ⁻¹)	Cond. Elétrica (mS*cm ⁻¹)	Sólidos Dissol. (mg*L ⁻¹)	Dureza (mg*L ⁻¹)	Índice Langelier	Algas (nº/cm ³)	Bactérias (nº/cm ³)
1-(09/05/02)	16,0	10,0	7,3	0,5	3,0	0,051	32,64	21,12	-2,0693	495	5400
2-(13/05/02)	18,0	9,1	6,6	0,5	2,0	0,058	37,12	21,12	-2,8193	700	3900
3-(16/05/02)	22,5	8,96	6,7	1,0	2,0	0,032	20,48	22,04	-2,5476	205	260
4-(20/05/02)	19,0	8,86	7,0	1,0	2,0	0,080	51,20	21,05	-2,2964	695	760
5-(23/05/02)	21,0	10,2	6,8	0,5	16,0	0,070	44,80	21,08	-2,6193	410	200
6-(27/05/02)	22,5	8,29	6,9	0,5	2,0	0,049	31,36	21,00	-2,4794	950	970
7-(29/05/02)	23,5	13,4	6,7	0,3	2,0	0,090	57,60	20,69	-3,6354	355	3200
8-(04/06/02)	19,0	14,5	6,9	0,3	2,0	0,058	37,12	22,96	-2,43	430	840
9-(06/06/02)	18,0	7,45	6,9	0,2	2,0	0,052	33,28	20,75	-2,43	515	780
10-(10/06/02)	17,5	10,6	7,0	0,0	2,0	0,054	34,56	20,68	-2,336	365	710
Média	19,7	10,14	6,88	0,48	3,50	0,059	38,02	21,25	-2,566	512	1702
Desvio	2,51	2,23	0,19	0,32	4,40	0,017	10,65	0,72	0,425	216	1798
Coef. Variação	12,78	21,97	2,89	66,46	125,81	28,00	28,00	3,37	16,57	42,12	105,62
Risco de entupimento ¹	B	S/C	B	M	A	S/C	B	S/C	S/C	S/C	B

¹ - Dos gotejadores, segundo Bucks & Nakayama (1986), onde: B - baixo risco; M - Médio risco; A - Alto risco e S/C - Sem Classificação.

A média da concentração de sólidos suspensos na água do reservatório obtida na última fase do projeto foi de 19,7 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 2,51 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 12,78%. Observou-se ligeiro aumento no sólidos em suspensão em relação a terceira fase, e ainda uma maior uniformidade nos dados. O risco de entupimento permaneceu baixo segundo a classificação proposta por Bucks & Nakayama (1986).

A turbidez, por sua vez, apresentou um valor médio inferior a fase predecessora de 10,14 NTU, com desvio padrão de 2,23 NTU e coeficiente de variação de 21,97%. O gráfico da Figura 29 mostra a variação da concentração de sólidos suspensos e turbidez da água do reservatório na quarta etapa da pesquisa.

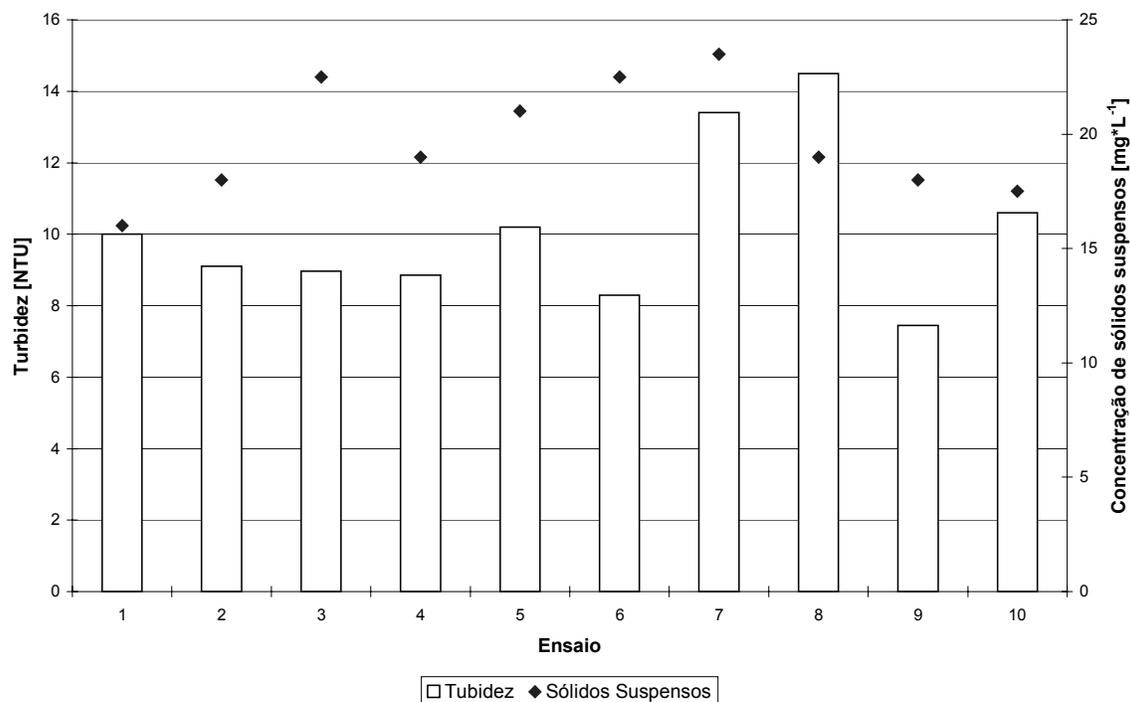


Figura 29 – Variação da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados na quarta etapa.

O pH apresentou queda em relação ao valor médio obtido na terceira fase do experimento, atingindo o menor valor entre todas as fases realizadas. A média do pH foi de 6,88, com desvio padrão de 0,19 e coeficiente de variação de 2,89%, indicando pouca variação dos dados. Esta queda no pH da água do reservatório reduziu o risco de entupimento dos gotejadores de médio (obtido nas 3 fases anteriores) para baixo.

A concentração média de ferro total na água de irrigação voltou a cair, muito embora o risco potencial de entupimento tenha permanecido médio. O valor médio da concentração de ferro total foi de 0,48 mg*L⁻¹, desvio padrão 0,32 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 66,42%, indicando alta variabilidade das medidas. Pode-se observar esta grande variação quando observa-se os dados mostrados da tabela 13, onde o valor de ferro total variou de 1 mg*L⁻¹ (ensaios 3 e 4) até 0 mg*L⁻¹ (último ensaio).

A concentração média de sulfetos aumentou em relação a terceira etapa da pesquisa, atingindo 3,50 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 4,40 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 125,81%. A alta média obtida e alta variabilidade dos dados sofreram influência direta da alta concentração de sulfetos obtida, de 16,0 mg*L⁻¹, no quinto ensaio realizado (tabela 13). O risco médio de entupimento dos emissores permaneceu alto segundo a classificação

adotada. A Figura 30 mostra as medidas das concentrações de ferro total e sulfetos, realizadas no quarto período de experimentação.

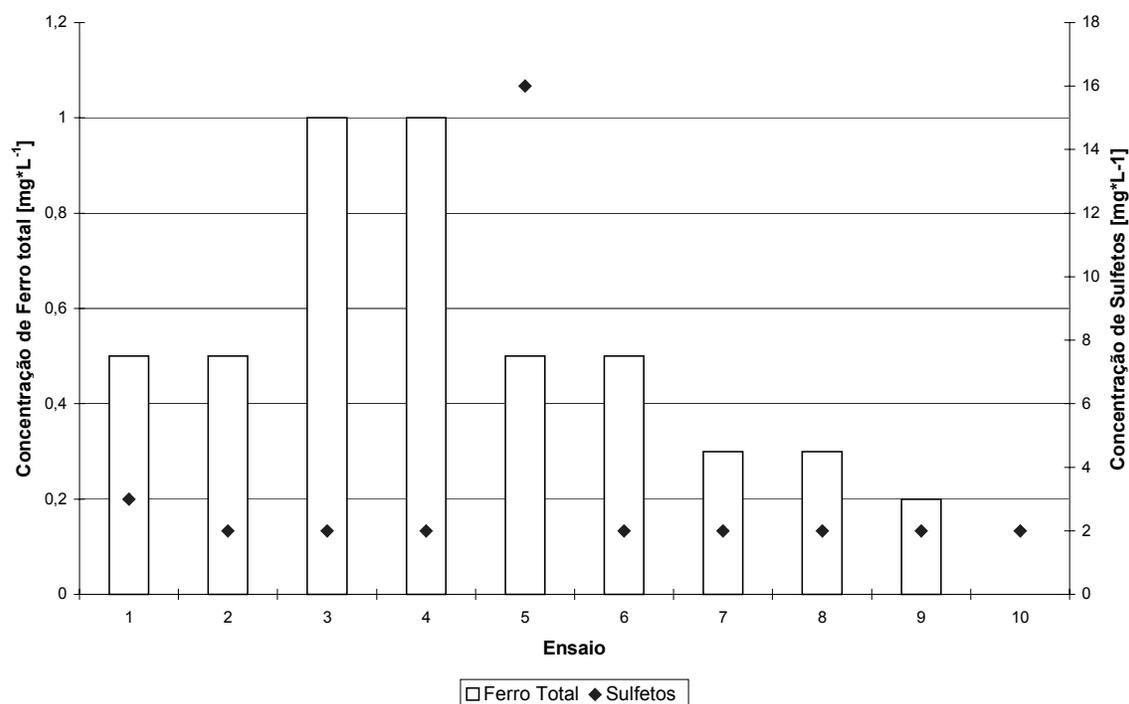


Figura 30 – Gráfico da variação das concentrações de ferro total e sulfetos na quarta etapa

O valor médio da condutividade elétrica obtido nesta fase foi de $0,059 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, com desvio padrão de $0,017 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ e coeficiente de variação de 28%. Houve ligeiro aumento do valor deste parâmetro em relação a fase anterior.

Os sólidos dissolvidos também aumentaram ligeiramente, mas não a ponto de elevar o baixo risco potencial dos gotejadores. A média foi de $38,02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, o desvio padrão $10,65 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e o coeficiente de variação de 28%.

A dureza média da água também cresceu em relação a terceira etapa do projeto. O valor médio obtido foi de $21,25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, desvio padrão de $0,72 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de apenas 3,37%. Mesmo com o aumento com relação a etapa anterior a dureza ainda apresentou um baixo risco de entupimento com relação a formação de precipitados de CaCO_3 .

O valor absoluto do índice de Langelier superou o valor anteriormente obtido na fase predecessora, atingindo valores médios de 2,566, com desvio padrão de 0,425 e coeficiente de variação de 16,57%.

Tanto as concentrações médias de algas quanto de bactérias foram maiores que as obtidas na fase anterior. O valor médio de algas foi de $512 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $216 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 42,12%.

O valor médio de bactérias medido no período foi de $1702 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $1798 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 105,62%. O alto valor do coeficiente de variação ocorreu devido a alta queda na concentração de bactérias observada ao longo dos 10 ensaios. A Figura 31 mostra as medidas das concentrações de algas e bactérias, realizadas no quarto período de experimentação.

Nesta última fase, exceto pela turbidez da água, pH e concentração de Ferro Total, houve aumento de todos os parâmetros de qualidade da água analisados. No entanto, a única mudança em relação ao risco de entupimento dos gotejadores que houve foi a diminuição do risco com relação ao pH.

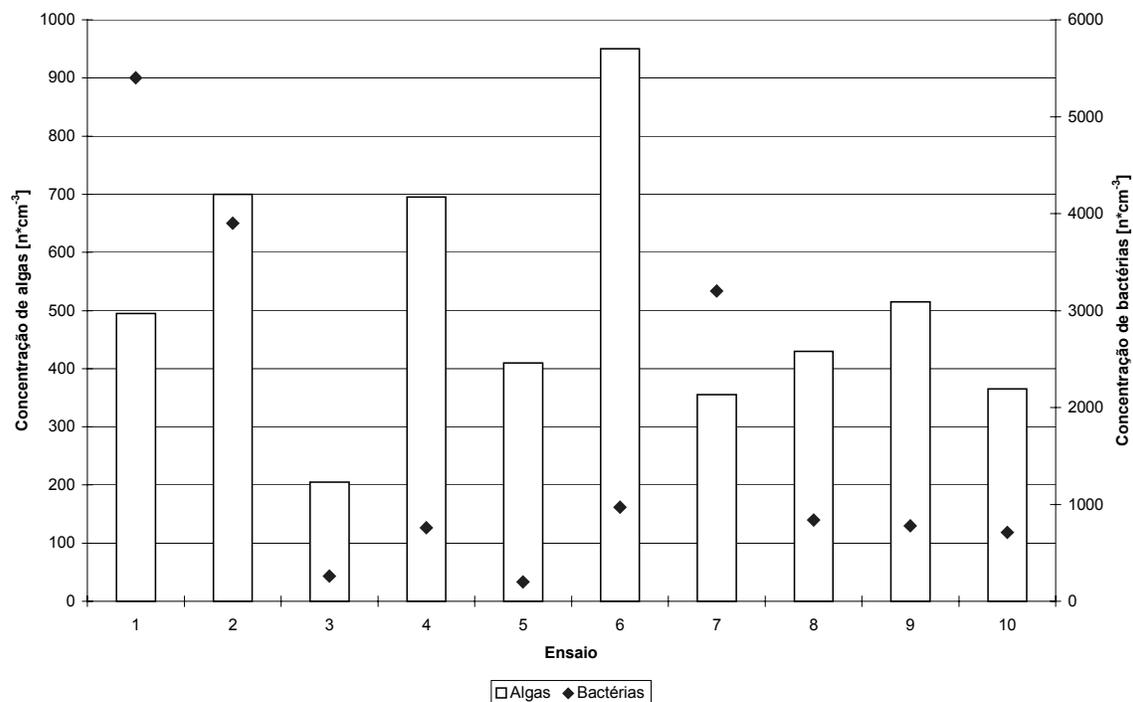


Figura 31 – Gráfico da variação dos parâmetros biológicos analisados na quarta etapa

De forma geral, pode-se afirmar, que a qualidade da água utilizada para irrigação do sistema de gotejamento variou durante as diferentes épocas do ano, sendo que o risco potencial de entupimento dos gotejadores só foi médio ou alto com relação aos parâmetros químicos (ferro, sulfetos e pH).

Os valores de pH encontrados no decorrer desta pesquisa, são bem parecidos a estudos já realizados por Testezlaf et al (1994), que foi verificar a potencialidade do uso de água de reservatórios e rios para uso em sistemas de irrigação por gotejamento em propriedades agrícolas produtoras de hortaliças na região de Campinas e constatou-se que de 27 fontes hídricas analisadas em 88,9% delas o pH era alcalino e apresentava risco moderado de entupimento segundo a mesma classificação adotada nesta pesquisa.

Ayres e Westcot (1991) citam, que a concentração de Fe de $0,5 \text{ mgL}^{-1}$, deveria ser considerada como a máxima permissível, porém quando se incluem os custos, preço do sistema de filtragem, o valor máximo prático é de 2 mgL^{-1} . Engilsh (1985) relata que problemas com interações bactéria-ferro têm ocorrido com concentrações de ferro tão baixa quanto $0,1 \text{ mgL}^{-1}$. Teores deste íon superiores a $0,2 \text{ mgL}^{-1}$, são considerados como de risco significativo de entupimento. O ferro precipitado forma uma incrustação vermelha, a qual

pode aderir ao PVC da tubulação e entupir os emissores. Algumas bactérias filamentosas, como *Gallionella* e *Leptotrix*, oxidam o Fe^{+2} , transformando-o em Fe^{+3} que pode precipitar-se e provocar entupimento (Pizarro, 1996). Ford e Tucker (1986) relataram que águas utilizadas em sistemas de irrigação localizada com concentração de ferro maior que $0,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ contribuem para o crescimento de bactérias fêrricas filamentosas que causam problemas de obstrução nos emissores.

É importante notar que a concentração de algas e bactérias apresentaram coeficientes de variação elevados durante cada estação do ano como também variações significativas entre as estações.

A mudança dinâmica da população de algas pode representar um risco ao sistema se não houver um tratamento eficiente da água de irrigação e indica uma grande sensibilidade destes organismos com relação a variação da qualidade da água.

Para Di Bernardo (1995), as variações sazonais de algas em regiões tropicais, onde a luz e a temperatura da água não variam muito durante o ano, são devido ao efeito das chuvas ou seca, e fundamentalmente da ação dos ventos. A coincidência entre uma ligeira diminuição da temperatura e aumento da intensidade e da duração de ventos pode causar a circulação da água em profundidades maiores e conseqüentemente uma variação brusca na concentração de algas. Este mesmo autor cita que para estudos quantitativos de algas, há necessidade de se levar em conta que a distribuição espacial das populações de algas não é uniforme e que variações, tanto sazonais quanto espaciais, podem ser apreciáveis. Não há um método universal para a coleta de amostra que garanta a presença de todas as formas dos organismos fitoplanctônicos, pois há uma grande diversidade de tamanho, amostra, e mobilidade de algumas espécies algais.

Com relação a concentração de bactérias também foram verificadas mudanças rápidas em seus valores. Estas mudanças bruscas foram constatadas através das variações das medidas feitas na água do reservatório em laboratório. De acordo com Soares & Maia (1999) as variações bruscas do crescimento bacteriano são devido as diferentes condições do meio ambiente como temperatura, pH, necessidade de oxigênio e nutrientes. Estes mesmo autores citam que para a maioria das bactérias, o pH ótimo de crescimento se localiza entre 6,5 e 7,5. O pH da água do reservatório variou em média de 7,39 (segunda fase) a 6,88 (terceira fase). Quando ocorrem mudanças bruscas de valores com relação a

parâmetros biológicos, que geralmente são devido a fatores relacionados com o meio ambiente, isto pode comprometer a eficiência de filtração dos sistemas de irrigação localizada e conseqüentemente ocorrer problemas de obstrução dos emissores (Nakayama & Bucks, 1991).

A dureza da água apresentou um baixo potencial de entupimento com relação a formação de precipitados de CaCO_3 durante todas as estações do ano. Isto pode ser confirmado através do Índice de Langelier que sempre foi negativo durante o ano.

O Índice de Saturação de Langelier (SI), determinado com base nos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO_3^- e CO_3^{2-} , a uma determinada concentração dos íons cálcio e bicarbonato, pH_c e no valor do pH medido, foi utilizado no sentido de prover uma aproximação sistemática para a determinação do risco de formação de precipitados de carbonato de cálcio (ESTADOS UNIDOS, 1965). O SI calculado para a água utilizada no decorrer desta pesquisa resultou em valor negativo, indicando não haver tendência de precipitação de carbonato de cálcio e conseqüente potencial de entupimento por tal elemento químico. Capra e Scicolone (1998), avaliando o entupimento em 21 sistemas instalados com microaspersão e gotejamento na região meridional da Itália, observaram redução no entupimento de emissores quando o valor do Índice aumentava, ou seja, quando aumentava o risco de precipitação de carbonato de cálcio. Embora apresentando limitações, tal índice é o mais comumente usado (APHA, 1992d)

. Para Ayers e Westcot (1991), o método mais eficaz para se impedir as obstruções provocadas pela precipitação de CaCO_3 , é controlar o pH da água e limpar periodicamente o sistema com ácido clorídrico ou ácido sulfúrico.

Após a realização das quatro etapas, construiu-se gráficos com os valores médios de cada parâmetro de qualidade de água analisados no reservatório de irrigação em cada etapa.

A Figura 32 mostra a variação média dos parâmetros físicos, turbidez e sólidos suspensos, nas 4 etapas realizadas.

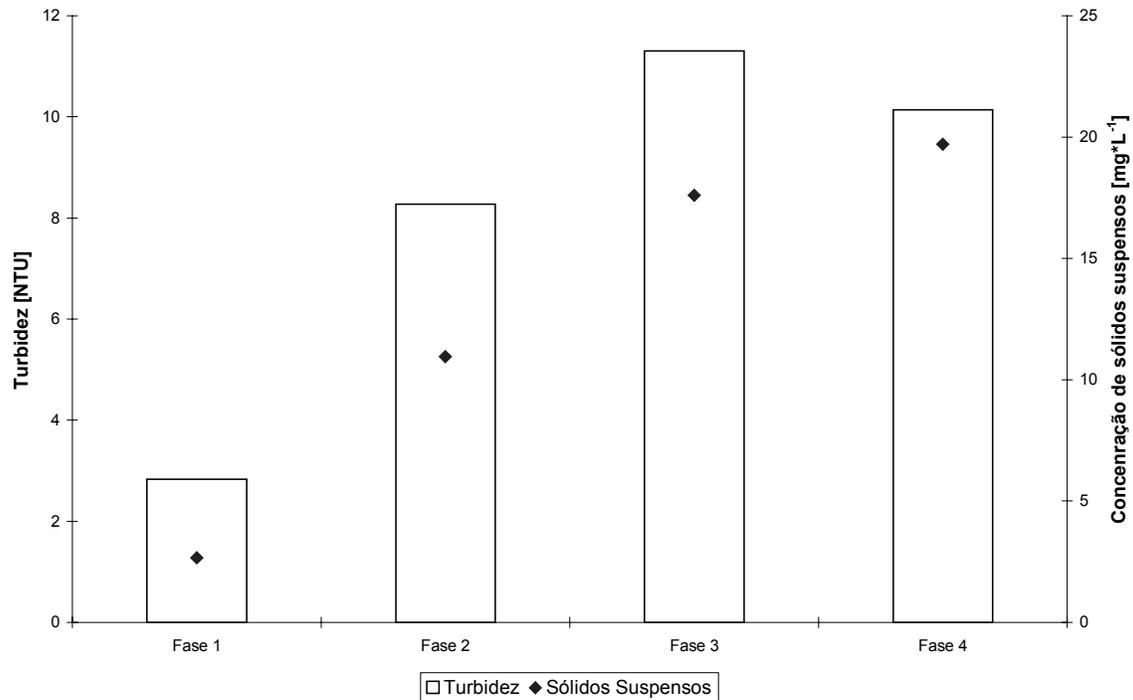


Figura 32 – Variação média da turbidez e concentração de sólidos suspensos analisados nas 4 etapas.

Verifica-se que houve um crescimento constante dos valores médios tanto de turbidez, quanto da concentração de sólidos suspensos da água do reservatório de irrigação. Ocorreu uma correlação entre os parâmetros físicos analisados. Mesmo crescendo, na média, cerca de 18 vezes da primeira para a quarta etapa, a concentração de sólidos suspensos não atingiu magnitudes muito elevadas a ponto de oferecer riscos médios ou altos de entupimento dos emissores.

A Figura 33 mostra a variação do pH médio da água do reservatório obtido em cada etapa. Nota-se que nas 4 etapas os valores de pH variam de 7,39 na segunda fase (maior valor) a 6,88 na terceira fase (menor valor).

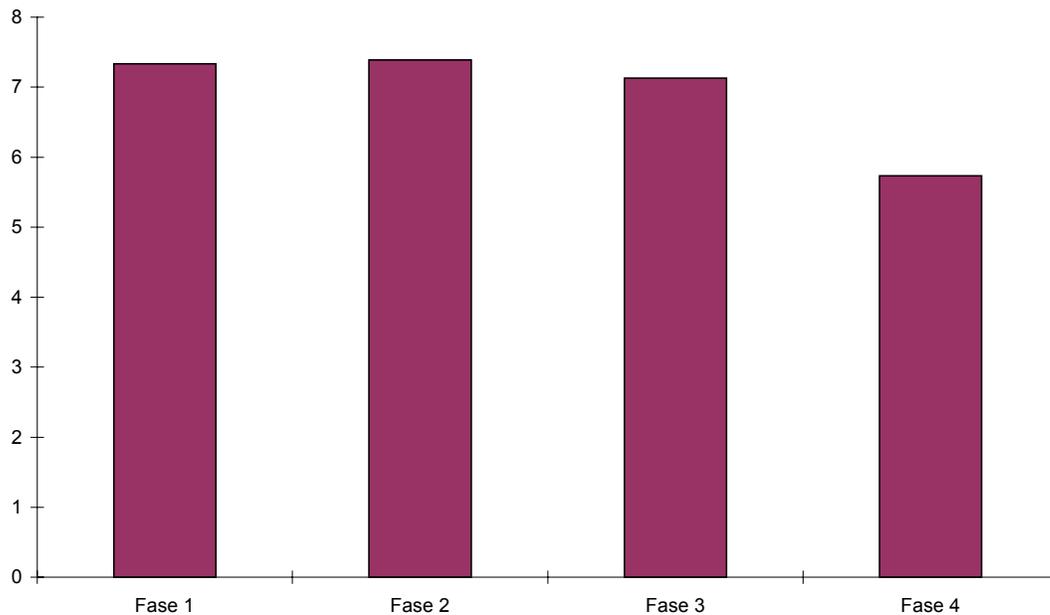


Figura 33– Variação média do pH da água do reservatório nas 4 etapas

O gráfico da Figura 34 mostra um crescimento elevado da concentração de sulfetos ao longo das 4 etapas realizadas. De um valor médio de aproximadamente $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ medido na primeira etapa, chegou-se a aproximadamente $3,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na quarta. Já a concentração de ferro total da água que sofreu uma elevação de aproximadamente $0,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para $1,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ da primeira para a segunda etapa e caiu a aproximadamente $0,74 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na terceira etapa e $0,48 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na etapa final.

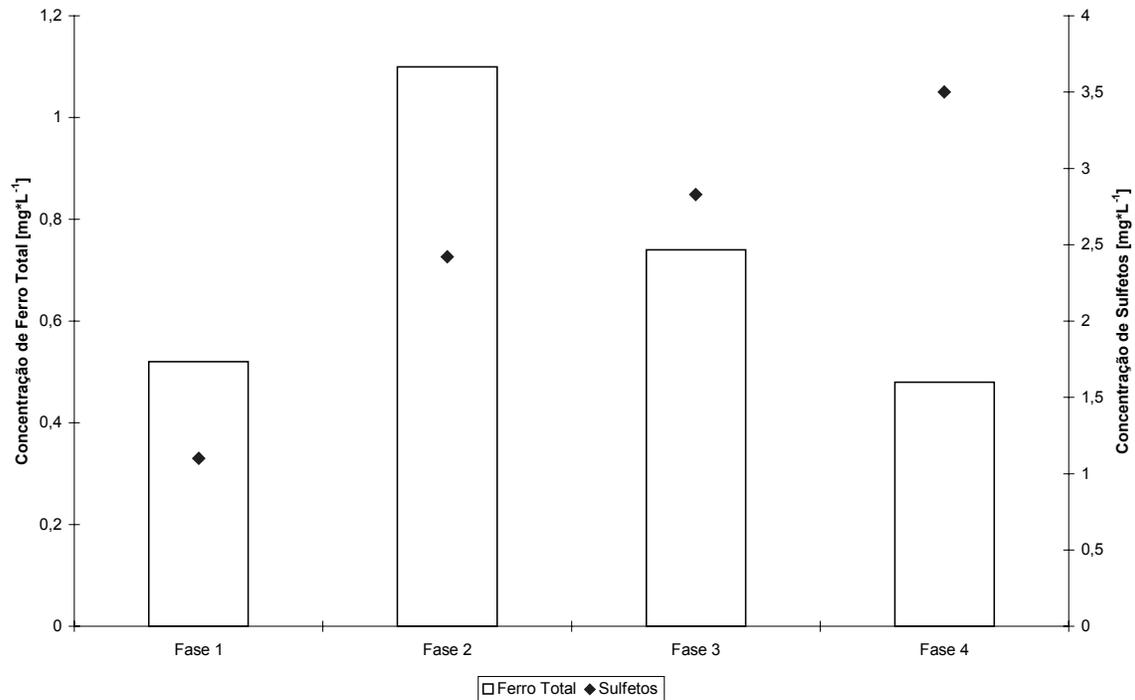


Figura 34 – Variação média das concentrações de ferro total e sulfetos analisados nas 4 etapas

O gráfico da Figura 35 ilustra a variação da condutividade elétrica média em cada etapa realizada. Verifica-se que, além dos baixos valores deste parâmetro obtidos nas 4 etapas, isentando a água do reservatório de qualquer problema relacionado à salinidade, houve uma queda contínua ao longo do tempo decorrido até a terceira etapa e um pequeno aumento na última.

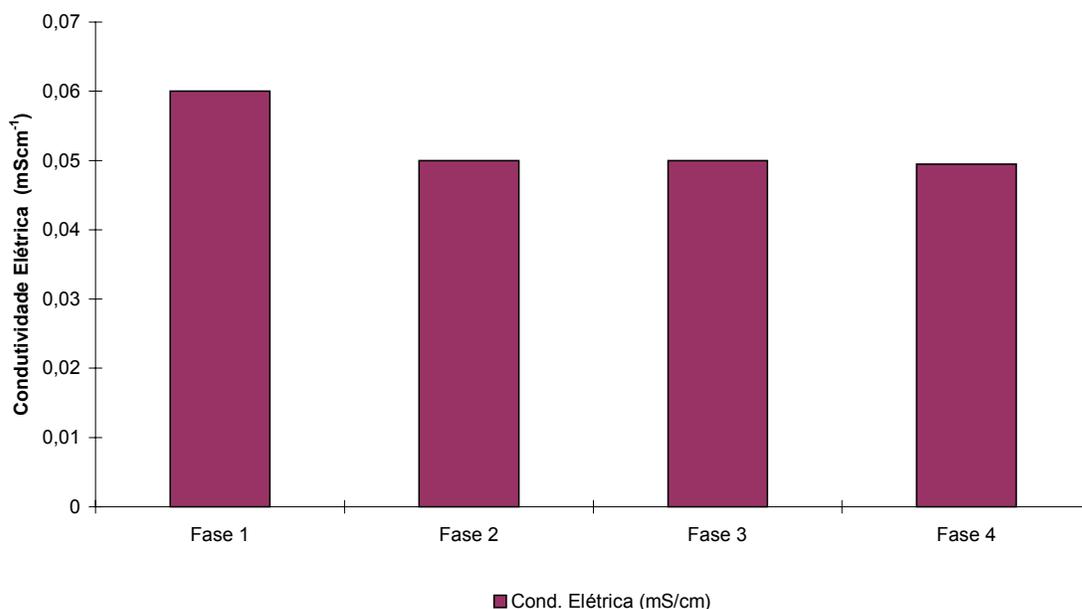


Figura 35 – Variação média da condutividade elétrica da água do reservatório analisadas nas 4 etapas

A mesma tendência de queda apresentada pela condutividade elétrica da água é verificada também para as concentrações médias de sólidos dissolvidos (Figura 36), mesmo porque estas últimas foram calculadas segundo uma relação de proporcionalidade envolvendo ambos fatores. Os valores de sólidos suspensos são bastante baixos, visto que para um risco médio de entupimento dos gotejadores, este parâmetro deve ser maior que $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Bucks & Nakayama, 1986).

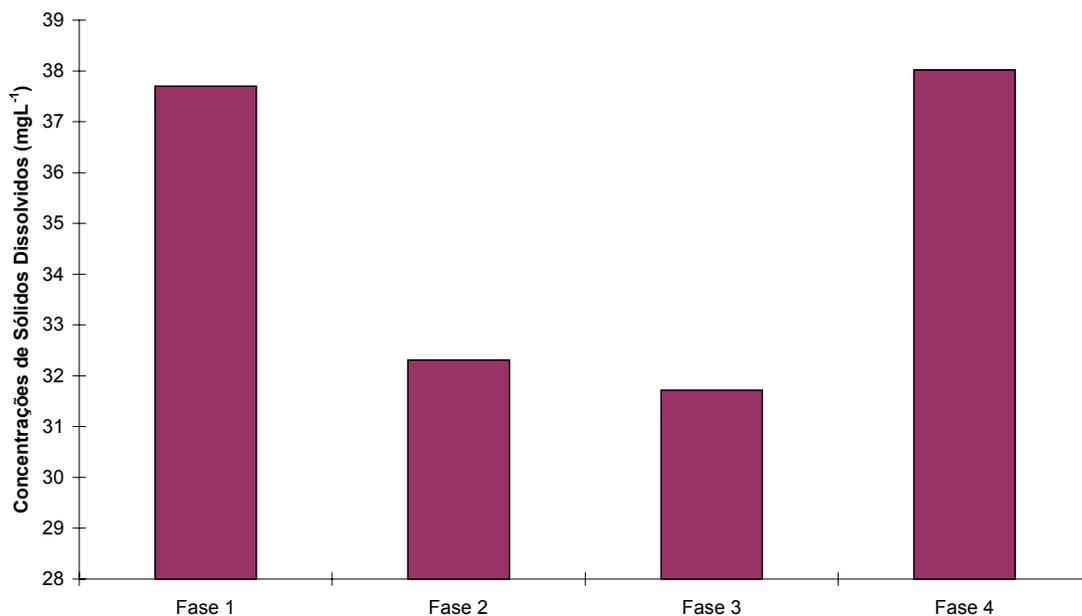


Figura 36 – Variação média da concentração de sólidos dissolvidos analisados nas 4 etapas

O gráfico da Figura 37 apresenta os valores médios das quantidades de algas e bactérias presentes na água do reservatório. A concentração média de bactérias sofre elevada queda ao longo do tempo decorrido entre as diferentes etapas. Já a concentração média de algas, após grande crescimento observado entre a primeira etapa e a segunda, passando de aproximadamente $500 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ à cerca de $1400 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, decresceu na terceira e quarta etapa, atingindo valores equivalentes aos da primeira etapa.

Decorridas as 4 etapas do experimento, pode-se afirmar que a água do reservatório apresentou variações entre os diferentes parâmetros de qualidade de água analisados. Um risco alto de entupimento dos gotejadores só foi proporcionado pela alta concentração de sulfetos na água nas duas etapas finais. Já o pH e a concentração de ferro total da água, resultaram num risco médio de obstrução dos emissores nas 4 etapas de experimentação. Os parâmetros físicos apresentaram crescimento contínuo ao longo das etapas, assim como a concentração de sulfetos.

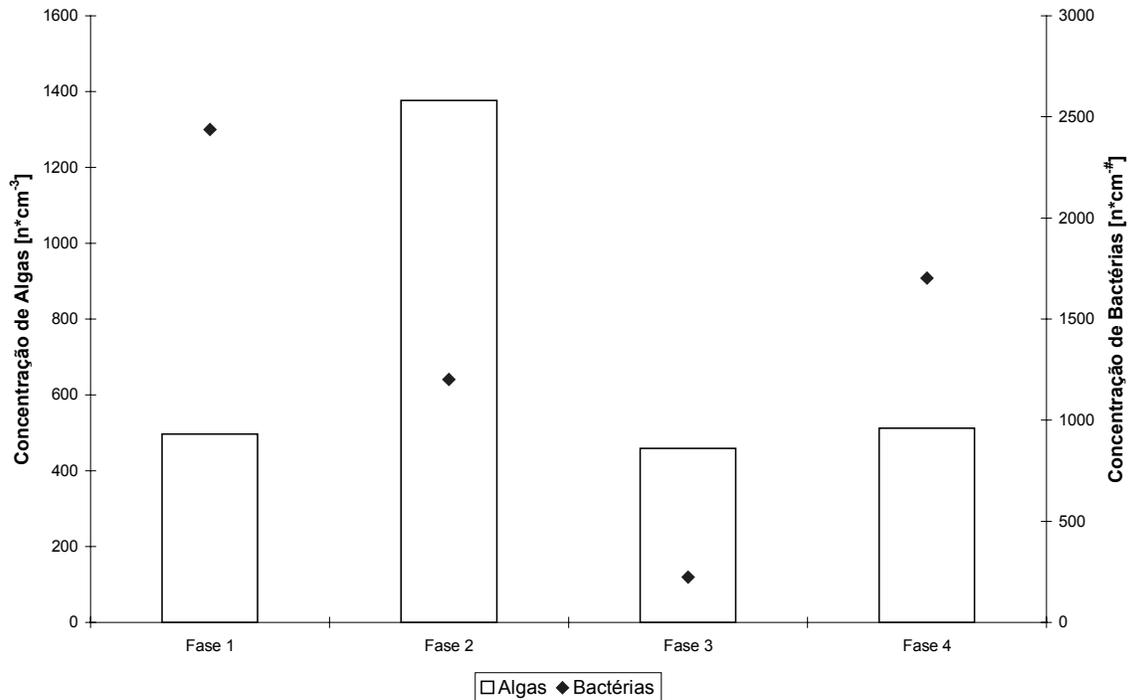


Figura 37 – Variação média dos parâmetros biológicos analisados nas 4 etapas

5.2) Influência da Fertirrigação sobre a qualidade da água de irrigação

Foram realizadas algumas análises, a partir da metade da terceira fase, a fim de se verificar a influência da injeção de fertilizantes sobre a qualidade da água de irrigação. As análises realizadas foram para os parâmetros físicos turbidez e concentração de sólidos suspensos presente na água. Os pontos de coleta das amostras de água foram: antes da injeção (correspondente a água do reservatório), depois da injeção (a água que chega até os filtros) e do próprio tanque reservatório com a solução fertilizante. As amostras eram tomadas simultaneamente.

Os gráficos das Figuras 38 e 39 mostram os resultados obtidos tanto para turbidez quanto para os sólidos suspensos. As análises foram realizadas a partir do quinto ensaio da terceira fase.

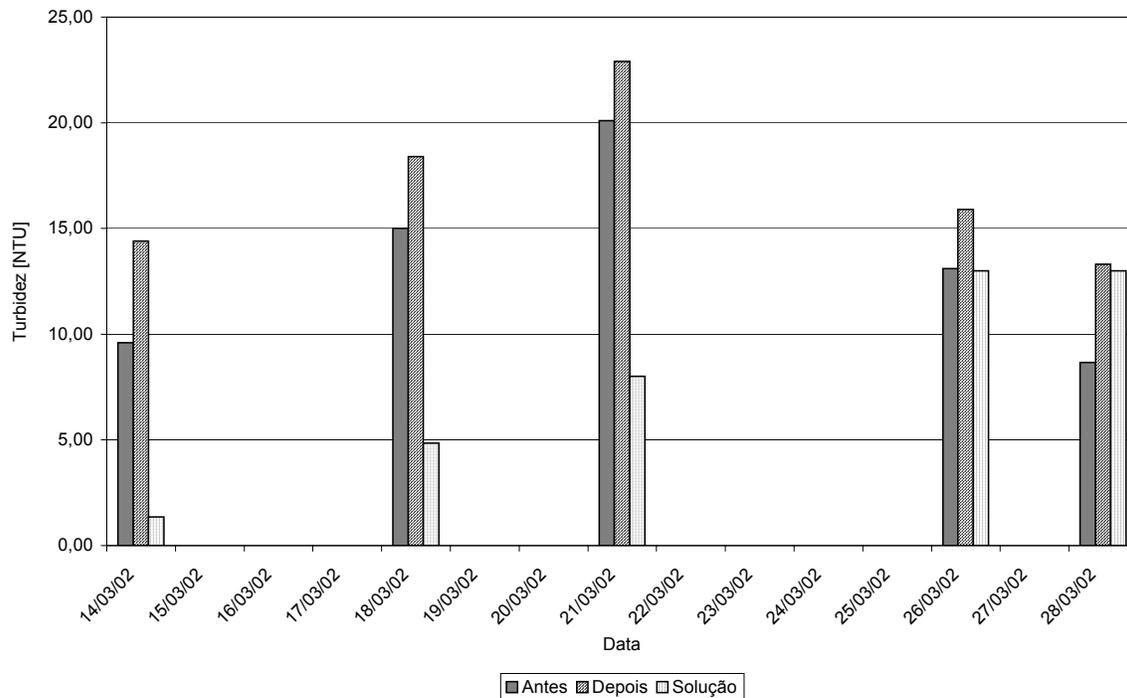


Figura 38 - Turbidez da água amostrada antes e depois do ponto de injeção de fertilizantes e da própria solução fertilizante

É interessante notar na Figura 38 que há uma variação da turbidez dentro do reservatório da solução fertilizante. Ou seja, há uma mudança na qualidade da água do tanque fertilizante. Do quinto para o nono ensaio, a turbidez subiu de 1,36 NTU para 13,0 NTU. Visualmente, durante o período de ensaios, era possível notar o rápido desenvolvimento de algas dentro do tanque, o que pode estar relacionado a este aumento rápido dos valores de turbidez. Também é possível verificar que a turbidez após o ponto de injeção de fertilizantes é sempre maior que a medida realizada antes. Isto significa que a água que chega efetivamente aos filtros tem sua qualidade depreciada em relação a água que abastece o sistema de irrigação.

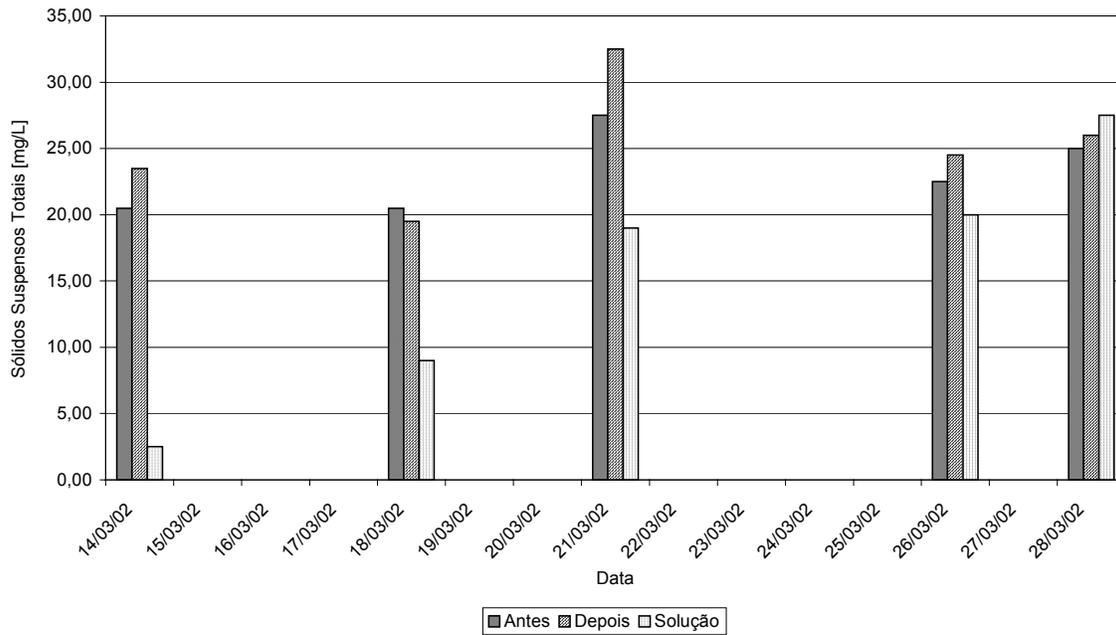


Figura 39 - Concentração de sólidos suspensos da água amostrada antes e depois do ponto de injeção de fertilizantes e da própria solução fertilizante

Assim como o verificado com a turbidez, na Figura 39 que há um rápido crescimento da concentração de sólidos suspensos no interior do tanque de fertilizantes. A água do reservatório sofreu também influência da fertirrigação já que as amostras coletadas depois da injeção de fertilizantes apresentaram maior concentração de sólidos suspensos que as coletadas anteriormente a este ponto (exceto no ensaio de número 6).

5.3) Água efluente dos elementos filtrantes

As amostragens foram feitas antes e após os elementos filtrantes. Aquelas feitas antes representa a água advinda do reservatório e após a que passa pelos filtros de manta e de disco com e sem tratamento com cloro. Desta maneira foram determinadas as concentrações de algas, bactérias, turbidez e sólidos suspensos totais na água. Todas as parcelas são abastecidas pela água do reservatório e sofrem a influência da fertirrigação. Portanto não foram consideradas as remoções dos filtros de manta e disco como a diferença entre a medida de determinado parâmetro de qualidade da água medido antes e após os filtros porque a injeção de fertilizantes ocorre num ponto intermediário. Assim a comparação entre os elementos filtrantes passou a ser direta a partir das medidas feitas após os filtros. Em princípio, não se imaginava que a baixa concentração de fertilizantes pudesse incorrer em mudanças mensuráveis de determinados parâmetros analisados.

Nas Tabelas 14 e 15 estão todos os resultados obtidos durante os ensaios da primeira etapa das amostras de água coletadas após a passagem pelos filtros. Cada etapa foi realizada em diferentes épocas do ano, para melhor caracterizar as variações ocorridas nos efluentes ao longo do ano. A primeira etapa foi no inverno, a segunda na primavera, a terceira no verão e a quarta no outono.

Tabela 14 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, da primeira etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetro Físicos							
	Sólidos Suspensos				Turbidez			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1- (29/06/01)	5	5	0	0	2,9	3,18	2,89	3,13
2 - (02/07/01)	0	0	0	0	2,77	3,13	2,71	3,12
3- (05/07/01)	0	0	0	0	5,37	3,71	3,21	8,36
4 - (10/07/01)	0	0	0	0	2,8	3,28	2,84	3,07
5 - (12/07/01)	0	0	0	0	3,26	2,86	9,68	14,9
6 - (16/07/01)	2	5	1	3	1,65	1,84	1,57	1,93
7 - (19/07/01)	5	2	2	4	1,79	1,99	1,87	7,66
8 - (23/07/01)	3	3	3	4	2,18	2,36	2,04	2,47
9 - (26/07/01)	2	2	1	3	2,98	3,48	3,1	3,38
10- (30/07/01)	2	2	2	3,5	2,44	2,42	2,29	2,23
Média	1,90	1,90	0,90	1,75	2,81	2,83	3,22	5,03
Desv. Pad.	1,97	1,97	1,10	1,87	1,04	0,64	2,33	4,13
Coef. Variação (%)	103,64	103,64	122,28	107,12	36,92	22,66	72,51	82,12

Tabela 15 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da primeira etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos							
	Algas				Bactérias			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1- (29/06/01)	125	110	115	115	17	10	165	780
2 - (02/07/01)	240	160	215	120	1300	3800	1000	1100
3- (05/07/01)	380	305	350	320	1000	1300	1200	1100
4 - (10/07/01)	365	370	340	300	6500	5900	1	10
5 - (12/07/01)	335	250	305	220	1000	800	900	50
6 - (16/07/01)	340	460	420	345	340	1400	1500	990
7 - (19/07/01)	180	290	220	210	440	610	770	630
8 - (23/07/01)	190	250	355	235	1100	1400	690	890
9 - (26/07/01)	190	225	210	170	470	620	8	2
10- (30/07/01)	105	205	180	125	740	840	5	4
Média	245,00	262,50	271,00	216,00	1290,70	1668,00	623,90	555,60
Desv. Pad.	102	101	96,32	84,81	1873	1799	548,11	484,56
Coef. Variação (%)	41,72	38,50	35,54	39,27	145,11	107,88	87,85	87,21

Pode-se verificar através da tabela 14 que os valores obtidos da turbidez após os elementos filtrantes são bastante próximos com relação aos sistema sem cloração. Na quinto ensaio ocorreu um aumento brusco para os filtros que estavam recebendo tratamento químico, sendo que os maiores valores de turbidez se deu sempre no filtro de disco com cloro. Nota-se ainda que no sexto ensaio houve uma ligeira diminuição da turbidez da água.

A média dos valores medidos, na parcela com filtro sem cloração, foi de 2,81 NTU, com desvio padrão de 1,04 NTU e coeficiente de variação de 36,92% para a manta, contra um valor médio de 2,83 NTU, desvio padrão de 0,64 NTU e coeficiente de variação de 22,66% no de disco. Para as parcelas com filtros com cloração a média foi de 3,22 NTU, com desvio padrão de 2,33 NTU e coeficiente de variação de 72,51% para a manta, contra um valor médio de 5,03 NTU, desvio padrão de 4,13 NTU e coeficiente de variação de 82,12% no de disco. Observou-se diferenças de valores da média e do desvio padrão entre eles. O filtro de manta mostrou um melhor resultado em relação ao disco.

Como já fora dito anteriormente, os resultados iniciais de sólidos suspensos foram prejudicados em decorrência da utilização de uma balança de baixa precisão para pesagem dos cadinhos com os filtros utilizados nas análises deste parâmetro. Não foram detectadas diferenças, nos valores médios das amostras coletadas a partir das duas parcelas de irrigação que não receberam cloração que foi de 1,90 mg/L para a média, de 1,97 mg/L para desvio padrão e coeficiente de variação de 103,64%. O valor elevado no coeficiente de variação está relacionado à grande variação dos dados em função das análises que resultaram em valor nulo. Foram constatadas diferenças significativas para as duas parcelas de irrigação que receberam cloração, que foi de 0,90 mg/L para a média, de 1,75 mg/L para desvio padrão e coeficiente de variação de 122,28% para a manta e para o disco de 1,75 mg/L de média, 1,87 mg/L para o desvio padrão e coeficiente de variação de 107,63%. O elevado valor do coeficiente de variação é o mesmo problema já citado para os filtros sem cloração. Não houve uma grande variação entre os filtros com e sem cloração a partir do sexto ensaio sendo que somente o filtro de disco com cloro apresentou um pior resultado em relação aos demais (Tabela 14).

Além desses dois parâmetros físicos, também se determinou, através de análises da água, a concentração de algas e bactérias nas quatro parcelas de irrigação e os dados estão apresentados na Tabela 15.

A concentração média de algas nas parcelas com filtros sem cloração foram de 245 algas*mL⁻¹, com desvio padrão de 102 algas*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 41,72% para o filtro de manta contra um valor médio de 263 algas*mL⁻¹, desvio padrão de 101 algas*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 38,50% obtido no de disco. O desempenho do filtro

de manta se mostrou ligeiramente superior ao filtro de disco com relação à retenção de algas na primeira fase.

Nas parcelas de irrigação que receberam cloração, a concentração média de algas foi de 271 algas*mL⁻¹, com desvio padrão de 96,32 algas*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 35,54% no filtro de manta, contra um valor de 216 algas*mL⁻¹, desvio padrão de 84,61 algas*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 39,27% no disco. Neste caso o filtro de disco teve um melhor desempenho que o de manta.

Comparando o desempenho dos filtros com e sem cloração, o que não recebeu cloro apresentou um melhor desempenho. Nos filtros de disco a parcela que recebeu cloro mostrou-se melhor. Portanto a cloração foi mais eficiente para o filtro de disco e o contrário para o de manta.

As médias da população de bactérias nas parcelas com filtros sem cloro foi de 1291 bactérias*mL⁻¹, com desvio padrão de 1873 bactérias*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 145,11% para o filtro de manta e no de disco a média foi de 1668 bactérias*mL⁻¹, o desvio padrão de 1799 bactérias*mL⁻¹ e o coeficiente de variação de 107,88%. Novamente o desempenho do filtro de manta foi ligeiramente superior ao filtro de disco na remoção de colônias de bactérias.

Para as parcelas com cloração, a média foi de 623,90 bactérias*mL⁻¹, com desvio padrão de 848,11 bactérias*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 87,85% para o filtro de manta. Para o filtro de disco a média foi de 555,60 bactérias*mL⁻¹, com desvio padrão de 484,56 bactérias*mL⁻¹ e coeficiente de variação de 87,21%. Para o item bactéria novamente o filtro de disco obteve um melhor desempenho comparado ao de manta.

O efeito da cloração nos filtros, mostrou que o cloro ajudou muito no desempenho dos filtros que apresentaram sempre uma melhor eficiência na remoção de bactérias. Isto pode ser visto claramente quando observa-se a tabela 15.

Ressaltam-se os altos valores dos coeficientes de variação obtidos nas análises dos parâmetros biológicos, especialmente para às bactérias que o efeito da cloração foi altamente positivo no que diz respeito a remoção. Estes resultados mostram a alta sensibilidade destes parâmetros às variações no meio durante o curto período de experimentação.

As Tabelas 16 e 17 contêm os resultados dos parâmetros físicos e biológicos obtidos na segunda etapa.

Tabela 16 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, da segunda etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetro Físicos							
	Sólidos Suspensos				Turbidez			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1- (05/11/01)	13	15	10,5	10,5	10,1	10,3	10,5	9,5
2-(08/11/01)	10,5	10	8,5	8,5	8,08	7,9	8,06	7,82
3-(12/11/01)	13	13	11	11,5	9,77	9,24	8,81	9,32
4-(14/11/01)	13	12	11,5	10,5	8,96	8,73	8,38	8,08
5-(19/11/01)	10,5	11,5	8,5	8,5	7,47	7,19	7,28	7,26
6-(22/11/01)	10	10	9	8,5	7,26	7,09	6,7	7,85
7-(26/11/01)	10	10	9,5	10	6,6	6,89	7,56	7,24
8-(29/11/01)	10	9,5	6,5	7,5	8,43	7,85	8,07	6,89
9-(03/12/01)	11	11,5	11	12	5,94	6,38	6,42	7,5
10-(06/12/01)	11	10,5	8,5	9	8,3	8,14	8,5	8,09
11-(10/12/01)	10,00	10,00	8,50	6,50	6,01	5,95	5,47	5,67
12-(13/12/01)	9,50	9,50	7,50	7,00	5,82	5,38	4,66	4,14
Média	10,96	11,04	9,5	10	7,73	7,59	7,53	7,45
Desv. Pad.	1,30	1,66	1,53	1,75	1,46	1,41	1,57	1,46
Coef. Variação (%)	11,91	15,01	16,10	17,50	18,95	18,54	20,84	19,59

Tabela 17 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da segunda etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos							
	Algas				Bactérias			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1- (05/11/01)	445	390	620	570	1	1	1	1
2-(08/11/01)	635	570	725	835	340	270	1	1
3-(12/11/01)	550	880	480	615	1	1	1	310
4-(14/11/01)	900	785	830	665	1	1	1	9
5-(19/11/01)	1060	1035	925	615	1700	2500	160	1
6-(22/11/01)	870	850	795	905	380	280	1	91
7-(26/11/01)	930	905	745	830	1200	1300	60	37
8-(29/11/01)	725	1155	535	1205	920	1600	10	26
9-(03/12/01)	1130	1020	700	565	2900	1700	1	1
10-(06/12/01)	975	640	375	685	2400	4100	2000	2000
11-(10/12/01)	845	925	915	505	3000	1200	2000	2000
12-(13/12/01)	1800	790	895	405	2300	2600	1000	1000
Média	905,42	828,7	711,67	700,00	1261,9	1296,0	436,33	456,42
Desv. Pad.	348	214	178,24	214,95	1159	1293	783,04	774,99
Coef. Variação (%)	38,39	25,78	25,04	30,70	91,88	99,77	179,46	169,72

Através da Tabela 16 verifica-se uma tendência de queda para os valores de sólidos suspensos e turbidez no efluente dos quatro filtros. Há uma alternância entre as medidas realizadas nas parcelas com filtro de manta e disco sem cloração, ora os maiores valores são registrados em uma parcela, ora na outra, tanto para a turbidez quanto para a concentração de sólidos suspensos. As médias de turbidez obtidas nas parcelas com filtros sem cloro foram de 7,73 NTU, com desvio padrão de 1,46 NTU e coeficiente de variação de 18,95% para o filtro de manta e para o filtro de disco, a média das medidas foram de 7,59 NTU, com desvio padrão de 1,41 NTU e coeficiente de variação de 18,54%. Observa-se que os dados de turbidez para os dois filtros foram muito próximos, portanto o desempenho de ambos foram muito parecidos nesta segunda etapa da pesquisa.

Nas parcelas onde os filtros receberam cloro a média de turbidez foi de 7,53 NTU, com desvio padrão de 1,57 NTU e coeficiente de variação de 20,84% para o filtro de manta. No de disco, a média foi de 7,45 NTU, com desvio padrão de 1,46 NTU e coeficiente de variação de 19,59% (Tabela 16). Através destes resultados nota-se que o desempenho dos dois elementos filtrantes foram bem parecidos.

Os dados mostrados na Tabela 16, indicam que o desempenho dos filtros com e sem cloração foram muito próximos com relação à diminuição da turbidez da água.

A média das medidas da concentração de sólidos suspensos nas parcelas com filtros sem cloração foram de $10,96 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $1,30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e baixo coeficiente de variação de 11,91%. para o filtro de manta. A média calculada para a parcela com filtro de disco para o mesmo parâmetro foi de $11,04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $1,66 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 15,01% (Tabela 16).

Nas parcelas que receberam cloração, a média das medidas foram de $9,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, com desvio padrão de $1,53 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 16,10% para o filtro de manta e no de disco foi de $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, desvio padrão de $1,75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e coeficiente de variação de 17,50% (Tabela 16). Os dois resultados dos elementos filtrantes com cloração foram muito próximos em relação à remoção de sólidos suspensos.

Observa-se que os dados dos filtros com e sem cloro foram muito parecidos e o resultados estão na tabela 16. Assim como ocorrido para os valores de turbidez, as concentrações de sólidos suspensos medidas nas parcelas de irrigação por gotejamento sem cloro foram muito próximas.

Observa-se, através dos dados da Tabela 17, que há grande alternância entre os valores obtidos nas quatro parcelas de irrigação com e sem cloração, tanto para os valores das concentrações de algas, como de bactérias. Há uma tendência de crescimento das populações de algas e bactérias ao longo dos ensaios, nas parcelas sem cloração. A média de algas medidas nas parcelas sem cloração foram de $905 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, com desvio padrão de $348 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 38,39%. para a manta. A parcela contendo filtro de disco registrou uma média de $829 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $214 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 25,78% (Tabela 17). Estes valores indicam que houve um desempenho ligeiramente melhor do filtro de disco em relação à manta nas parcelas que não receberam tratamento com cloro.

A média de bactérias encontradas após a passagem da água pelos filtros nas parcelas sem cloro foram de $1262 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, o desvio padrão de $1159 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e o coeficiente de variação de 91,88% para o filtro de manta. Após o filtro de disco, foram encontradas em média $1296 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $1293 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 99,77% (Tabela 17). Os valores obtidos são muito próximos, de forma que não se pode afirmar o desempenho dos diferentes elementos filtrantes sem cloração foram muito próximo.

As parcelas com cloração a média das medidas da concentração de algas foram de $711 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $178 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 25,04% para o filtro de manta e de $700 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $214,95 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 30,70% para o filtro de disco (tabela 17). Estes resultados indicam que o desempenho dos dois filtro foram perezidos.

Nas parcelas com cloração a média das medidas para a concentração de bactérias foram de $436 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $783,04 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 179,46% para a manta e de $456 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $774,99 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 169,72% no disco. Observa-se que não ocorreu uma grande variação dos dados para ambos os filtros que receberam cloro. A remoção de bactérias para o filtro de manta foi ligeiramente superior ao de disco. Isto pode ser observado na Tabela 17.

Assim como verificado na primeira etapa da pesquisa, os valores médios dos parâmetros físicos medidos nas duas parcelas de irrigação sem cloração estiveram muito

próximos. Com relação aos parâmetros biológicos, nota-se elevada variabilidade das medidas, especialmente em relação à população de bactérias., principalmente no tratamento sem cloro.

Quando se faz a comparação entre os tratamentos dos sistemas de filtragem com e sem cloração, verifica-se uma diferença maior em relação a remoção de bactérias e menor para as algas. Estes resultados observa-se nos dados da tabela 17.

As Tabela 18 e 19 contém os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos realizadas na terceira etapa da pesquisa.

Tabela 18 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, na terceira etapa.

N de Ensaio e Datas	Parâmetro Físicos							
	Sólidos Suspensos				Turbidez			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1-(28/02/02)	18,5	18,5	16	18,8	6,58	9,73	9,57	10,4
2-(05/03/02)	12,5	12	12	11	9,51	9,72	11	9,43
3-(07/03/02)	12,5	13,5	13	12	8,39	9,21	10,6	9,98
4-(11/03/02)	14	15	15,5	16,5	8,17	8,65	10,9	9,13
5-(14/03/02)	19,5	19	16,5	17	10,5	11,8	9,87	10,5
6-(18/03/02)	14,5	19	16,5	18	12,6	14,4	15	15,1
7-(21/03/02)	18,5	19,5	18	17,5	11,7	11,9	13,3	12,6
8-(25/03/02)	25,5	25	18,5	23	14,1	13,8	11,7	14,9
9-(28/03/02)	25,5	27,5	23,5	26	15,3	15,8	13,9	16,4
Média	17,89	18,78	16,61	17,76	10,76	11,67	11,76	12,05
Desv. Pad.	5,05	5,04	3,33	4,71	2,90	2,55	1,89	2,77
Coef. Variação (%)	28,22	26,86	20,07	26,54	26,99	21,82	16,05	23,00

Tabela 19 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, na terceira etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos							
	Algas				Bactérias			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1-(28/02/02)	1825	925	965	1405	130	50	11	10
2-(05/03/02)	330	420	315	410	700	760	6	3
3-(07/03/02)	585	350	880	320	100	320	10	10
4-(11/03/02)	425	480	310	560	700	170	600	120
5-(14/03/02)	715	860	1125	1230	1200	1800	300	300
6-(18/03/02)	855	850	680	645	1300	120	90	70
7-(21/03/02)	750	710	1245	1180	10	1000	30	500
8-(25/03/02)	685	680	540	400	1200	320	30	20
9-(28/03/02)	1030	1210	1410	1065	260	1000	20	30
Média	800,00	720,56	830,00	801,67	622,22	615,56	121,89	118,11
Desv. Pad.	438	275	396,64	416,78	520	576	202,13	171,49
Coef. Variação (%)	54,79	38,16	47,79	51,99	83,51	93,64	165,83	145,19

Nos dados da tabela 18 verificar-se uma tendência de crescimento dos valores de turbidez medidos nas duas parcelas de irrigação sem cloração ao longo do período, que os valores medidos na parcela de irrigação com filtro de manta foi sempre inferior aos obtidos na outra parcela, exceto pelo ensaio de número 8. Desta forma, a média da turbidez nesta parcela foi de 10,76 NTU, com desvio padrão de 2,90 NTU e coeficiente de variação de 26,99%. Já na parcela contendo filtro de disco o valor médio para o período foi de 11,67 NTU, o desvio padrão foi de 2,55 NTU e o coeficiente de variação de 21,82%. O desempenho do filtro de manta, com relação a diminuição da turbidez foi, portanto, melhor.

Para as duas parcelas de irrigação em que os sistemas de filtragem receberam cloro, os valores entre os filtros foram próximos, sendo que em alguns ensaios a manta foi melhor e em outros o disco. Os dados estão apresentados na tabela 18. Os valores das médias das medidas para a turbidez nos filtros com cloração foram de 11,76 NTU, desvio padrão de 1,89 NTU e coeficiente de variação de 16,05% no filtro de manta e de 12,05 NTU, desvio padrão de 2,77 NTU e coeficiente de variação de 23% no filtro de disco. Por estes resultados percebe-se que não houve uma grande diminuição da turbidez para os tratamentos com e sem cloro, sendo ainda o tratamento sem cloro um resultado sensivelmente superior.

Para a concentração de sólidos em suspensão, a média obtida nas parcelas com elementos filtrantes sem cloração foram de 17,89 mg*L⁻¹, desvio padrão de 5,05 mg*L⁻¹ e

coeficiente de variação de 28,22% para a manta. A média na outra parcela foi de 18,78 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 5,04 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 26,86%. Assim como verificado em relação aos valores de turbidez da água, a remoção de sólidos suspensos da água foi ligeiramente superior no filtro de manta

Comparando-se as parcelas de irrigação com e sem cloração, as que tiveram tratamento com cloro apresentaram um melhor resultado, como pode ser constatado através dos resultados das médias das concentrações de sólidos suspensos na tabela 18.

No sistema de filtragem com cloração o desempenho do filtro de manta foi um pouco superior que o de disco, já que o primeiro apresentou uma média de 16,61 mg*L⁻¹, com o desvio padrão de 3,33 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 20,07% contra 17,76 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 4,71 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 26,54% no segundo.

Os dados da Tabela 19 mostram uma grande variação das concentrações de algas e bactérias obtidos nesta etapa do experimento para as parcelas de filtros sem cloração. As concentrações de bactérias foram maiores nos ensaios 5 e 6, e as de algas, no primeiro e último ensaio. A concentração média de algas na parcela com filtro de manta foi de 800 algas*cm⁻³, desvio padrão de 438 algas*cm⁻³ e coeficiente de variação de 54,79%. Na parcela com filtro de disco a média atingiu 721 algas*cm⁻³, com desvio padrão de 520 algas*cm⁻³ e coeficiente de variação de 83,51%. Assim como ocorrido na fase anterior a média na parcela de disco foi ligeiramente inferior a obtida na de manta, mostrando portanto, maior eficiência na remoção destes organismos.

Analisando-se os dados da tabela 19, para comparar a eficiência da cloração com relação a remoção de algas nota-se que os filtros sem cloro tiveram um melhor desempenho. Nos filtros que receberam a cloração a média das medidas para a remoção de algas foram de 830 algas*cm⁻³, desvio padrão de 396,64 algas*cm⁻³ e coeficiente de variação de 47,79% para o filtro de manta e de 801,67 algas*cm⁻³, desvio padrão de 416,78 algas*cm⁻³ e coeficiente de variação de 51,99% para o de disco. Nota-se que o filtro de disco foi ligeiramente superior ao de manta com relação a remoção de algas.

Nos resultados da tabela 19 observa-se uma alternância nos dados nas concentrações dos sistemas de filtragem com e sem cloração, sendo que nos ensaios 5 e 9 o sistemas com

cloro foram bem piores para o item bactérias. Isto pode ser explicado pelo fato de neste dia os valores da perda de carga nos filtros com cloração estarem elevadas.

A concentração média de bactérias medida nas parcelas com filtro sem cloração nesta etapa foram 622 bactérias*cm⁻³, com desvio padrão de 520 bactérias*cm⁻³ e coeficiente de variação de 83,51%.para o filtro de manta. Já na outra parcela os valores foram de 616 bactérias*cm⁻³, desvio padrão de 576 bactérias*cm⁻³ e coeficiente de variação de 93,64%. Os valores médios obtidos nas parcelas são muito próximos, mostrando que houve equivalência no desempenho dos filtros manta e disco em relação a remoção das populações de bactérias, para os sistemas de filtragem que não tiveram tratamento com cloro.

Nas parcelas de irrigação que foram tratadas com cloro a eficiência foi bem maior do que sem cloro para as bactérias. Estas observações podem ser verificadas através da tabela 19, onde é bem nítida esta diferença. No mesmo tratamento, os filtros tiveram desempenhos muito próximos, pois a média da medida da concentração de bactérias foi de 121,89 bactérias*cm⁻³, com desvio padrão de 202,13 bactérias*cm⁻³ e coeficiente de variação de 165,83%. Para a outra parcela a média foi de 118,11 bactérias*cm⁻³, desvio padrão de 171,19 bactérias*cm⁻³ e coeficiente de variação de 145,19%.

Nesta etapa como nas anteriores é notório a eficiência da cloração na remoção de bactérias, mas nem sempre com relação a algas, como foi o caso desta fase.

Os resultados contidos nas Tabelas 20 e 21, mostram as variações dos parâmetros da água analisados na quarta etapa da pesquisa.

Tabela 20 - Parâmetros físicos de qualidade de água medidos após os filtros, na quarta etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetro Físicos							
	Sólidos Suspensos				Turbidez			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1-(09/05/02)	17,5	16,5	14	14,5	10,6	10	9,94	11,3
2-(13/05/02)	16	17,5	25,5	13,5	7,89	9,89	10,7	7,56
3-(16/05/02)	20	21	18,5	18,5	8,81	8,83	5,37	6,4
4-(20/05/02)	17,5	19	19,5	20,5	6,41	10,2	9,43	10,6
5-(23/05/02)	22,5	21	20,5	21	11,6	10,6	10,7	11,4
6-(27/05/02)	22	24	22	24,5	9,36	9,54	6,51	12,6
7-(29/05/02)	19	23,5	15,5	19	14,1	11,9	11,1	8,79
8-(04/06/02)	19	22	19	22,5	12,1	11,9	13,5	14,4
9-(06/06/02)	15,5	19	17	17,5	8,1	6,05	4,44	5,91
10-(10/06/02)	18	15,5	16	20	9,01	10,3	9,97	10,8
Média	18,70	19,90	18,75	19,15	9,80	9,92	9,17	9,98
Desv. Pad.	2,31	2,88	3,39	3,38	2,30	1,66	2,84	2,75
Coef. Variação (%)	12,36	14,50	18,10	17,62	23,44	16,75	30,93	27,53

Tabela 21 - Parâmetros biológicos de qualidade de água medidos após os filtros, da quarta etapa.

N de Ensaios e Datas	Parâmetros Biológicos							
	Algas				Bactérias			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1-(09/05/02)	990	1025	950	750	1300	23000	50	90
2-(13/05/02)	845	875	520	480	10000	8600	1900	2600
3-(16/05/02)	590	525	325	420	3900	4500	50	150
4-(20/05/02)	675	745	460	345	890	1100	20	30
5-(23/05/02)	580	390	435	535	1100	1700	10	10
6-(27/05/02)	930	535	1125	745	1500	1700	100	10
7-(29/05/02)	415	355	530	440	190	650	1	10
8-(04/06/02)	480	470	860	460	1400	810	10	10
9-(06/06/02)	725	610	585	630	1800	810	130	10
10-(10/06/02)	680	560	360	500	1400	1100	5	130
Média	691,00	609,00	615,00	530,50	2348	4397	227,60	305
Desv. Pad.	187,08	213,19	269,78	136,37	2852,23	6990,54	589,2	808,20
Coef. Variação (%)	27,07	35,01	43,87	25,71	121,48	158,98	258,8	264,98

De acordo com os resultados da Tabela 20, observa-se uma tendência de crescimento dos valores da concentração de sólidos suspensos na água do primeiro até o sexto ensaio e do sétimo até o final uma ligeira diminuição para os 4 filtros. Já com relação a turbidez, nos 3 primeiros ensaios ocorre uma diminuição e do quarto até o oitavo um aumento para

depois novamente diminuir para todos os filtros. As médias de turbidez, obtidas nas parcelas de irrigação que não receberam cloro foram de 9,8 NTU, com desvio padrão de 2,30 NTU e coeficiente de variação de 23,44% para o filtro de manta, e no disco de 9,92 NTU, com desvio padrão de 1,66 NTU e coeficiente de variação de 16,75%. Observa-se que o desempenho de ambos os filtros foram muito próximos nesta última etapa.

Para os sistemas de filtração com cloro os dados foram muito parecidos aos que não receberam cloro. As médias dos valores encontrados foram de 9,17 NTU, com desvio padrão de 2,84 NTU e coeficiente de variação de 30,93% para a manta, enquanto que no disco foi de 9,98 NTU, com desvio padrão de 2,75 NTU e coeficiente de variação de 27,53%. Nesta etapa conclui-se que o efeito do cloro não teve um resultado significativo com relação a diminuição da turbidez da água dos efluentes dos filtros.

A média das medidas das concentrações de sólidos suspensos nas parcelas de filtros sem cloração foram de 18,70 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 2,31 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 12,3% e no disco de 19,90 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 2,88 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 14,50%. Portanto os filtros comportaram-se de maneira muito semelhante para a remoção de sólidos suspensos nos sistemas de filtração sem cloração.

O mesmo ocorreu nos sistemas de filtração com cloração, onde o valor das médias das concentrações de sólidos suspensos foram de 18,75 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 3,39 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 18,10% para o filtro de manta e de 19,15 mg*L⁻¹, com desvio padrão de 3,38 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 17,62% para o filtro de disco.

Portanto a eficiência da cloração da água de irrigação não mostrou resultados significativos com relação aos parâmetros físicos da água dos efluentes com e sem cloro.

Nos resultados da Tabela 21, nota-se uma grande variação da concentração de algas no decorrer deste período de experimentação, sendo que houve dois picos, no primeiro e sexto ensaio para todos os filtros testados. Na concentração de bactérias houve uma tendência de queda entre o início e o final do experimento para todos os filtros.

Nas parcelas de irrigação onde a água não recebeu cloro, o desempenho entre os filtros foram parecidos, onde a média das medidas da concentração de algas foram de 691 algas*cm⁻³, com desvio padrão de 187 algas*cm⁻³ e coeficiente de variação de 27,07% na manta 609,00 algas*cm⁻³, desvio padrão de 213,19 algas*cm⁻³ e coeficiente de variação de 35,01%. O filtro de disco apresentou um desempenho um pouco superior ao de manta.

Para as parcelas de irrigação tratadas com cloro o filtro de disco foi melhor que o de manta. Os dados mostraram que as médias das concentrações de algas para a manta foi de $615 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $269,78 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 43,87% e o de disco $530 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $136,37 \text{ algas} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 25,71%, ver tabela 21.

As médias das concentrações de bactérias para os filtros sem cloração foram muito diferentes, sendo que o de manta foi muito inferior ao de disco nesta última etapa. Esta diferença foi causada porque no resultado do primeiro ensaio a concentração no filtro de disco foi de 23000 contra 1300 na manta, influenciando muito nos valores da média e do desvio padrão, ver dados na Tabela 21. Os demais dados entre os filtros não oscilaram tanto.

Não foi encontrado uma grande diferença no desempenho entre os filtros que filtraram água clorada, como pode ser visto na Tabela 21. As médias dos valores de concentração de bactérias foram de $589 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $589,21 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 258,88% na manta e de $305 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$, desvio padrão de $808,20 \text{ bactérias} \cdot \text{cm}^{-3}$ e coeficiente de variação de 264,98%. O filtro de disco apresentou um melhor resultado.

Quando compara-se os tratamentos da água de irrigação com e sem cloro, o sistema de filtragem com cloração é muito mais eficiente para a remoção de bactérias presentes na água do efluente. Os resultados obtidos na tabela 21, mostram claramente esta diferença entre os tratamentos.

5.3.1. Análise estatística dos parâmetros físicos e biológicos dos efluentes dos filtros

Foram nomeados três fatores, Filtro, Cloração e Estação, tendo o primeiro 2 níveis (manta e disco), o segundo 2 níveis (com e sem cloração) e o terceiro 4 (inverno, primavera, verão e outono).

Os parâmetros físicos analisados foram sólidos suspensos e turbidez e os parâmetros biológicos algas e bactérias.

Na tabela 22 estão apresentados os resultados referentes à análise de variância das 4 variáveis analisadas.

Tabela 22 - Análise de variância de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias medidos após os filtros.

Variável	Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	Prob. > F.
Sólidos Suspensos	FILTRO	1	15.9668065	1.8873	0.16823
	CLORAÇÃO	1	27.6063799	3.2631	0.06944
	ESTAÇÃO	3	1982.7791123	234.3681	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	0.0262882	0.0031	0.95444
	RESIDUO	137	8.4601053		
	Total	143			
	Média (mg*L ⁻¹)		12.712153		
	Coef. Variação (%)		22.881		
Turbidez	FILTRO	1	7.4030360	1.9056	0.16615
	CLORAÇÃO	1	1.7623558	0.4536	0.50890
	ESTAÇÃO	3	471.8125259	121.4457	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	1.6191569	0.4168	0.52682
	RESIDUO	137	3.8849681		
	Total	143			
	Média (mg*L ⁻¹)		8.046319		
	Coef. Variação (%)		24.496		
Algas	FILTRO	1	0.1022433	0.6837	0.58513
	CLORAÇÃO	1	0.0531201	0.3552	0.55931
	ESTAÇÃO	3	36.1350121	80.5461	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	0.0523818	0.3503	0.56207
	RESIDUO	137	0.1495418		
	Total	143			
	Média (n ⁰ *cm ⁻³)		6.239387		
	Coef. Variação (%)		6.198		
Bactérias	FILTRO	1	1.2841490	0.3367	0.56980
	CLORAÇÃO	1	203.5565549	53.3660	0.00001
	ESTAÇÃO	3	44.1963899	11.5869	0.00002
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	0.0639745	0.0168	0.89251
	RESIDUO	137	3.8143484		
	Total	143			
	Média (n ⁰ *cm ⁻³)		4.945137		
	Coef. Variação (%)		39.494		

Obs: O valor de F foi estimado para um nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 22, o valor médio obtido da variável sólidos suspensos durante o período de experimentação foi de $12,712 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e o coeficiente de variação cerca de 22,881 %. O valor deste coeficiente indica que ocorreu uma grande variação nos valores dos dados, que apresentou uma média de $2,67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no inverno e $19,7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no verão na água depois dos filtros. Ainda com relação à variável sólidos suspensos pode-se afirmar que não houveram diferenças significativas entre a retenção nos quatro filtros, da cloração nos sistemas de filtragem com e sem cloro e o efeito do cloro entre os filtros utilizados na irrigação. Isto pode ser confirmado através da probabilidade de F apresentada na mesma tabela para cada uma destas variáveis foi de 16,82%, 6,94% e 95,44% respectivamente, indicando um valor maior que 5%. É bom salientar que a cloração mostrou um resultado próximo aos 5%.

Com relação a variação dos valores obtidos entre uma e outra estação do ano houve uma grande diferença significativa, com um valor de F de 0.001%, bem menor que 5%.

Nos testes de Tukey para as causas de variações do filtro, cloração e estação, os resultados das médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado e estão apresentados nas tabelas 23, 24 e 25. As diferenças mínimas significativas (D.M.S.) consideradas foram de 5%.

As médias dos valores medidos após os filtros de manta e disco no teste de Tukey, estão na tabela 23, são muito próximas com relação a sólidos suspensos, portanto não foram constatadas diferenças significativas entre os filtros. O mesmo processo ocorreu com relação ao efeito da cloração (Tabela 24). Para as estações do ano (Tabela 25), o teste de Tukey indica que houve diferenças significativas entre as estações do inverno (período que foi obtido o menor valor médio de sólidos suspensos), primavera (valores intermediários) e verão e outono (as maiores concentrações de sólidos suspensos). Entre estas duas últimas estações não houve diferenças significativas, muito provavelmente devido a ação do compressor de ar, ligado às mangueiras instaladas no fundo do reservatório de irrigação e próximo à sucção da bomba. A função desta instalação era justamente promover a suspensão do material depositado no fundo do reservatório. No inverno, quando foram obtidos os menores valores de sólidos suspensos, observa-se baixas precipitações de forma que há pouca movimentação da água, favorecendo a decantação de material suspenso. Na

primavera, com o início das chuvas, houve maior movimentação da água e piorou a sua qualidade, justificando a elevação da concentração de sólidos suspensos totais.

O comportamento da variável turbidez foi muito similar à variação da concentração de sólidos suspensos, porque observou-se uma alta correlação entre estes parâmetros no decorrer desta pesquisa. A média do valor de turbidez medida no período de experimentação para os filtros foi de 8,04 NTU, com coeficiente de variação de 24,49 %, indicando uma alta variação dos dados, que foi em média de 2,83 NTU no inverno e 10,14 NTU no verão na água após os filtros. Este fenômeno se comprova porque constatou-se grande diferença nas medidas de turbidez entre as estações do ano. Na Tabela 23, as médias da turbidez medidas em todos os filtros foram muito próximas, mostrando que não houve diferença significativa entre eles. O mesmo também ocorreu com relação ao efeito da cloração entre os tratamentos (Tabela 24). Na tabela 25 mostra que as variáveis sólidos suspensos e turbidez ocorreu uma diferenciação entre as estações do ano. Os sólidos suspensos no verão e outono não houve diferenças. O comportamento similar entre os valores medidos de turbidez e sólidos suspensos pode ser também explicado pela magnitude de precipitação e queda na qualidade da água após a estação do inverno.

A variação da concentração de algas medidas, após os filtro apresentou uma média de 6,239 mg*L⁻¹ e coeficiente de variação de 6,19 % (Tabela 23). Este valor indica uma pequena oscilação entre os dados. Conforme os resultados apresentados no Tabela 24, verifica-se que as médias de algas obtidas em ambos elementos filtrantes estão muito próximas entre si. O mesmo ocorreu para as médias da cloração para esta variável para ambos os tratamento (Tabela 25). Portanto não foram verificadas diferenças significativas entre os quatro filtros ensaiados, e para o tratamento químico da água de irrigação com e sem cloro para algas. No teste de Tukey apresentado no Tabela 25 , mostra que houveram diferenças significativas entre as estações do ano. Para as médias das estações comprovou-se que houve variações somente em relação à estação do inverno quando comparada às demais. Na primavera ocorreram diferenças em relação ao inverno e outono para os valores médios da concentração de algas medidos. No verão não foram verificadas diferenças significativas com relação a primavera e outono. A diferença ocorrida entre o inverno e verão pode ser pelo desenvolvimento de algas é altamente dependente da radiação solar diária, sendo que no inverno há redução acentuada deste parâmetro.

Para Scatolini (2001), em estudos sobre a eficiência de mantas sintéticas na remoção de algas presentes na água de irrigação, os resultados demonstraram que as mantas não tecidas apresentaram desempenho superior aos elementos de tela e disco, com 35% de remoção de algas, enquanto que os elementos de tela e disco de 130 microns apresentaram 26% de remoção.

O valor médio encontrado da variável bactéria durante o período de experimentação foi de aproximadamente $4.945 \text{ n}^{\circ} \cdot \text{cm}^{-3}$ e o coeficiente de variação de 39,494%. Este valor indica que ocorreu uma grande variação nos valores dos dados, que apresentou uma média de $2438 \text{ n}^{\circ} \cdot \text{cm}^{-3}$ no inverno e $223 \text{ n}^{\circ} \cdot \text{cm}^{-3}$ no verão na água de irrigação (Tabela 22). Nota-se que das quatro variáveis analisadas esta foi a que apresentou o maior coeficiente de variação. O desempenho dos filtros na remoção de bactérias também foi similar ao de algas, de forma que não foi verificada diferença significativa entre as medidas realizadas após a passagem da água pelos elementos filtrantes, embora a média obtida no filtro de manta tenha sido inferior àquela obtida no filtro de disco. Mas nota-se claramente que houve uma grande diferença significativa quando compara-se as médias de cloração para os tratamentos com e sem cloro (tabela 24). Ainda com relação à variável bactérias pode-se afirmar que houveram diferenças significativas entre os tratamentos utilizados na água de irrigação, porque a probabilidade de F apresentada na tabela 22 foi de 0.002% , indicando um valor bem menor que 5%.

Verificou-se variações na concentração de bactérias medidas após os filtros entre as estações do ano. Os resultados do teste de Tukey (Tabela 25) comprovam que ocorreu variações entre a estação da primavera com as demais e não entre inverno, verão e outono.

Nesta análise observaram-se, no entanto, variações sazonais resultantes das variações no meio, sejam por mudanças climáticas ou pela instalação do compressor de ar na sucção do sistema de bombeamento. A análise de variância serviu para comprovar a diferença verificada entre as estações e a cloração.

É importante salientar que nas condições onde se realizou esta pesquisa, utilizou-se água de fontes superficiais, aliado à alta frequência de temperaturas na faixa ótima, para o desenvolvimento de microorganismos (predominantemente algas e bactéria) resulta em um elevado risco de entupimento de origem biológica para sistemas de irrigação por gotejamento. Como foi utilizado a técnica da fertirrigação, que mais que uma opção, se

constitui em uma necessidade em sistemas de irrigação localizados, proveu-se nutrientes para o crescimento adicional de bactérias no sistema de filtragem e mangueiras. O fertilizante utilizado era considerado orgânico e constituiu-se de uma fonte de nitrogênio e matéria orgânica. Resende et al (2001) cita em seu trabalho que o nitrogênio e fósforo fornecidos através da fertirrigação, constituem-se em dois dos principais nutrientes exigidos para o crescimento bacteriano.

Tabela 23 - Valores médios de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias observados na água após os filtros de manta e disco.

Variável	Filtro	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S.
Sólidos Suspensos	Manta	72	12.379167	12.379167	a	0.95805
	Disco	72	13.045139	13.045139	a	
Turbidez	Manta	72	7.819583	7.819583	a	0.64922
	Disco	72	8.273056	8.273056	a	
Algas	Manta	72	6.265999	525.367387	a	0.12737
	Disco	72	6.212775	498.084379	a	
Bactérias	Manta	72	4.850705	126.830519	a	0.64330
	Disco	72	5.039569	153.403462	a	

Tabela 24 - Valores médios de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias observados na água após os filtros de manta e disco com e sem cloração.

Variável	Cloração	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S
Sólidos Suspensos	Sem	72	13.150000	13.150000	a	0.95805
	Com	72	12.274306	12.274306	a	
Turbidez	Sem	72	7.935694	7.935694	a	0.64922
	Com	72	8.156945	8.156945	a	
Algas	Sem	72	6.258546	521.458944	a	0.12737
	Com	72	6.220228	501.817960	a	
Bactérias	Sem	72	6.134081	460.314850	a	0.64330
	Com	72	3.756194	41.785258	b	

Tabela 25 - Valores médios de sólidos suspensos, turbidez, algas e bactérias observados na água após os filtros de manta e disco durante as estações do ano.

Variável	Estação	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S
Sólidos Suspensos	Inverno	36	3.193056	3.193056	c	1.78386
	Primavera	36	10.527778	10.527778	b	
	Verão	36	17.738889	17.738889	a	
	Outono	36	19.388889	19.388889	a	
Turbidez	Inverno	36	3.055555	3.055555	d	1.20883
	Primavera	36	7.984444	7.984444	c	
	Verão	36	11.478611	11.478611	a	
	Outono	36	9.666667	9.666667	b	
Algas	Inverno	36	5.387249	217.601231	c	0.23717
	Primavera	36	6.639891	764.011756	a	
	Verão	36	6.552421	699.939420	ab	
	Outono	36	6.377987	587.741573	b	
Bactérias	Inverno	36	5.952715	383.796696	a	1.19780
	Primavera	36	3.453725	30.617963	b	
	Verão	36	4.783036	118.466503	a	
	Outono	36	5.591072	267.022837	a	

5.3.2. Análise estatística dos valores médios dos parâmetros físicos e biológicos nas 4 fases.

Após a realização das 4 fases verificou-se a similaridade entre o desempenho dos sistemas de filtragem com e sem cloração na remoção das partículas em suspensão na água, sejam de origem orgânica ou inorgânica e turbidez. As Tabelas 26 e 27 apresenta os valores médios dos parâmetros físicos e biológicos analisados para cada fase da pesquisa.

Tabela 26 – Valores médios dos parâmetros físicos para as 4 fases.

Fases	Parâmetro Físicos							
	Sólidos Suspensos				Turbidez			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1	1,9	1,9	0,9	1,75	2,81	2,83	3,22	5,03
2	10,96	11,04	9,50	10,00	7,73	7,59	7,53	7,45
3	17,89	18,78	16,61	17,76	10,76	11,67	11,76	12,05
4	18,7	19,9	18,75	19,15	9,798	9,921	9,166	9,976

Tabela 27 - Valores médios dos parâmetros físicos para as 4 fases.

Fases	Parâmetros Biológicos							
	Algas				Bactérias			
	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro	Filtro Manta	Filtro Disco	Filtro Manta Cloro	Filtro Disco Cloro
1	245	262,5	271	216	1290,7	1668	623,9	555,6
2	905,42	828,75	711,67	700,00	1261,92	1296,08	436,33	456,42
3	800,00	720,56	830,00	801,67	622,22	615,56	121,89	118,11
4	691	609	615	530,5	2348	4397	227,6	305

A tabela 26 mostra o grande crescimento da turbidez e da concentração de sólidos suspensos de uma fase para a outra. A turbidez apresentou um crescimento da primeira até a terceira etapa e uma pequena diminuição na quarta etapa para todos os filtros em ambos os tratamentos com e sem cloro. De acordo com as análises estatísticas dos dados obtidos nesta pesquisa, constatou-se através do teste de Tukey para as médias dos valores de turbidez durante o decorrer do experimento, que houve uma diferença mínima significativa (D.M.S.) entre as 4 estações do ano com um nível de significância de 5% (Tabela 25)

Os valores médios para a concentração de sólidos suspensos nas três primeiras etapas foi similar a turbidez, indicando uma maior tendência de crescimento da primeira até a terceira etapa e diminuindo esta tendência na última etapa. Novamente através do teste de Tukey para as médias das concentrações de sólidos suspensos durante o ano, constatou-se que houve uma diferença mínima significativa (D.M.S.) para um nível de significância de 5% (Tabela 25)

A Tabela 27 mostra a queda contínua dos valores da concentração de bactérias medidas da primeira a terceira etapa e um crescimento na quarta durante o ano. Na última fase no tratamento da água sem cloro houve um aumento bem maior de bactérias em comparação ao com cloro. Estas oscilações entre uma etapa e outra foi constatada com as análises estatísticas de variância e teste de Tukey em item já citado anteriormente onde houve uma diferença mínima significativa entre as épocas do ano. A primavera se diferenciou em relação as demais estações do ano, para um nível de significância de 5% no teste de Tukey (Tabela 25) Houve também diferenças significativas entre tratamento com e sem cloro.

Com relação aos valores de concentração de algas, houve um forte crescimento entre a primeira e segunda fase, e uma posterior queda entre a segunda, terceira e quarta

etapas. Ainda em relação a este mesmo parâmetro biológico os resultados das análises estatísticas indicaram que não houve diferenças entre os tratamentos com e sem cloro dentro das estações, mas somente entre as estações durante o ano.

O fato de não ter ocorrido diferenças significativas devido a cloração nos tratamentos, as algas encontradas no decorrer deste estudo eram resistentes ao cloro, como por exemplo algumas espécies de algas verdes e azuis. A descrição mais detalhada destes microorganismos como, grupo sistemático, significado sanitário e métodos de controle mais econômicos estão explicados no item referente a análises de algas encontradas nas mangueiras e gotejadores de todas as parcelas de irrigação.

De uma forma geral, os menores valores de concentração de algas foram obtidos na parcela com filtro de disco (exceto na primeira fase), e os menores valores de concentração de bactérias na parcela com filtro de manta.

5.4) Análises microbiológicas de algas e bactérias nas mangueiras e gotejadores.

5.4.1. Algas

Decorrido um ano de ensaios, foram realizadas duas análises microbiológicas para determinação dos principais gêneros de algas encontrados nas amostras de água coletadas a partir das mangueiras e gotejadores localizados em cada uma das parcelas, com os quatro tratamentos distintos da água de irrigação.

Nas análises foram encontrados os seguintes gêneros de algas; *Ankistrodemus sp*, *Asterococcus sp*, *Chlorella sp*, *Cylindrospermum sp*, *Dinobryon sp*, *Micrasteria sp*, *Microcystis sp*, *Nitzschia sp*, *Pimularia sp*, *Phytocomis sp*, *Scenedesmus sp*, *Selenastrum sp*, *Synedra sp*, *Staurastrum sp* e *Uronema sp*. As do gênero *Chlorella*, *Selenastrum* e *Scenedesmus* foram também encontradas por Scatolini (2001) em estudos realizados sobre a eficiência de manta sintética não tecida na remoção de algas presentes na água de irrigação.

A Tabela 28 apresenta os gêneros de algas encontrados depois dos sistemas de filtragem nas mangueiras e gotejadores com e sem tratamento químico (cloração).

Tabela 28– Resultados das análises microbiológicas das mangueiras e gotejadores.

Filtro	Tratamento Químico	Gêneros	
		Primeiro Semestre	Segundo Semestre
Manta	Sem Cloração	<i>Selenastrum sp</i>	<i>Chlorella sp, Cyndrospermum sp, Nitzschia sp, Selenastrum sp, Synedra sp, Staurastrum sp.</i>
Disco 130 microns	Sem Cloração	<i>Ankitrodemus sp, Selenastrum sp, Scenedesmus sp, e Microcystis sp</i>	<i>Cyldrospermum sp, Dinobryon sp, Micrasteria sp, Phytoconis sp, Scenedesmus sp, Selenastrum sp, Synedra sp, Staurastrum sp.</i>
Manta	Com Cloração	<i>Selenastrum sp, Scenedesmus sp, Uronema sp e Microcystis sp</i>	<i>Chlorella sp, Selenastrum sp, Staurastrum sp. Pinnularia sp</i>
Disco 130 microns	Com Cloração	<i>Selenastrum sp, Scenedesmus sp, Asterococcus sp e Microcystis sp</i>	<i>Cyldrospermum sp, Selenastrum sp,</i>

5.4.1.1. Caracterização das algas

Ao todo, foram encontrados 15 tipos de algas distintas (Tabela 28). É de extrema importância considerar as características peculiares de cada uma delas, a fim de saber, entre outras coisas, se as algas podem ou não causar variações nas vazões dos gotejadores, obstrução nos filtros e qual deve ser a maneira mais eficiente e econômica de controle. A água que chega aos filtros, freqüentemente, possui um grande número de algas, as quais serão em grande parte retidas. Existem espécies de algas que podem se proliferar dando origem, juntamente com impurezas da própria água, a uma camada biológica nos filtros e nos gotejadores, o que pode prejudicar o desempenho dos equipamentos em questão. Nesta pesquisa utilizou-se fertilizante orgânico que foi injetado na água de irrigação. Este pode promover o desenvolvimento de algas, que poderão formar uma camada biológica prejudicando o desempenho dos filtros e gotejadores.

De acordo com Branco (1986) existem gêneros responsáveis por essas obstruções, em virtude do fato de suas células poderem se agrupar em colônias. As algas azuis, também responsáveis pela obstrução de filtros, podem, até mesmo, crescerem com ou sem a presença de luz no meio.

Segundo Branco (1986), as algas identificadas apresentam as seguintes características:

ANKITRODEMUS SP

- Grupo sistemático – Algas verdes
- Descrição – Células muito finas, aproximadamente retilíneas e longas, solitárias ou formando colônias. De acordo com Bicudo (1970) são células de 10 vezes mais longas que o próprio diâmetro. Este gênero inclui umas 20 espécies no mundo.
- Significado Sanitário – Algumas são características de águas limpas como *Ankitrodemus falcatus var. acicularis*, podendo atingir grande números. Outras vivem em águas poluídas, sendo freqüente em lagoas de estabilização. Juanico et al (1995) pesquisando sobre o efeito de água residuárias no entupimento de filtros de nylon com aberturas de 80µm, encontrou através de análises microbiológicas, algas *Ankitrodemus fal*, cujo tamanho era de 70µm. Esta espécie não representou grande problema com relação a obstrução do filtro. Adin e Sacks (1991), em pesquisa sobre os fatores de entupimentos de gotejadores, utilizando água residuárias na irrigação, encontraram este gênero presente na água.
- Resistência aos algicidas – Muito resistente ao sulfato de cobre e a maioria dos outros algicidas. Tratamento para controle é considerado anti-econômico.

ASTEROCOCCUS SP

Grupo sistemático – Algas verdes

- Descrição – Células esféricas, solitárias ou em colônias, envolvidas, neste caso, por uma matriz (massa gelatinosa que envolve as células de uma colônia). São conhecidas atualmente apenas 3 espécies deste gênero cujo tamanho é aproximadamente 23 µm (Bicudo, 1970).
- Significado sanitário – São algas de superfície que podem ocorrer em grande número, em águas represadas e lagoas naturais.
- Resistência aos algicidas – Dados inexistentes.

CHLORELLA SP

Grupo sistemático – Algas verdes

Descrição – Algas pequenas, verdes, esféricas, isoladas ou formando colônias. Este gênero inclui talvez umas 30 espécies.

- Significado Sanitário – Vivem bem em ambiente poluído por matéria orgânica ou muito rico em sais minerais, sendo freqüente em lagoas de estabilização. Apresentam odor ou sabor de mofo ou de barro. Algumas espécies entopem filtros.
- Resistência aos algicidas – Sensíveis ao sulfato de cobre, DAC (Cloro de dodecilacetamido dimetil benzil amônia) e a Rosamina acetato. Estas algas são muito resistentes ao tratamento com cloro.

CYLINDROSPERMUM SP

- Grupo sistemático – Algas azuis
- Descrição – Filamentos geralmente curtos, revestido de um envoltório mucilaginoso. Conhecem-se atualmente ao redor de 20 espécies deste gênero.
- Significado Sanitário – Algumas espécies podem causar odor de capim ou grama.
- Resistência aos algicidas – Sensível ao sulfato de cobre e às Rosaminas acetato e sulfato. Podem ser controlada com dosagens inferiores a 0,032 mg/L de ditiocarbamato de zinco. Entretanto este algicida tem um elevado grau de toxidez para os peixes mesmo quando as concentrações são de 0,01 mg/L ou menos.

DINOBYRON SP

- Grupo sistemático – Cloroflagelados.
- Descrição – Colônias arborescentes que se locomovem livremente. Este gênero inclui, no momento, ao redor de 25 espécies distribuídas por todo o mundo. É comum principalmente na primavera e outono.
- Significado Sanitário – É um dos gêneros mais nocivos à qualidade das águas. Produz forte odor de peixe ou capim, mesmo quando presentes em número relativamente baixo. Em águas cloradas, produz forte sabor de remédio. Algumas espécies entopem filtros (*D. sertularia*) e a espécie *D. stipitatum* é característica de águas limpas.
- Resistência aos algicidas – Sensíveis ao cloro e sulfato de cobre, especialmente ao último.

MICROCYSTIS SP

Grupo sistemático – Algas azuis, atualmente designadas cianobactérias.

Descrição – Colônias geralmente irregulares, de forma e tamanho muito variáveis, filamentosas, constituídas de número muito variável (desde poucas dezenas até muitos milhares) de células pequenas, cujo tamanho é de aproximadamente 72 µm (Bicudo, 1970). Imersa em abundante massa gelatinosa transparente., são capazes de crescer mesmo no escuro. As células mais velhas possuem no seu interior, inúmeros pseudo-vacúolos¹ gasosos semelhantes a pequenas bolhas , muito refringentes e, por isso facilmente visíveis ao microscópio, os quais são provavelmente responsáveis pela flutuação das colônias, dando origem a extensos fenômenos de floração, em que a água chega a assemelha-se a um espesso “caldo verde”. O fenômeno da floração é provocado pelas algas azuis que formam, quando envelhecem, pseudo-vacúolos gasosos no interior de suas células, diminuindo sua densidade, podendo dar origem à formação de verdadeiras massas ou “ilhas flutuantes”, ou mesmo tapetes de algas cobrindo grandes extensões de água., formando massas ou grumos de vários milímetros de diâmetro, na superfície das águas. Essas massas podem, algumas vezes, ser deslocadas pelo vento, acumulando-se nas enseadas de lagos, junto às margens, onde se decompõem, causando forte mau cheiro. A formação de “floração das águas” em locais próximos a tomada de água geralmente causa distúrbios relacionados com a elevação de pH. Estas algas se desenvolvem bem em águas ricas em nitrogênio e com baixas concentrações de cálcio. Este gênero inclui, ao redor de 25 espécies conhecidas e distribuídas em todo o mundo. Segundo Andrade et al. (1997) o fenômeno de floração ocorre mais comumente nos meses de primavera, verão e princípio de Outono. Essas algas tem um bom desenvolvimento em temperaturas entre 15 ° C e 30° C e pH entre 6 e 9. Esta algas aumentam o risco de formação de compostos organoclorados águas rica em matéria orgânica tratada com cloro.

- Significado sanitário – Dão cor aparente às águas; formam limo; causam corrosão do concreto; persistem no sistemas de distribuição (tubulações, mangueiras, etc.). São

¹ Pseudo-vacúolos – Espaços ociosos, redondos ou irregulares existentes no interior da massa protoplasmática de algumas algas azuis, especialmente daquelas que vivem na superfície da água. Admite-se que estejam cheios de gás.

indicadoras de poluição orgânica, podendo reproduzir-se, intensamente, em lagoas de estabilização. Depósito de limo foi uma das causas de entupimento de gotejadores em estudo feito por Adin e Sacks (1991). O limo com a forma de tufo de longos filamentos como cabeleiras verdes, quando se desenvolvem abundantemente podem causar problemas do desempenho de filtros.

- Resistência aos algicidas – Muito sensível a todos os algicidas, especialmente sulfato de cobre, 2,3 DNQ (2,3 Dicloronaftoquinona) e ZDD (Di metil ditiocarbamato de zinco). É sensível ao cloro, mas afeta a fauna piscícola ou vegetação superior.

SCENEDESMUS SP

Grupo Sistemático – Algas verdes

- Descrição – Células de modo geral elípticas, arranjadas lado a lado em número múltiplo de 2 em um só plano, cujo tamanho é de aproximadamente 32 µm (Bicudo, 1970). São capazes de crescer mesmo no escuro, e indicam poluição orgânica. Acredita-se que existam mais de 150 espécies.
- Significado sanitário – São algas de superfície. Vivem bem em águas de elevado teor mineral (*S. bijugatus*). Podem viver em águas poluídas ou lagoas de estabilização (*S. quadricauda*). A ocorrência da espécie *S. obliqua* indica a presença de cobre. Em geral, persistem nos sistemas de distribuição de água (canalizações de concreto, ferro, mangueiras, etc.)
- Resistência aos algicidas - São muito resistentes à maioria dos algicidas, mas sensíveis ao DAC (cloreto de dodecil acetamido dimetil benzil amônia).

SELENASTRUM SP

Grupo Sistemático – Algas verdes

- Descrição – Células em forma de meia-lua ou foice, tamanho varia entre 20 a 30 μm , reunidas em colônias nas quais se prendem umas às outras, formando agrupamentos de 4, 8, 16 ou mais células. Este gênero compreende 6 ou 8 espécies distribuídas pelo mundo.
- Significado sanitário – São algas de superfície, típicas de lagoas pequenas e águas paradas.
- Resistência aos algicidas – Dados inexistentes. Uma observação importante é que independente deste gênero de alga não ser resistente a algicidas ela foi encontrada nos tratamentos onde se estava fazendo uma cloração da água. Isto pode ser devido a concentração de cloro livre residual presente na água de irrigação não ser o suficiente para o seu controle.

URONEMA SP

Grupo Sistemático – Algas verdes

- Descrição – São células cilíndricas e filamentosas, cujo tamanho é de cerca de 70 μm . Este gênero inclui uma dezena de espécies, aproximadamente.
- Significado sanitário – Essa alga é séssil², em sua origem, porém, freqüentemente, dela se destacam partes, que são encontradas, às vezes em grande número, como pequenos filamentos livres na massa de água. Podem produzir odor de remédio quando em presença de cloro.
- Resistência aos algicidas – Dados inexistentes. Apesar deste gênero de alga não ser resistente a algicidas ela foi encontrada no tratamento da água onde era feito cloração, mas somente no que utilizava filtro de manta.

NITZCHIA SP

Grupo Sistemático – Diatomáceas.

Descrição – As diatomáceas apresentam-se grandemente diversificadas em águas isentas de poluição. Em águas poluídas, há tendência de queda no número de espécies, mas aumento na quantidade de indivíduos de uma mesma espécie, especialmente as mais resistentes.

² Séssil – Que vive preso a um substrato sólido.

Possuem Suas células possuem um envoltório silicoso que não se destrói após a morte das mesmas. Esta característica potencializa a obstrução de filtros.

Significado Sanitário –Resistência aos algicidas – São resistentes ao CMU (3(p-clorofenil)-1, 1 dimetil uréia), e o tratamento com ZDD (dimetil ditiocarbamato de zinco) é restrito já que este componente possui elevado grau de toxidez aos peixes. Podem ser tratadas com a utilização dos seguintes algicidas aos quais são sensíveis: sulfato de cobre, 2.3 DNQ (2,3 dicloronaftoquinona), DAC (cloreto de dodecil acetamido dimetil benzil amônia) em concentrações entre 0,25 e 0,50 mg/L, RADA (rosinamina D acetato) e RADS (rosinamina D sulfato) em concentração de apenas 0,25 mg/L .

SYNEDRA SP

Grupo Sistemático - Diatomáceas.

Descrição - Apresentam células muito longas e estreitas, forma de agulha, raramente encurvadas nas extremidades, algumas vezes capitadas. Frequentemente fusiformes em vista valvar. Geralmente ocorrem isoladas, porém podem formar colônias em forma de estrelas (radiadas), ou em leques (unidas pela extremidade). A face valvar é ornamentada por estrias transversais interrompidas ao longo do eixo mediano, formando pseudo-rafe. Não possuem movimento próprio. Em vista pleural são retangulares. Este gênero apresenta odor característico de capim ou grama, e pode também apresentar odor ou sabor de mofo ou barro. Mas em geral, algas quando em grande quantidade apresentam cheiro de peixe. Quando cloradas produzem odor de remédios.

Significado sanitário - A alta concentração de *Synedra sp* na água, da ordem de milhares de células por mililitro de água, promove frequentes entupimentos nos filtros da água.

Resistência aos algicidas - São sensíveis aos algicidas CuSO₄ (Sulfato de Cobre) e Cl (Cloro). No entanto o tratamento com estas substâncias pode afetar a fauna piscícola ou vegetação superior.

STAURASTRUM SP

Grupo Sistemático - Algas Verdes.

Descrição - Desmidiáceas cuja constrição é geralmente profunda mais sempre em ângulo aberto (maior que 45°). Vistas de lado as hemi-células são geralmente triangulares. Em vista frontal são geralmente triangulares, mas podem ser também poligonais. A superfície da

célula raramente é lisa, apresentando rugosidades ou espinhos com disposição simétricas. Estas algas podem apresentar externamente espinhos, protuberâncias, etc, que, geralmente, têm por função aumentar o atrito entre a água e o organismo o qual é mantido junto à superfície pela viscosidade daquela. Este gênero apresenta odor característico de capim ou grama.

Significado sanitário - é uma das algas mais comuns que habitam a superfície de lagos e represas.

Resistência aos algicidas - Este gênero é resistente ao CuSO_4 (Sulfato de Cobre). Seu tratamento com este algicida pode ser anti-econômico ou produzir odor atico à água.

MICRASTERIA SP

Grupo Sistemático - Algas Verdes.

Descrição - São desmidiáceas unicelulares, isoladas, em geral. As células são bastante achatadas (foliáceas), divididas em 2 hemi-células por meio de uma constrição bastante profunda (ístmio estreito). Possuem ainda recortes profundos, espinhos ou denticulações marginais, que dão às células aspecto de estrela, irregular, embora geralmente simétrica bilateralmente (e não radialmente). Um cromatóforo em cada hemi-célula, também muito característico, acompanhando a forma geral da célula.

Significado sanitário - São mais frequentes em pequenas lagoas ou poças de águas paradas e limpas.

Resistência aos algicidas - Não existem estudos sobre a resistência deste gênero de algas aos algicidas.

PHYTOCONIS SP

Grupo Sistemático - Algas Verdes.

Descrição -Suas células são arredondadas ou elipsoidais, isoladas ou constituindo grupos de poucas células as quais encontram-se comprimidas entre si, formando uma face plana ou duas de ângulo reto. Encontram-se sempre presas às superfícies sólidas, sejam submersas, sejam apenas úmidas, como troncos de árvores, rochas, paredes de tijolo, etc, sendo, talvez, a mais comum de todas as algas verdes nesse ambiente.

Significado sanitário - Crescem presas às paredes de reservatórios e provocam a corrosão do concreto.

Resistência aos algicidas - São sensíveis ao Cloro.

PINNULARIA SP

Grupo Sistemático - Diatomáceas.

Descrição -São bilateralmente simétrica, tanto em vista valvar quanto pleural e não formamcolônias (a não ser excepcionalmente). A face valvar é alongada, com os lados paralelos (as vezes simetricamente ondulados) e extremidades arredondadas (as vezes capitadas). São ornamentadas por costae transversais ou radiais, interrompidas por um campo axial onde se localiza a rafe. Estas costae são canais tubulares na superfície da frústula e cada um se comunica com o interior por um orifício que aparece como uma elipse alongada desenhado no meio das mesmas. A sequência destes orifícios dá a impressão de duas linhas onduladas longitudinais, de cada lado da rafe, cortando as costae. Em vista plural são retangulares.

Significado sanitário - São geralmente flutuantes, frequentes em pequenas lagoas de águas moles; *P. nobilis* e *P. subcapitata* são típicas de águas limpas, sendo que esta espécie e também *P. microstauron*, podem indicar presença de ferro.

Resistência aos algicidas - Não existem estudos sobre a resistência deste gênero de algas aos algicidas.

5.4.2. Bactérias

Nas análises microbiológicas para a identificação dos gêneros de bactérias presentes no orifício de entrada, na parte interna e na saída do emissor das mangueiras dos 4 sistemas de filtragem, foi efetuada com pesquisas para os gêneros *Pseudomonas* e *Micrococcus*. Para as bactérias sulfato redutoras e férricas foi realizado um teste presuntivo para saber se no material coletado havia a presença de bactérias do tipo sulfato redutoras e férricas, mas não foi feita a identificação das mesmas. Os resultados estão apresentados na tabela 29 abaixo.

Tabela 29 - Resultado das análises microbiológicas de bactérias dos gotejadores e mangueiras, para os 4 sistemas de filtragem.

Bactérias	Tratamento químico			
	Sem cloro		Com cloro	
	Filtro de manta	Filtro de disco	Filtro de manta	Filtro de disco
Pseudomonas	1 ufc*mL ⁻¹	1 ufc*mL ⁻¹	1 ufc*mL ⁻¹	1 ufc*mL ⁻¹
Micrococcus	Ausentes em 10 mL			
Sulfato Redutoras	Ausentes em 10 mL			
Férricas	Presentes em 10 mL			

Obs: ufc significa unidade formadora de colônia.

Os resultados mostram que a Pseudomonas e as bactérias férricas estão presentes em todas as amostras analisadas. Isto é devido ao fato de que bactérias do gênero Pseudomonas são oxidantes de Fe⁺², que transforma-o em Fe⁺³, que se precipita. Isto por sua vez ajuda na formação de ferrobactérias, tais como, *Gallionella*, *Leptotrix* e *Crenothrix*, causando a formação de crostas de ferrugem no interior das tubulações, bem como precipitando hidróxido férrico que causa entupimento nos gotejadores.

De acordo com estudos realizados por Gilbert et al. (1982), onde foram realizados vários tipos de tratamentos químicos na água de irrigação com e sem cloro e também com cloro e ácidos, para sistemas de filtração com filtros de tela somente e filtros de areia e tela juntos, constatou-se que a maior causa de entupimentos dos gotejadores foram causados por fatores biológicos onde a maior presença foi da bactéria Pseudomonas. Neste mesmo estudo foram feitas identificações de 10 diferentes tipos de bactérias em gotejadores que receberam e não receberam tratamento químico e em 89% deles constatou-se a presença de Pseudomonas.

Para Gilbert et al. (1981), em trabalhos sobre as principais causas de entupimento em sistemas e irrigação localizada, onde existia um sistema com 1800 gotejadores, menos de 1% dos entupimentos foram causados por fatores físicos e a grande maioria foi devido a fatores biológicos como a presença de limo nos gotejadores.

Foi encontrado nos finais de todas as linhas de gotejadores dos sistemas de filtragem sedimentos de cor avermelhada, que de acordo com Ford et al (1974) estes sedimentos podem conter de 25 a 52% de óxido ferrico e 21 a 42% de matéria orgânica. O sedimento é formado pela oxidação do ferro solúvel na forma de hidróxido de ferro insolúvel. O complexo ferroso pode ser carregado para as linhas de irrigação e contribuir para o problema de entupimento por ferro.

Na Flórida depósitos vermelhos estão associados com as bactérias ferrosas *Gallionella ferruginea*, *Leptothrix ochracea* e *Toxothrix trichogenes*. Os problemas de obstrução nos gotejadores ocorrem sempre que a concentração de ferro na água de irrigação esta na faixa de $0,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. O limiar considerado crítico é de $0,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de ferro na água de irrigação (Ford et al 1974).

5.5) Efeito da cloração nos filtros

Foram coletadas amostras de água após os filtros que receberam a coloração para determinar-se as concentrações de cloro livre e desta maneira comparar em qual dos elementos filtrantes houve um maior consumo. As concentrações foram calculadas para ser de aproximadamente $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de cloro livre após os filtros, conforme a metodologia adotada nesta pesquisa.

As Figuras 40, 41, 42 e 43 mostram os resultados das análises das concentrações de cloro livre das amostras de água coletadas nos diferentes ensaios realizados nas quatro etapas de experimentação para ambos os elementos filtrantes com cloração.

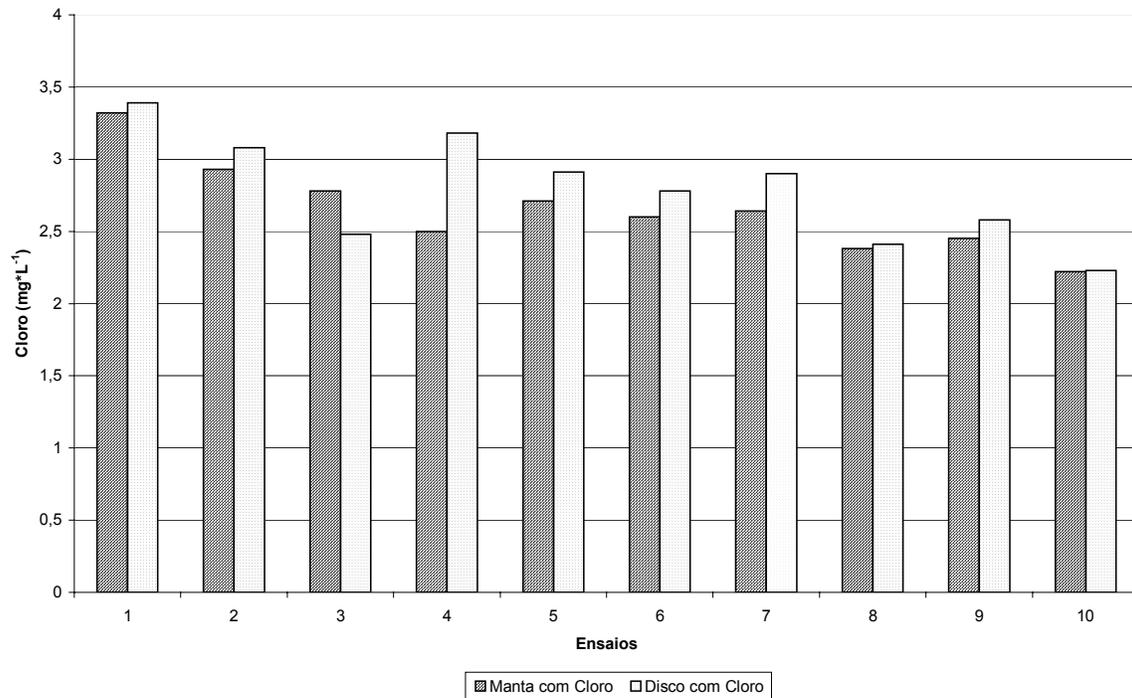


Figura 40– Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na primeira etapa.

Nota-se na figura 40 que as concentrações de cloro livre foram maiores em 9 ensaios no filtro de disco contra 1 no de manta. Durante todo o período desta etapa a concentração de cloro livre sempre foi maior que a calculada para ambos os elementos filtrantes.

O fato das concentrações de cloro livre serem maiores no filtro de disco indica que o mesmo teve um menor consumo em relação a manta. O mesmo também aconteceu quando se fez os cálculos para determinar a concentração de cloro livre na água de irrigação após os sistemas de filtragem. Isto pode ser explicado pelo fato de a manta ter uma maior permeabilidade, causando uma maior retenção de impurezas e assim uma maior quantidade de compostos orgânicos podem ficar retidos e conseqüentemente ocorrer um maior consumo de cloro. Mas os resultados encontrados nesta fase da pesquisa mostraram que o desempenho do filtro de disco foi ligeiramente superior ao de manta, tanto com relação a algas como para bactérias, como já foi visto e discutido em item anterior. Ambos os elementos filtrantes não mostraram diferenças significativas segundo análise estatística realizada nesta pesquisa.

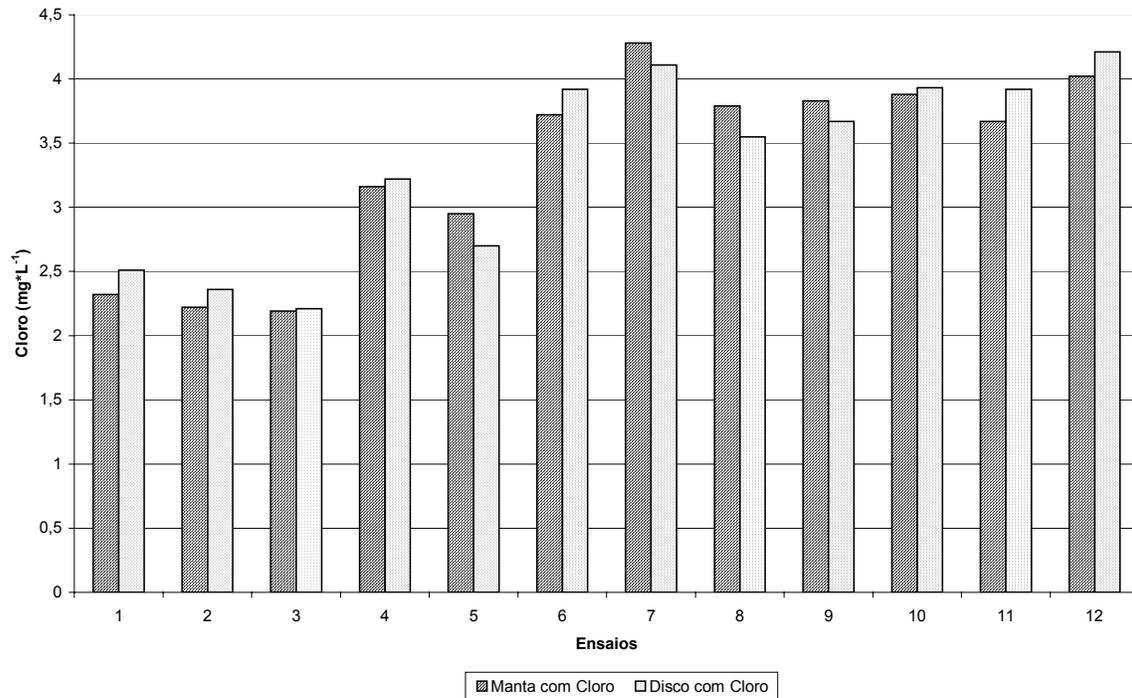


Figura 41- Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na segunda etapa.

Na figura 41, novamente a concentração de cloro livre ficou acima da dosagem calculada durante todo o período de experimentação. Dos 12 ensaios realizados em 8 a concentração de cloro livre na água após o filtro foi superior a manta, enquanto em 4 ensaios ocorreu o contrário. Novamente os elementos filtrantes não apresentaram diferenças significativas entre eles segundo resultados das análises estatísticas, mas o filtro de manta mostrou um desempenho ligeiramente superior ao de disco.

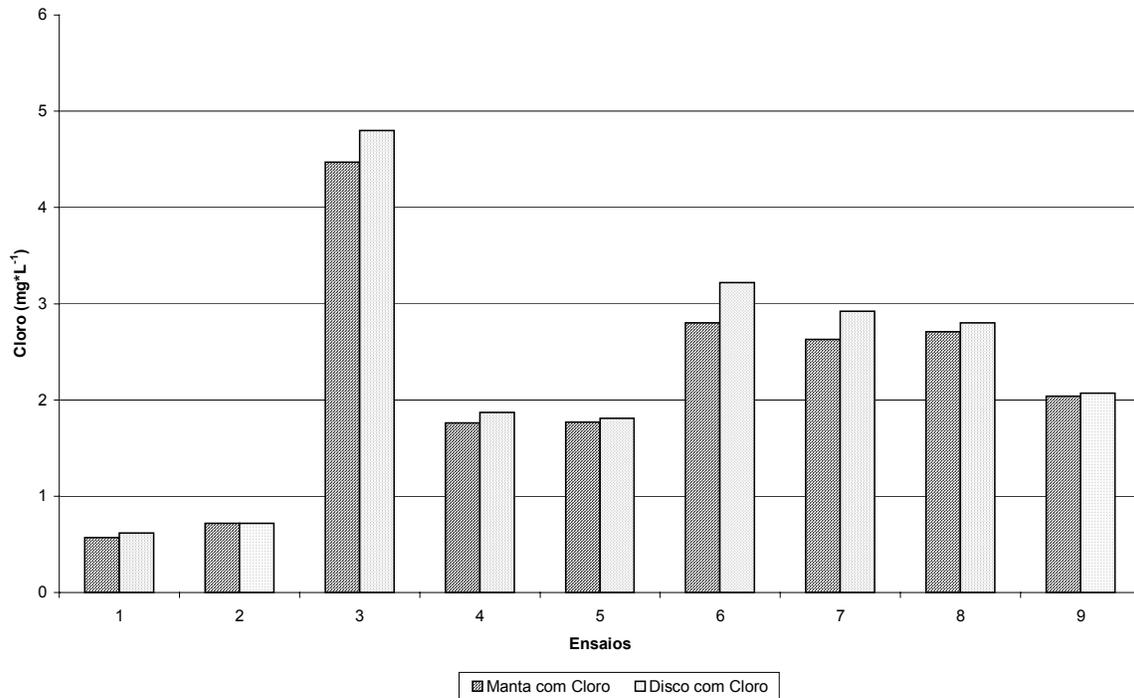


Figura 42- Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na terceira etapa.

Na figura 42, observa-se que com relação a concentração de cloro livre após os filtros os resultados foram praticamente os mesmos que nas etapas anteriores sendo que a única diferença é que nesta em praticamente todos os ensaios a concentração de cloro livre foi maior no filtro de disco. Outra diferença em relação as fases anteriores é que nos ensaios 1, 2, 4 e 5 as concentrações estavam abaixo da calculados após os elementos filtrantes. Nesta etapa a bomba injetora apresentou alguns problemas de sujeira na sua parte interna que pode ter causado problemas na taxa de injeção de cloro. Novamente os dois elementos filtrante não mostraram diferenças significativas entre eles.

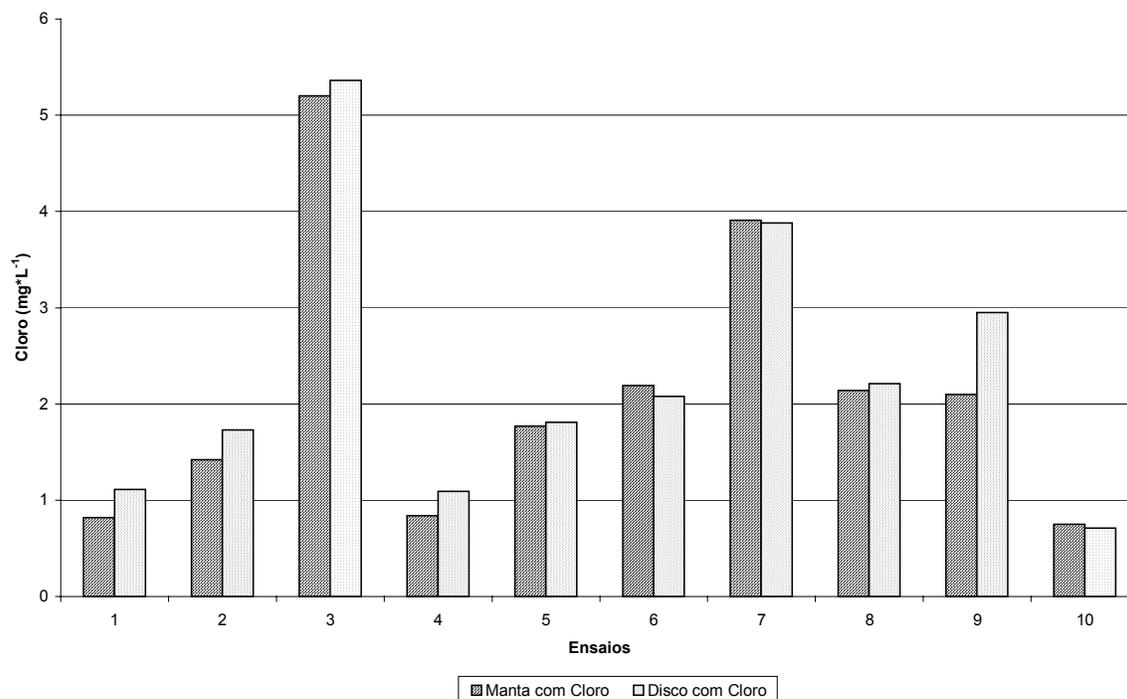


Figura 43- Variação da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco na quarta etapa

A última etapa, que esta representada na figura 43, mostrou resultados semelhantes as etapas anteriores com relação ao filtro de disco que novamente ocorreu uma maior concentração de cloro livre. Nos ensaios 1,2,4,5 e 10 as concentrações estavam abaixo da calculada.

No gráfico da figura 44, apresenta os resultados das médias das concentrações de cloro nas 4 fases da pesquisa. Observa-se nas duas primeiras etapas as médias das concentrações de cloro livre foram maiores e ocorreu uma redução nas outras duas para ambos os filtros. As variações de cloro livre ocorreram devido a variação da qualidade da água ao longo do ano com relação as concentrações de algas e bactérias.

Para Soares & Maia (1999), existem uma série de fatores que influenciam a ação bactericida do cloro, entre os quais pode-se citar; teor de matéria orgânica oxidável, concentração de microorganismos, pH da água, temperatura, tempo de contato e composição química da água (presença de sais de ferro, amônia, etc.)

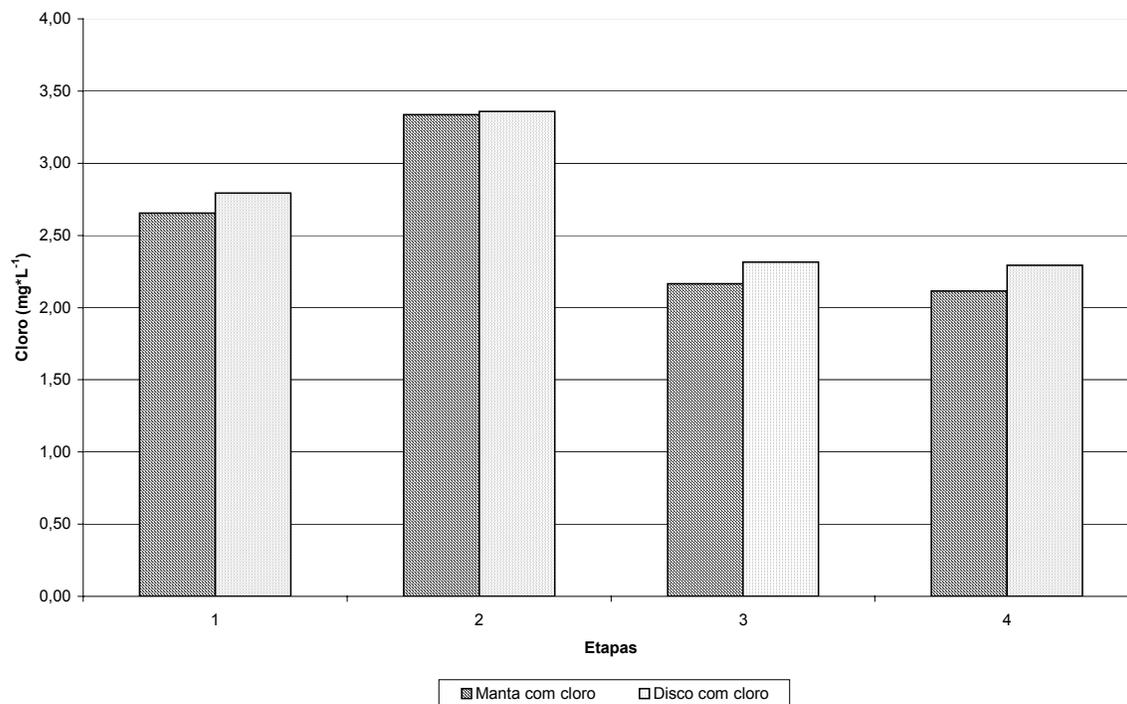


Figura 44– Média da concentração de cloro livre nos filtros de manta e disco para as 4 etapas.

5.9. Correlação entre os parâmetros físicos e biológicos

Foi feita uma análise de correlação entre os parâmetros físicos e biológicos. Para a determinação das equações utilizou-se um programa de computador para ajustar as equações aos dados experimentais que dispõe de 17 modelos. As equações apresentadas na tabela 30 foram as que mostraram os maiores valores de r para todos os parâmetros analisados. As equações que apresentaram os melhores coeficientes de regressão foram os parâmetros turbidez em relação a sólidos suspensos (figura 45), sólidos suspensos em relação a turbidez (figura 46) e algas em relação a sólidos suspensos (figura 47).

Tabela 30 - Equações de correlação entre turbidez, sólidos suspensos, algas e bactérias obtidas por regressão linear.

Equação	r	Tipo de Regressão
$Turb = 1,5029448 * EXP(0,2287658 * SS - 8,98918E-03 * SS^2 + 1279773E-04 * SS^3)$	0.9136	Exponencial Cúbica
$Turb = 5,626083 + 9,519201E-03 * (algas) - 8,366085E-06 * (algas)^2 + 1,881529E-09 * (algas)^3$	0.1754	Cúbica
$Turb = 10,14466 - 5,257253E-03 * (bac) + 2,231529E-06 * (bac)^2 - 2,378188E-10 * (bac)^3$	0.4948	Cúbica
$SS = 0,48075628 * EXP(0,8527342 * Turb - 7,044862E-02 * Turb^2 + 2,013E-03 * Turb^3)$	0.8961	Exponencial Cúbica
$SS = (12,47876 * (algas)) / (426,9933 + (algas))$	0.2610	Hiperbólica
$SS = 14,39259 - 4,524709E-03 * (bac) + 2,402188E-06 * (bac)^2 - 2,838849E-10 * (bac)^3$	0.3413	Cúbica
$algas = 1073,719 * (bac)^{(-0,3750359+(9,317271E-02 * LOG(bac)))}$	0.4130	Alometríca Curvilinear
$algas = - 687,2217 + 643,3348 * Turb - 72,54131 * (Turb)^2 + 2,288628 * (Turb)^3$	0.4749	Cúbica
$algas = -416,6158 + 410,1762 * SS - 32,21755 * (SS)^2 + 0,6948543 * (SS)^3$	0.6783	Cúbica
$bac = 429,7567 * EXP(0,8551679 * Turb - 0,1712639 * (Turb)^2 + 0,0072788 * (Turb)^3)$	0.4380	Cúbica
$bac = 2367,568 * EXP(-0,3622417 * SS + 1,144663 E-02 * (SS)^2 + 5,399501E-05 * (SS)^3)$	0.2710	Exponencial Cúbica
$bac = 42,86393 * EXP(1,3999319E02 * (algas) - 2,244511E-05 * (algas) + 9,078164E-09 * (algas)^3)$	0.4545	Exponencial Cúbica

Obs: Turbidez (Turb), Sólidos Suspensos (SS), Bactérias (bac).

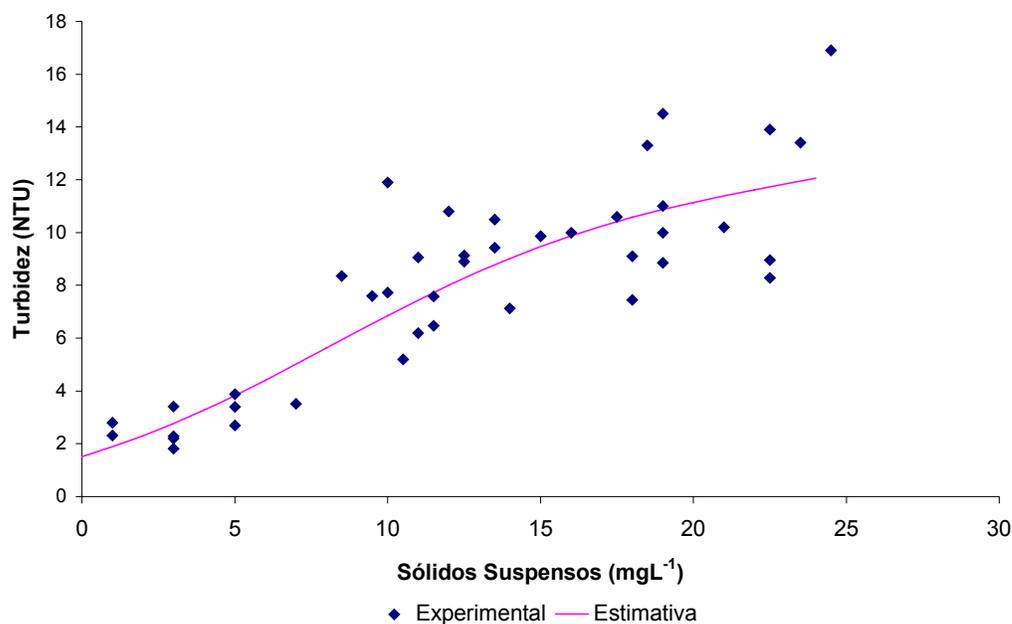


Figura 45– Turbidez versus Sólidos Suspensos.

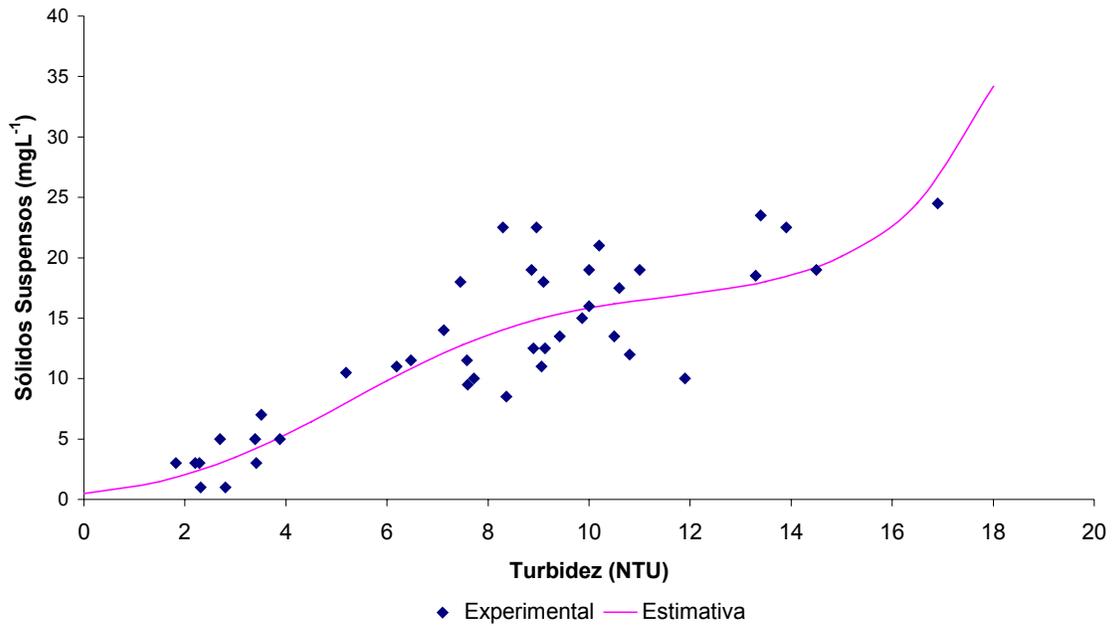


Figura 46– Sólidos Suspensos versus Turbidez

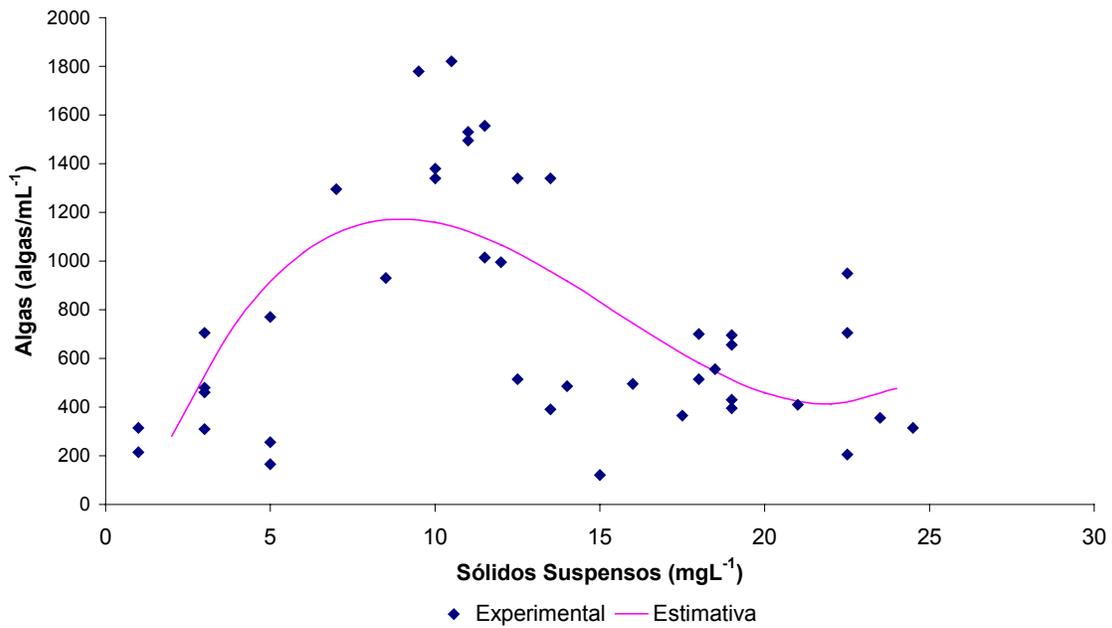


Figura 47– Algas versus Sólidos Suspensos.

A turbidez é um indicador de sólidos suspensos, mas somente a turbidez não é um parâmetro preciso para se determinar o grau de risco de entupimento de emissores para fontes de água superficial (Pitts et al., 1990). Este parâmetro físico deveria ser um parâmetro analisado conjuntamente em teste de filtração em laboratório para poder mensurar o potencial de risco de entupimento de emissores (Gilbert & Ford, 1986).

Silverman et al. 1983, observaram que havia correlação com coeficiente elevado entre alguns parâmetros, tais como: de 0,93 entre o número total de partículas e a concentração de algas; de 0,90 entre o número de partículas na faixa de tamanho de 2 a 4 μm e a concentração total de algas; de 0,93 e 0,96 entre o número de partículas nas faixas de tamanho de 10 a 15 μm e de 15 a 20 μm , respectivamente, com a concentração de algas verdes. Os mesmo autores também citam que as algas também são responsáveis diretas pelo aumento da turbidez.

5.10. Análise dos coeficientes de uniformidade nas 4 etapas

Decorridas as 4 etapas da pesquisa, calcularam-se, para cada ensaio de cada etapa, os diferentes índices de uniformidade de distribuição da água para cada parcela de irrigação.

As Tabelas 31, 32, 33 e 34 mostram todos os resultados dos 5 índices de uniformidade de distribuição de água calculados para cada fase.

Tabela 31 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da primeira fase.

Nº Ensaio e Datas	Filtros	Índices de Uniformidade				
		ns	Dra	Eu	Us	UNIF 36
1 – (29/06/01)	Manta	58,33	102,04	98,38	97,63	97,66
	Disco	15,00	104,18	98,55	97,96	97,98
	Manta com Cloração	16,67	104,69	97,5	97,06	97,86
	Disco com Cloração	18,33	104,07	98,81	97,9	97,97
2 – (02/07/01)	Manta	3,33	111,92	94,17	97,67	98,00
	Disco	8,33	105,32	98,01	97,82	97,70
	Manta com Cloração	6,67	107,8	93,66	95,75	97,39
	Disco com Cloração	3,33	110,44	96,24	97,48	98,08
3 – (05/07/01)	Manta	33,67	115,6	93,36	97,6	97,73
	Disco	8,33	104,98	98,20	97,64	98,24
	Manta com Cloração	25	103,83	96,6	97,92	98,26
	Disco com Cloração	6,66	104,92	90,03	98,03	98,42
4 – (10/07/01)	Manta	33,34	131,25	86,72	97,69	98,42
	Disco	50,00	101,97	97,78	97,44	98,05
	Manta com Cloração	11,67	104,87	98,14	97,71	97,71
	Disco com Cloração	13,33	103,33	95,21	97,72	97,05
5 – (12/07/01)	Manta	3,33	106,57	98,8	98,21	98,60
	Disco	5,00	106,52	98,68	97,81	98,59
	Manta com Cloração	3,33	106,66	99,03	98,32	98,88
	Disco com Cloração	11,67	103,33	94,37	97,93	97,72
6 – (16/07/01)	Manta	26,67	103,73	108,76	98,10	98,00
	Disco	40,00	102,10	96,99	96,79	97,33
	Manta com Cloração	31,67	103,42	101,56	97,94	98,28
	Disco com Cloração	30	103,14	101,05	97,97	97,81
7 – (19/07/01)	Manta	1,67	113,08	98,41	97,64	98,57
	Disco	1,67	112,12	95,89	97,65	98,39
	Manta com Cloração	0	114,31	93,01	97,01	97,18
	Disco com Cloração	3,33	110,67	92,42	96,7	98,56
8 – (23/07/01)	Manta	45,00	102,51	98,10	97,71	97,18
	Disco	11,67	104,91	98,58	97,84	98,27
	Manta com Cloração	10	103,98	97,93	95,94	95,62
	Disco com Cloração	30	101,59	94,41	94,96	94,96
9 – (26/07/01)	Manta	13,33	107,12	96,57	97,56	98,42
	Disco	21,67	101,52	99,61	97,23	97,06
	Manta com Cloração	8,33	106,01	93,32	97,81	97,93
	Disco com Cloração	21,67	101,37	90,86	88,63	97,48
10 – (30/07/01)	Manta	0,00	130,80	88,55	88,55	98,24
	Disco	3,33	113,96	93,52	93,52	96,70
	Manta com Cloração	0	113,72	94,03	94,03	96,42
	Disco com Cloração	5	114,85	90,15	90,15	97,65
Média	Manta	21,87	112,46	96,18	96,84	98,08
	Disco	16,50	105,96	97,58	97,17	97,83
	Manta com Cloração	11,33	106,93	96,48	96,95	97,55
	Disco com Cloração	14,33	105,77	94,36	95,75	97,57

Tabela 32 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da segunda fase.

N ^o Ensaios e Datas	Filtros	Índices de Uniformidade				
		ns	Dra	Eu	Us	UNIF 36
1 – (05/11/01)	Manta	91,67	99,16	116,8	92,73	98,63
	Disco	26,67	108,81	97,95	95,02	96,15
	Manta com Cloração	31,67	101,01	105,87	87,99	95,38
	Disco com Cloração	13,33	110,38	93,8	96,69	95,17
2 – (08/11/01)	Manta	8,33	106,03	109,22	84,12	98,65
	Disco	0	124,47	85,63	97,67	97,99
	Manta com Cloração	18,33	110,18	97,05	97,83	96,14
	Disco com Cloração	0	142,94	72,44	98,18	98,56
3 – (12/11/01)	Manta	5	111,99	103,41	93,85	97,58
	Disco	3,33	115,95	91,92	97,51	97,14
	Manta com Cloração	100	89,4	119,62	97,81	95,5
	Disco com Cloração	48,33	103,02	100,51	97,26	97,63
4 – (14/11/01)	Manta	6,67	107,96	107,28	96,29	98,41
	Disco	10	111,9	95,25	97,32	98,09
	Manta com Cloração	76,67	97,13	110,1	97,29	93,93
	Disco com Cloração	16,67	117,05	88,46	97,82	93,94
5 – (19/11/01)	Manta	8,33	109,08	106,17	95,9	98,26
	Disco	5	114,44	93,13	97,8	97,83
	Manta com Cloração	68,33	99,84	107,11	98,14	98,57
	Disco com Cloração	6,67	138,84	74,58	97,25	96,3
6 – (22/11/01)	Manta	68,33	101,43	114,18	95,82	98,12
	Disco	8,33	111,74	95,38	97,89	97,68
	Manta com Cloração	100	91,44	116,95	98,02	98,94
	Disco com Cloração	10	108,53	95,4	97,66	98,24
7 – (26/11/01)	Manta	25	105,73	109,54	95,73	97,99
	Disco	15	121,5	87,72	92,94	96,25
	Manta com Cloração	50	102,37	104,46	98,28	98,94
	Disco com Cloração	5	109,68	94,4	97,74	98,24
8 – (29/11/01)	Manta	91,67	95,86	120,82	96,41	98,26
	Disco	75	98,16	108,59	95,43	96,25
	Manta com Cloração	100	87,56	122,13	97,37	98,76
	Disco com Cloração	75	98,78	104,82	96,84	98,53
9 – (03/12/01)	Manta	91,67	96,75	119,7	96,45	98,46
	Disco	41,67	107,33	99,31	97,14	96,85
	Manta com Cloração	100	89,93	118,92	97,87	98,76
	Disco com Cloração	53,33	101,72	101,79	95,85	98,53
10 – (06/12/01)	Manta	30,00	105,66	109,61	97,04882	97,81
	Disco	6,67	117,67	90,58	96,10685	95,14
	Manta com Cloração	100,00	93,42	114,47	97,95	98,73
	Disco com Cloração	11,67	109,78	94,32	96,63	96,93
11 – (10/12/01)	Manta	3,33	112,79	97,84	94,33	98,39
	Disco	18,33	108,93	102,69	97,74	94,71
	Manta com Cloração	36,67	104,51	97,84	96,58	98,56
	Disco com Cloração	8,33	110,81	102,32	96,58	96,43
12 – (13/12/01)	Manta	3,33	112,79	102,69	94,33	98,24
	Disco	18,33	108,93	97,84	97,74	98,05
	Manta com Cloração	36,67	104,51	102,32	96,58	96,77
	Disco com Cloração	1,67	119,79	86,43	96,51	97,21
Média	Manta	36,11	105,44	109,77	94,42	98,23
	Disco	19,03	112,49	95,50	96,69	96,84
	Manta com Cloração	68,19	97,61	109,74	96,81	97,42
	Disco com Cloração	20,83	114,28	92,44	97,08	97,14

Tabela 33 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da terceira fase.

N ^o Ensaio e Datas	Filtros	Índices de Uniformidade				
		ns	Dra	Eu	Us	UNIF 36
1 – (28/02/02)	Manta	16,67	107,48	98,07	95,12	97,02
	Disco	18,33	119,19	86,63	95,95	96,95
	Manta com Cloração	15	103,85	97,23	98,12	97,74
	Disco com Cloração	0	133,06	79,88	98,17	98,34
2 – (05/03/02)	Manta	5	130,17	80,97	96,25	97,02
	Disco	1,67	120,19	85,91	96,49	96,69
	Manta com Cloração	11,67	104,71	96,42	97,89	98,49
	Disco com Cloração	0	149,44	71,12	97,79	98,11
3 – (07/03/02)	Manta	10	110,29	95,57	95,62	97,71
	Disco	1,67	127,42	81,03	96,93	97,9
	Manta com Cloração	30	102,68	98,33	97,9	98,11
	Disco com Cloração	0	131,9	80,58	97,62	97,67
4 – (11/03/02)	Manta	21,67	112,56	93,64	94,72	97,66
	Disco	31,67	111,86	92,31	95,41	94,72
	Manta com Cloração	100	95,48	105,75	96,71	98,03
	Disco com Cloração	0	132,88	79,99	98,11	98,73
5 – (14/03/02)	Manta	5	118,38	89,03	95,34	97,21
	Disco	5	121,71	84,84	95,94	95,83
	Manta com Cloração	60	101,17	99,81	95,84	97,19
	Disco com Cloração	0	131,47	80,84	97,51	97,25
6 – (18/03/02)	Manta	18,33	112,24	93,9	94,44	97,33
	Disco	10	110,71	93,27	97,15	97,31
	Manta com Cloração	88,33	99,23	101,76	97,29	97,31
	Disco com Cloração	0	126,29	84,16	97,4	98,3
7 – (21/03/02)	Manta	15	116,01	90,86	91,04	96,65
	Disco	11,67	109,54	94,26	92,55	91,43
	Manta com Cloração	20	103,71	97,36	96,75	96,78
	Disco com Cloração	0	133,9	79,38	97,87	98,39
8 – (25/03/02)	Manta	63,33	106,26	99,19	93,94	97,54
	Disco	6,67	118,39	87,22	97,06	97,42
	Manta com Cloração	93,33	96,35	104,8	86,26	95,54
	Disco com Cloração	0	129,22	82,25	98,04	98,67
9 – (28/03/02)	Manta	43,33	105,09	100,29	94,52	97,59
	Disco	0	119,03	86,75	97,09	97,09
	Manta com Cloração	21,67	114,35	88,3	86,45	95,54
	Disco com Cloração	0	131,76	80,67	98,06	98,67
Média	Manta	22,04	113,16	93,50	94,55	97,30
	Disco	9,63	117,56	88,02	96,06	96,15
	Manta com Cloração	48,89	102,39	98,86	94,80	97,19
	Disco com Cloração	0,00	133,32	79,87	97,84	98,24

Tabela 34 - Resultados dos índices de uniformidade de distribuição de água calculados da quarta fase.

N ^o Ensaios e Datas	Filtros	Índices de Uniformidade				
		ns	Dra	Eu	Us	UNIF 36
1 – (09/05/02)	Manta	13,33	105,74	99,68	93,2	97,33
	Disco	56,67	101,81	101,42	96,34	97,2
	Manta com Cloração	93,33	90,94	111,03	86,66	98,88
	Disco com Cloração	66,67	95,01	111,87	94,48	92,27
2 – (13/05/02)	Manta	81,67	99,82	105,59	86,77	98,17
	Disco	21,67	99,36	103,93	86,06	97,41
	Manta com Cloração	100	83,99	120,22	96,79	97,39
	Disco com Cloração	93,33	92,31	115,14	86,3	79,61
3 – (16/05/02)	Manta	88,33	99,72	105,7	90,1	97,17
	Disco	81,67	99,92	103,34	97	96,96
	Manta com Cloração	95	94,45	106,9	85,1	95,56
	Disco com Cloração	98,33	94,76	112,16	83,3	63,77
4 – (20/05/02)	Manta	68,33	97,95	107,6	87,76	97,4
	Disco	38,33	101,77	101,46	91,64	95,69
	Manta com Cloração	100	94,25	107,12	92,41	93,5
	Disco com Cloração	90	94,08	112,97	92,23	80,89
5 – (23/05/02)	Manta	31,67	99,23	106,22	82,49	97,05
	Disco	21,67	99,26	104,03	96,62	96,87
	Manta com Cloração	100	91,04	110,91	89,63	94,18
	Disco com Cloração	65	94,06	113	86,01	79,49
6 – (27/05/02)	Manta	95	93,05	113,28	90,61	93,64
	Disco	98,33	90,18	114,51	94,48	93
	Manta com Cloração	100	84,05	120,13	90,95	90,75
	Disco com Cloração	66,67	94,64	112,31	93,68	91,11
7 – (29/05/02)	Manta	13,33	107,3	98,23	89,58	95,23
	Disco	65	97,29	106,13	95,42	93,95
	Manta com Cloração	100	87,52	115,37	84,36	95,36
	Disco com Cloração	86,67	95,96	110,77	94,61	92,36
8 – (04/06/02)	Manta	60	98,6	106,9	88,04	98,42
	Disco	75	97,15	106,29	96,78	98,42
	Manta com Cloração	100	93,67	107,79	96,17	98,42
	Disco com Cloração	76,67	92,37	115,07	86,35	98,42
9 – (06/06/02)	Manta	21,67	102,37	102,96	88,13	97,74
	Disco	58,33	96,5	107	86,46	95,74
	Manta com Cloração	98,33	95,61	105,61	97,49	97,67
	Disco com Cloração	85	95,54	111,25	94,71	92
10 – (10/06/02)	Manta	13,33	106,61	98,86	86,02	97,21
	Disco	71,67	98,09	105,27	96,43	95,77
	Manta com Cloração	98,33	96,08	105,09	96,17	95,69
	Disco com Cloração	75,00	95,29	111,55	94,19	91,83
Média	Manta	45,67	101,42	103,89	88,66	96,77
	Disco	65,00	97,38	105,90	93,80	95,88
	Manta com Cloração	97,50	91,14	111,60	91,55	94,48
	Disco com Cloração	74,50	94,92	111,93	89,61	87,79

A partir dos resultados contidos nas Tabelas 31, 32, 33 e 34, foram construídos gráficos com cada índice de uniformidade. Os gráficos das Figuras a seguir mostram a evolução dos coeficientes de uniformidade ao longo do período de ensaios, em cada fase. Procurou-se elaborar gráficos com a maior quantidade de dados possíveis para simplificar a comparação e análise dos resultados. Assim, num mesmo gráfico, e para determinado

índice de uniformidade, é possível ter os resultados de todos os ensaios realizados nas 4 etapas.

O primeiro índice a ser calculado foi o coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us). O gráfico da Figura 48 mostra a variação temporal dos índices calculados nas 4 etapas.

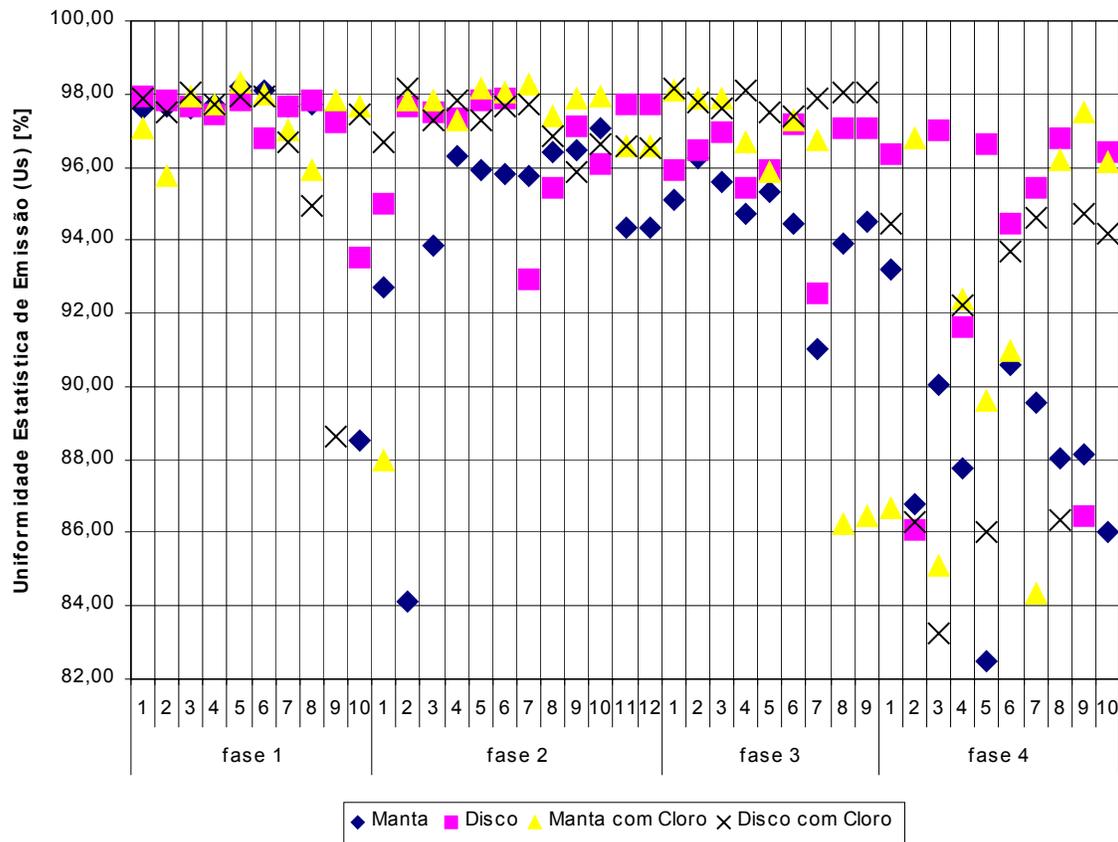


Figura 48 – Variação do coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) durante as 4 fases da pesquisa.

A Figura 48 mostra que o coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) sofreu uma diminuição ao longo do tempo. Os dados da primeira fase mostram que a uniformidade começou a diminuir no final, a partir do oitavo ao décimo ensaio em todas as parcelas de irrigação. Nas parcelas onde continham filtro de manta sem cloro e disco com cloro foram os que apresentaram os menores valores.

No início da segunda fase nota-se um declínio dos dados para todas parcelas de irrigação, sendo que os piores resultados foram nas parcelas que não sofreram tratamento com cloro. As outras duas parcelas que receberam cloro tiveram melhores índices de

uniformidade, sendo que o elemento filtrante de manta foi ligeiramente superior que o de disco com relação a uniformidade estatística de emissão de água nos gotejadores. Nas últimas duas fases houve um declínio progressivo deste índice para todas as parcelas.

Na primeira fase em todas os quatro setores irrigados, o índice esteve oscilando entre 98% a 88 % aproximadamente. Já na próxima etapa, houve uma maior oscilação dos dados para todos setores, onde especialmente no setor que continha o filtro de manta, os resultados variaram de 97% a 84%.

As últimas duas fases observa-se claramente a diminuição do índice para todas as parcelas com e sem tratamento químico da água. Indicando desta maneira que realmente houve uma tendência de entupimento dos gotejadores em todas as parcelas. A parcela com filtro de manta sem cloro mostrou uma maior oscilação nos valores do índice nas duas etapas finais.

A diminuição do índice em todas as parcelas no final da terceira etapa e em toda a quarta etapa está relacionado com a piora da qualidade da água de irrigação principalmente para a concentração de sólidos suspensos e turbidez (figura 32), sulfetos (figura 34) e bactérias (figura 37) .

Segundo a classificação adotada pela ASAE (1989), para o índice de uniformidade estatística de emissão de água (Us) para sistemas de irrigação localizada, todas as parcelas apresentaram valores excelentes na primeira e segunda fase, onde os valores foram acima de 90%. Somente entre as duas primeiras etapas que os valores foram abaixo de 90% para todas as parcelas de irrigação, mas mesmo assim estes valores são considerados bons. Para as duas últimas etapas ocorreu uma grande variação dos dados com uma certa tendência de diminuição do índice para todas as parcelas, mas também considerados bons pela classificação já citada.

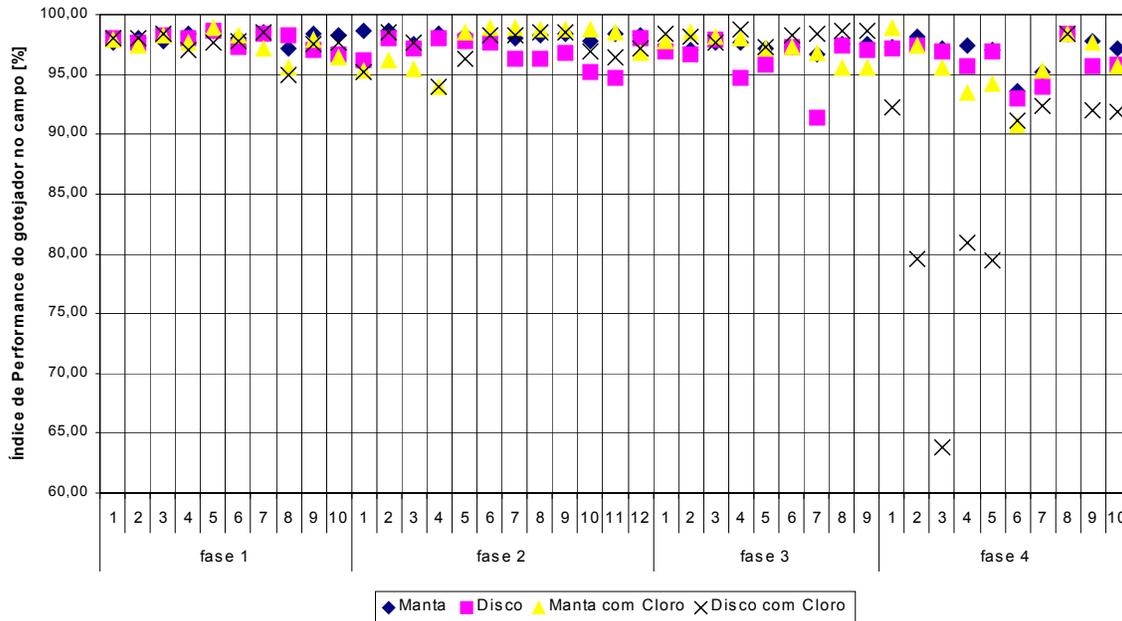


Figura 49- Variação do Índice de Performance do gotejador no campo durante as 4 fases da pesquisa.

Os resultados obtidos no Índice da Performance do gotejador no campo até o final da quarta fase são bastante coerentes, pois, assim como o coeficiente de Uniformidade de Emissão (Us), ele também mostrou uma queda contínua nos valores calculados para todas as parcelas de irrigação ao longo do tempo. O gráfico da Figura 49 mostra a oscilação do índice calculado para todos os setores irrigados com os 4 elementos filtrantes. Nota-se que tanto a variabilidade dos dados quanto a queda dos mesmos é mais pronunciada nas duas fases finais. Nestas, observa-se também maior diferenciação entre os valores obtidos para a parcela contendo os elementos filtrantes com cloro, sendo que na última fase o elemento de disco mostrou uma clara tendência de entupimento no início e melhorou no final. Isto pode ser uma indicação de um entupimento parcial dos gotejadores nesta parcela irrigada. Durante toda a segunda fase de ensaios os valores de uniformidade na parcela com filtro de manta foram maiores que os coeficientes calculados com os dados dos ensaios de vazão realizados na parcela contendo filtro de disco. O menor ocorreu para as parcelas que receberam tratamento químico. Após a realização de todos os ensaios das 4 etapas do experimento, os valores do índice de performance do gotejador nas parcelas com filtro de manta com e sem cloro e disco sem cloro foram considerados excelentes, segundo a classificação proposta por Bralts & Kesner (1983). Somente no setor irrigado com filtro de

disco com cloro mostrou resultados considerados médios e ruins durante a fase 4 nos ensaios 2,3,4 e 5.

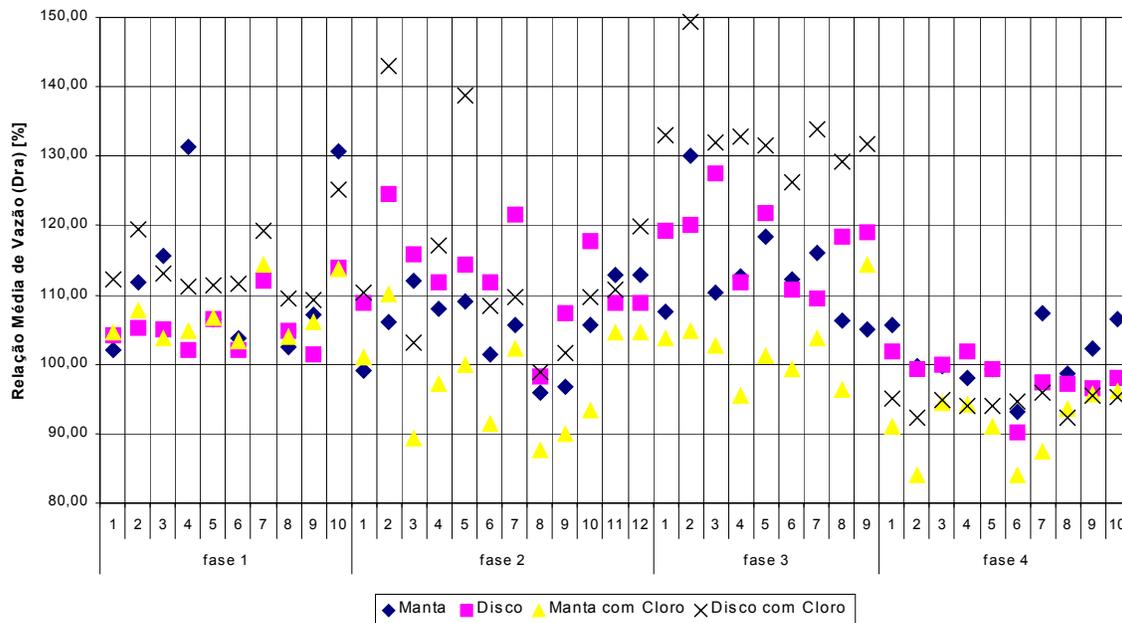


Figura 50 - Variação da Relação das Vazões Médias (Dra) durante as 4 fases da pesquisa.

Nas medidas da relação das vazões médias dos gotejadores (Dra) desenvolvida por Capra & Scicolone (1998), obteve-se nas medidas das vazões dos emissores instalados em todas as parcelas de irrigação dados acima de 100%. Isto significa que a vazão medida no campo foi superior a vazão teórica esperada para os gotejadores. A vazão teórica é estimada através de uma equação que relaciona a pressão com a vazão do gotejador, sendo que para determinação desta equação é feito em teste de laboratório com água limpa.. Em cada ensaio, foi medida a pressão de serviço, para a obtenção da vazão teórica. Esta por sua vez, é relacionada com cada um dos 60 valores de vazão medidos no campo para cálculo deste índice.

O fato dos valores terem ultrapassado 100% de uniformidade pode estar relacionado à erros de precisão nas medidas lidas nos manômetros localizados na entrada de cada parcela. Se por um lado pode-se pensar que as parcelas não apresentam problemas de uniformidade, segundo este parâmetro considerado, há certamente, um desperdício na

quantidade de água aplicada, já que a vazão medida supera a dimensionada segundo a equação do emissor.

Observa-se no gráfico da Figura 50 uma grande variabilidade dos dados e uma alternância constante entre a magnitude dos valores obtidos nas quatro parcelas de irrigação por gotejamento. As maiores variações ocorreram na parcela que continha o filtro de disco com cloro, que variou de aproximadamente 150% na terceira fase para cerca de quase 90% na Quarta. Já na parcela contendo o filtro de manta com cloro os valores mais baixos deste índice de uniformidade foi na fase 4. Para as parcelas sem tratamento químico a que possuía o filtro de manta apresentou os melhores valores do índice de uniformidade durante todo o período da fase 1 em comparação com o de disco, e ocorrendo o contrário na fase subsequente. Nas últimas duas fases houve uma oscilação de valores do índice onde em alguns testes de vazões nas parcelas com filtro de disco, o resultado era melhor e outra vez na parcela com filtro de manta.. Este índice foi o que apresentou as maiores variações de valores durante todos os ensaios nas 4 etapas de experimentação em relação aos outros índices de uniformidade de distribuição de água.

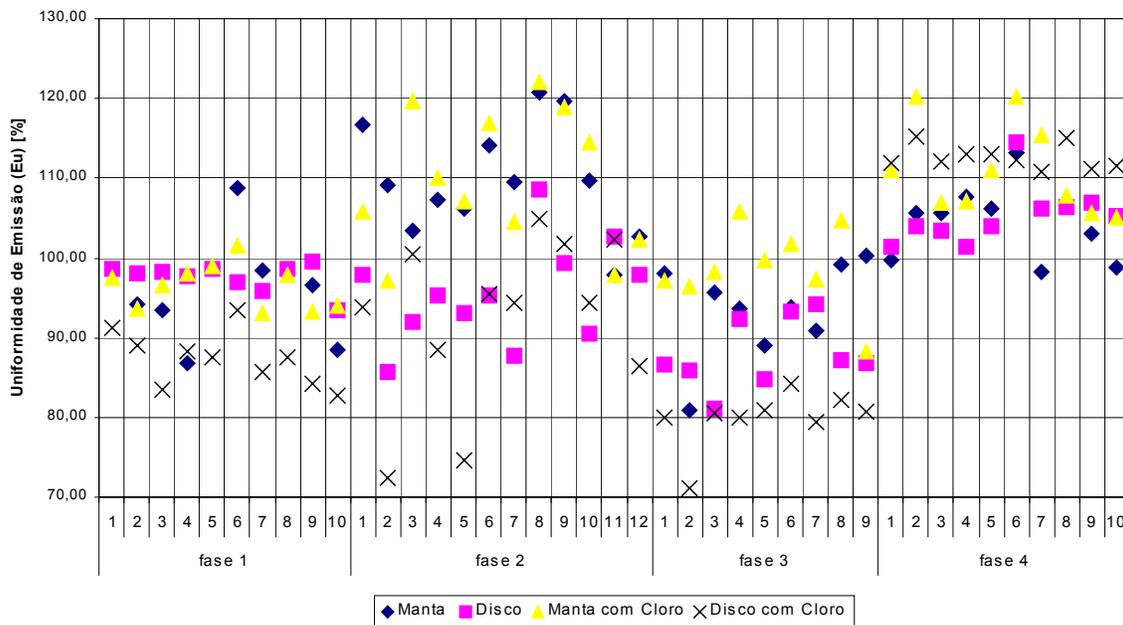


Figura 51- Variação temporal da Uniformidade de Emissão (Eu) durante as 4 fases da pesquisa.

O Gráfico da Figura 51 mostra que o índice de Uniformidade de Emissão desenvolvido por Capra e Scicolone (1998), também apresentou diversos valores acima dos

100%, especialmente na segunda e quarta etapa do experimento. Nota-se que na primeira fase da pesquisa, a parcela com filtro de disco apresentou melhor desempenho no que se refere a uniformidade de emissão de água, já que apresentou resultados mais estáveis e próximos de 100 %, quando comparado aos resultados da parcela contendo filtro de manta. Na segunda etapa, houve grande elevação dos valores de Uniformidade de Emissão obtidos nas duas parcelas de irrigação. Já na terceira etapa, houve queda dos valores, de forma que os índices de uniformidade para todas parcelas estiveram abaixo de 100%. Nesta etapa a uniformidade de Emissão obtida na parcela com filtro de manta foi ligeiramente superior aquela obtida na fase anterior.

Na última etapa houve um aumento significativo dos valores, de forma que os valores dos índices estiveram acima de 100% para todos os setores irrigados durante toda a fase.

Com relação as parcelas que receberam cloro na água de irrigação, o setor que continha o filtro de manta apresentou o melhor desempenho em quase todas as fases, no que se refere ao índice de uniformidade de emissão de água, por apresentar dados próximos de 100% para mais, quando comparado aos valores no setor que continha o filtro de disco.

Este parâmetro é mais consistente que a relação das vazões médias, pois além de relacionar entre si as vazões medidas e esperadas, relaciona também, os menores 25 % valores de vazão medida com a relação ao índice da relação das vazões médias do gotejador (Dra).

O índice de uniformidade de emissão (Eu) pode ser classificado segundo seus autores como alto para todas as fases na parcela com filtro de manta, sendo que no segundo ensaio da terceira fase ocorreu um resultado considerado médio. O mesmo sucedeu nas parcelas com filtro de disco.

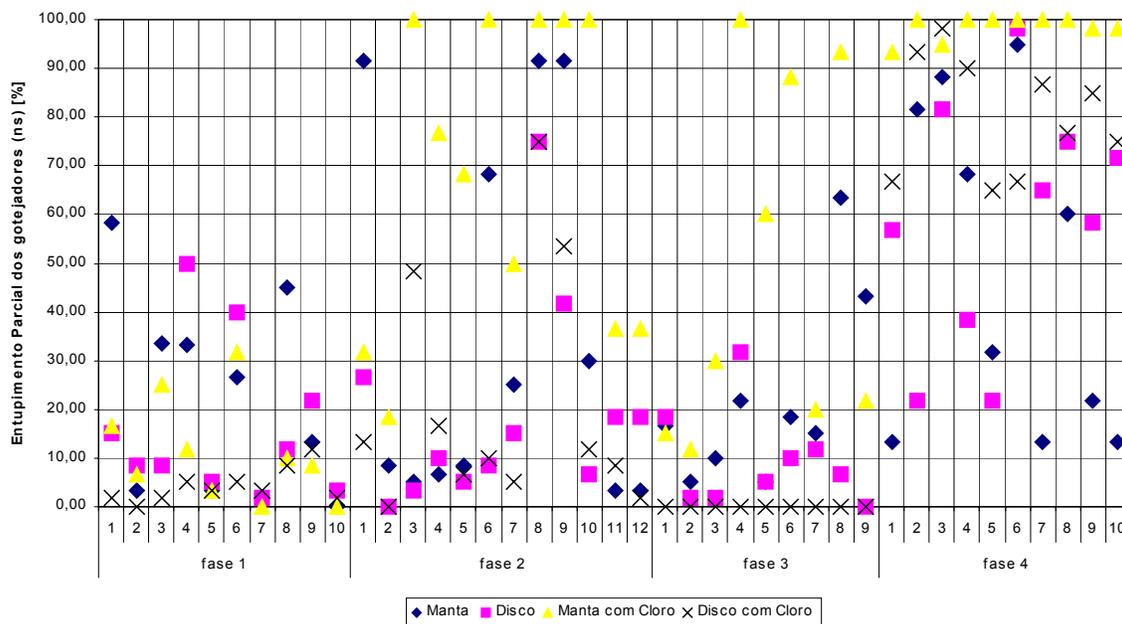


Figura 52 Variação temporal do entupimento parcial dos gotejadores durante as 4 fases da pesquisa.

O gráfico da Figura 52 ilustra o resultado dos valores obtidos para as quatro parcelas de irrigação do índice que quantifica a porcentagem de gotejadores entupidos ou parcialmente entupidos que foi desenvolvida por Capra & Scicolone e utilizada por Rezende (1999). Para o cálculo deste parâmetro, há a comparação entre as vazões medidas em ensaio de campo e vazões teóricas calculadas a partir de determinação da pressão de serviço no momento de coleta dos dados. A parcela contendo filtro de disco foi ligeiramente superior a de manta após a realização dos ensaios das 4 etapas da pesquisa, apresentando um valor médio de entupimento parcial de gotejadores de 27,54 %, contra 31,42% respectivamente. Os maiores valores foram observados predominantemente na segunda fase da experimentação.

Para as parcelas que receberam cloro, o filtro de disco foi superior ao de manta em todas as etapas do experimento, sendo que os menores valores de porcentagem de gotejadores parcialmente ou totalmente entupidos foram observadas na terceira etapa.

Os valores deste índice foram considerados baixos para todas as parcelas de irrigação em todas as fases, sendo que somente na parcela com filtro de disco com cloro na fase 3, o índice foi alto porque o seu valor manteve-se zero em toda a etapa.

Os gráficos da Figuras 53, 54, 55, 56 e 57 mostram a variação dos valores dos índices de uniformidade médios obtidos em cada parcela de irrigação nas 4 etapas realizadas.

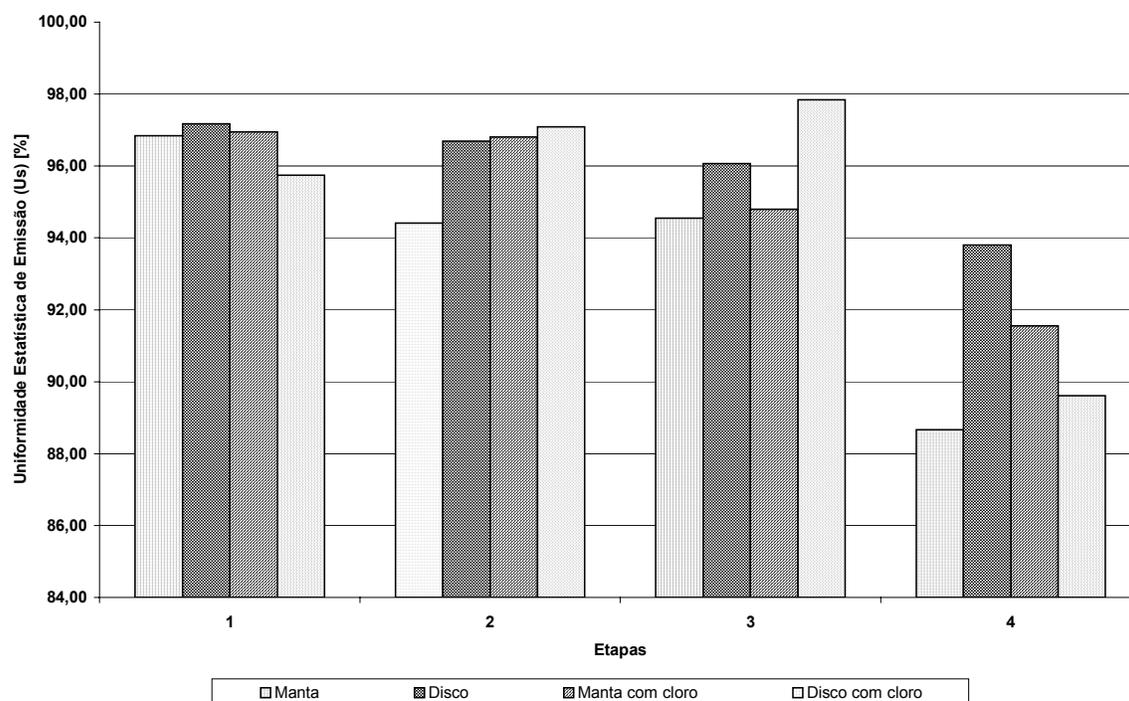


Figura 53– Variação dos valores médios do coeficiente de Uniformidade de Emissão (Us) durante as 4 fases da pesquisa.

O gráfico da Figura 53 mostra que na primeira fase do experimento, não houve diferença entre os valores médios obtidos nas quatro parcelas de irrigação. Com o passar do tempo, a uniformidade de distribuição de água foi diminuindo gradativamente para as parcelas com filtro de disco sem cloro e manta com cloro, sendo que nas etapas 1, 3 e 4 o disco mostrou-se melhor que o de manta para os valores deste índice e na etapa dois os dois tiveram valores muito próximos. A parcela com filtro de manta sem cloro os valores foram diminuindo ao longo das 4 etapas. No filtro de disco com cloro os valores tiveram pequenos acréscimos da primeira até a terceira etapa e na última diminuiu e teve o seu menor valor médio entre as etapas. A ultima etapa foi a que apresentou os menores valores médios do índice de uniformidade estatística de emissão para todas as parcelas.

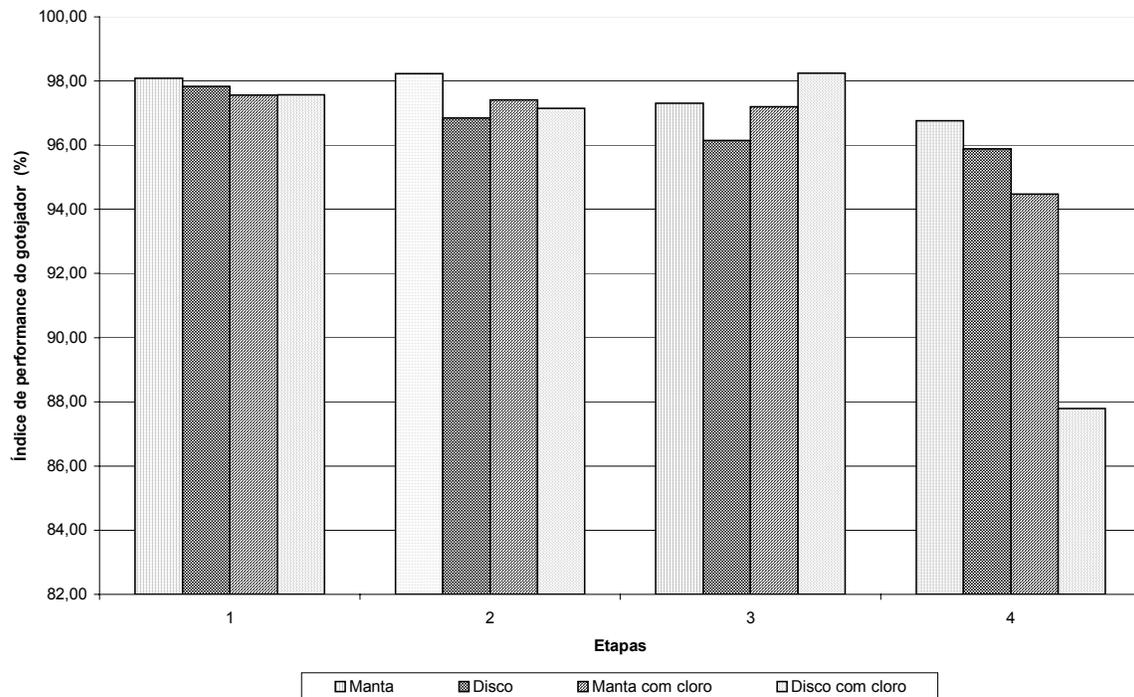


Figura 54- Variação dos valores médios do Índice de Performance dos gotejadores no campo durante as 4 fases da pesquisa.

O Índice de Performance do gotejador no campo também foi equivalente para as quatro parcelas de irrigação na primeira etapa da pesquisa. Já na segunda, terceira e quarta etapas, com o início do entupimento dos gotejadores, houve uma queda nos valores médios deste índice, sendo mais pronunciada naquela contendo filtro de disco sem cloro. Desta forma, a parcela de gotejamento com filtros de manta sem cloro e disco com cloro mantiveram a uniformidade de distribuição de água mais uniforme segundo os resultados dos índices de performance dos gotejadores no campo. Já as parcelas que receberam tratamento químico, a que tinha filtro de manta apresentou valores mais uniformes durante todas as etapas e mostrou valores médios ligeiramente superiores ao de disco.

De acordo com Bralts & Kesner em seu trabalho sobre o desenvolvimento de um índice para a estimativa de uniformidade de distribuição de água no campo, concluiu que este índice calculado através de um programa computacional com 18 amostragens foi considerado viável para a estimativa da uniformidade de distribuição de água no campo. Quando utilizado este método os valores de 80% ou mais são considerados satisfatórios.

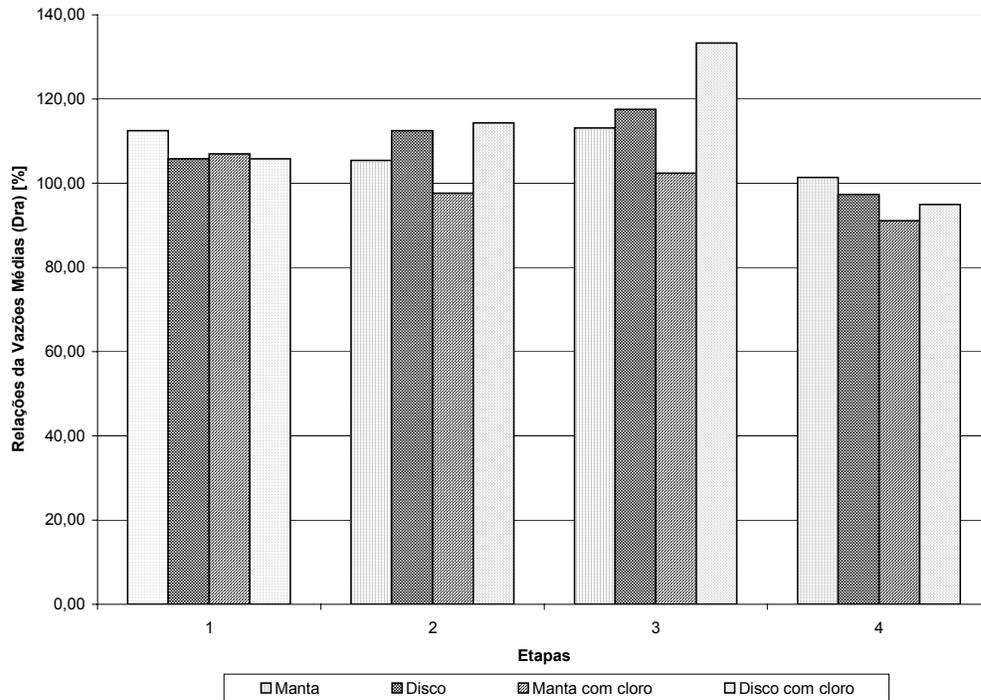


Figura 55– Variação dos valores médios das relações das Vazões Médias durante as 4 fases da pesquisa.

O gráfico da Figura 55 mostra que nas etapas 1 e 2 as médias deste coeficiente de uniformidade calculadas sempre superaram o valor de 100%. Isto significa que a vazão medida no campo foi maior que a esperada teoricamente segundo a equação de vazão em função da pressão dos emissores e a pressão de serviço obtida durante o ensaio. Na primeira e quarta etapa da experimentação, o maior valor médio ocorreu na parcela com filtro de manta, na segunda e terceira na parcela com filtro de disco com cloro.

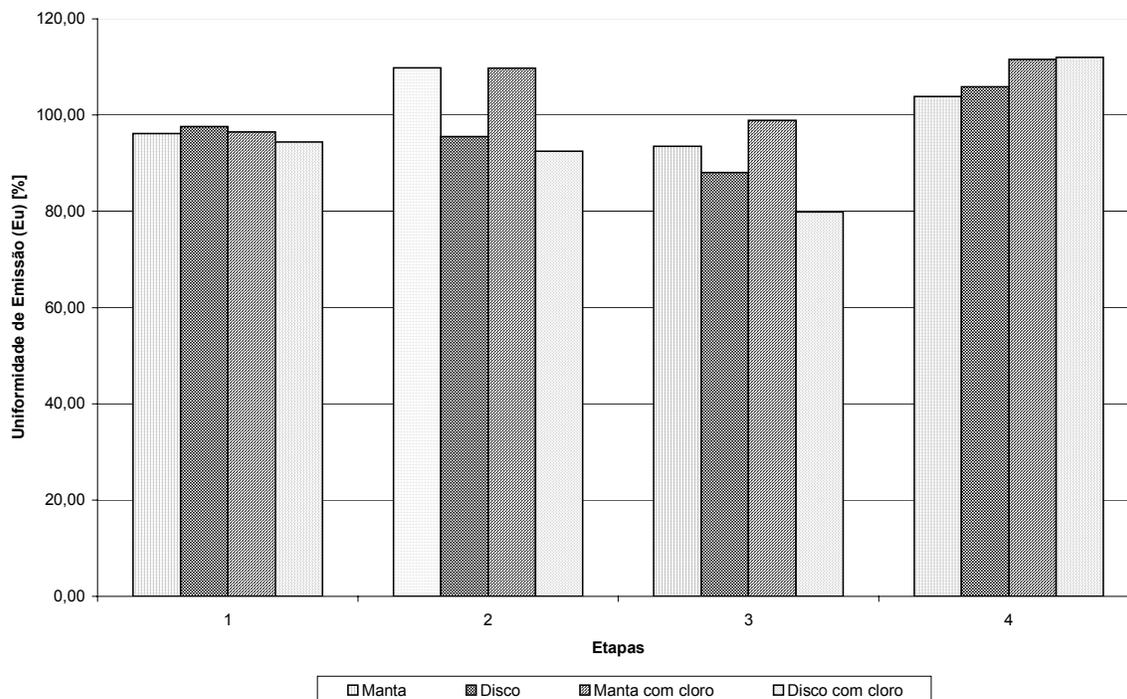


Figura 56– Variação dos valores médios de Uniformidade de Emissão (Eu) durante as 4 fases da pesquisa.

Na primeira etapa do experimento, a parcela contendo filtro de disco apresentou maior uniformidade segundo cálculo da Uniformidade de Emissão. Na segunda e terceira etapas as parcelas com filtros de manta com e sem cloro obtiveram os melhores resultados, sendo que os valores para ambos os filtros foram muito próximos um do outro. Nota-se que os valores foram acima de 100% na fase 2 e os piores valores para todas as parcelas de irrigação ocorreu na fase 3. Já na última etapa novamente os valores para todas as parcelas superaram os 100% e os melhores valores de desempenhos para este índice de uniformidade foram constatados nas parcelas com tratamento químico.

Nas etapas seguintes ocorreu o oposto, na segunda fase o valor médio da Uniformidade de Emissão calculada para a parcela com filtro de manta, superou 100%. Da primeira para a terceira fase de experimentação, verificou-se uma queda contínua na Uniformidade de Emissão obtida na parcela com filtro de disco, o que indica o início de um processo de entupimento dos emissores.

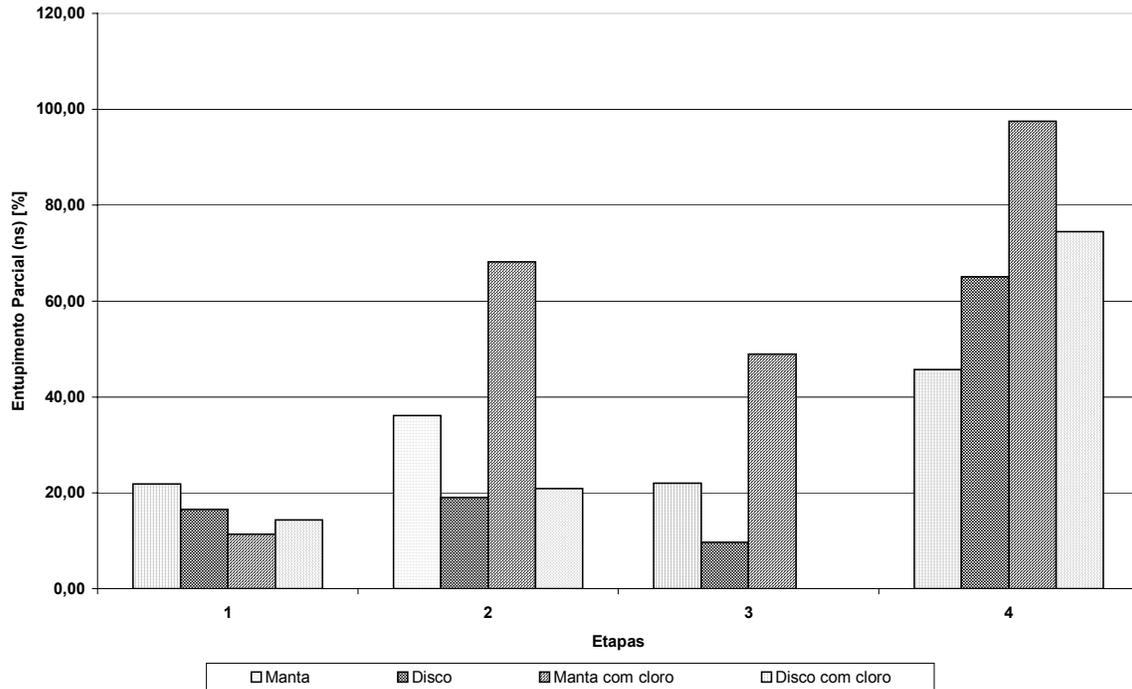


Figura 57– Variação dos valores médios de Entupimento Parcial dos gotejadores durante as 4 fases da pesquisa.

O gráfico da Figura 57 mostra que os gotejadores da parcela contendo filtro de disco com cloro mostrou um menor grau de entupimentos parciais. Na terceira etapa, o resultado dos valores médios foi zero durante o período dos ensaios. Na última a mesma parcela mostrou sinais de obstrução dos emissores em cerca de 88% deles.

A parcela contendo filtro de manta com cloro mostrou as maiores porcentagens de entupimentos na 2,3 e 4 etapas, sendo que na última a parcela mostrou que cerca de 95% dos gotejadores apresentavam algum sinal parcial ou total de obstrução. Ainda nesta mesma etapa todas as parcelas mostraram sinais claros de entupimentos de acordo com os valores médios deste índice de uniformidade.

Através dos valores médios de uniformidade calculados pelos índices de Uniformidade Estatística de Emissão (Us) e Índice de performance dos gotejadores no campo, pode-se comprovar, um processo crescente de obstrução dos emissores, decorrida as quatro etapas da pesquisa. Verificou-se, no entanto, que os resultados obtidos para um ou outro índice foram muito parecidos. É importante notar que o universo amostral para determinação da Uniformidade Estatística de Emissão foi de 60 gotejadores, ao passo que

para o cálculo do Índice de Performance dos gotejadores foram utilizadas 18 amostras. Esta é uma importante observação pois pode-se reduzir o número de amostragem e isto não irá mostrar diferenças significativas entre os resultados se for adotado este índice ou o Índice de Uniformidade Estatística de Emissão (Us).

5.10.1. Análise estatística dos índices de uniformidade

Foram analisadas como variáveis os seguintes índices : ns (Porcentagem Estatística Parcial de Entupimento dos Gotejadores), Dra (Relação das Vazões Médias dos Gotejadores), Eu (Coeficiente de Uniformidade de Emissão), Us (Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão) e UNIF36 (Índice da performance do gotejador no campo).

Os itens Filtro, Cloração e Estação foram considerados os fatores, tendo 2 níveis o primeiro (manta e disco), o segundo 2 níveis (com e sem cloração) e o terceiro 4 níveis (inverno, primavera, verão e outono).

Na tabela 35 estão apresentados os resultados referentes à análise de variância das 5 variáveis analisadas.

O valor médio encontrado da variável ns (Porcentagem Estatística Parcial de Entupimento dos Gotejadores) durante o período de experimentação foi de aproximadamente 38.13% com um coeficiente de variação de 65.%. Este valor de coeficiente de variação indica que houve uma grande oscilação dos dados. Pode-se afirmar que houveram diferenças significativas no valor deste índice entre os filtros, no efeito da cloração nos sistemas de filtragem com e sem cloro, o efeito do cloro entre os filtros utilizados na irrigação e durante as estações do ano. A probabilidade de F apresentado no tabela 35 para cada uma das causas de variações foram de 0.018%, 0.014%, 4.82% e 0.001% respectivamente, indicando um valor bem menor que 5%.

Nos testes de Tukey para as médias de variação dos fatores médias dos filtros, cloração para médias dos filtros com e sem cloro, médias dos filtros na estação, médias de cloração e médias de estação, os resultados das médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significancia indicado e estão apresentados nos tabelas 36, 37, 38, 39 e 40, para os cinco índices de uniformidade analisados. As diferenças mínimas significativas (D.M.S.) consideradas foram para todos eles foi de 5%.

Ainda com relação ao índice ns, as médias apresentadas nos testes de Tukey para as médias entre os filtros mostra uma diferença mínima significativa entre eles (tabela 36), sendo que o filtro de disco foi melhor que o de manta. Com relação as médias dos filtros com e sem cloro que estão apresentados no tabela 37, nota-se que houve diferença significativa entre os filtros que receberam cloração, os que não receberam não houve diferenças significativas. Para os filtros que receberam o cloro o disco apresentou um melhor resultado, com um menor número de gotejadores entupidos parcialmente. As médias de ns com relação ao comportamento dos filtros dentro das estações do ano, cujo os resultados estão no tabela 25, mostra que houve diferenças mínima significativa deste índice na primavera e verão entre os filtros e no inverno e outono não. As estações onde houveram diferenças entre os filtros o disco mostrou-se melhor que o de manta.

Na tabela 39 o efeito da cloração apresentou diferença mínimas significativa nos sistema de filtragem que receberam cloro com os que não receberam, sendo que a do sistema com cloro mostrou um melhor resultado. Esta diferença pode ser explicada pelo ação bactericida do cloro, que logicamente influenciou no número de gotejadores entupimentos. Ocorreu uma grande diferença significativa nos tratamentos dos sistemas de filtragem com e sem cloração em relação a remoção de bactérias (tabela 24). Ainda com relação a este mesmo índice houve variações entre todas as estações do ano, cujo resultados estão mostrados na tabela 40. Isto se deve ao fato da variação da qualidade da água do reservatório ao longo do ano e por causa no tempo de uso dos gotejadores. Porque no inicio da pesquisa que foi no inverno, quando os gotejadores estavam novos, o valor da média de ns era de 17,5% no final e no outono o valor subiu para aproximadamente 72% de gotejadores parcialmente entupidos.

Tabela 35 - Análise de variância para os índices ns (Porcentagem Estatística Total e Parcial de Entupimento dos Gotejadores), Dra (Relação das Vazões Médias dos Gotejadores), Eu (Coeficiente de Uniformidade de Emissão), Us (Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão) e UNIF36 (Índice da performance do gotejador no campo) medidos após os filtros no período de 29/06/2001 a 10/06/2002.

Variável	Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	Prob. > F.
ns	FILTRO	1	10769.5992687	17.5257	0.00018
	CLORAÇÃO	1	7262.4499848	11.8184	0.00114
	ESTAÇÃO	3	22108.6548950	35.9782	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	2379.4883450	3.8722	0.04822
	FILTRO*ESTAÇÃO	3	2262.3994562	3.6817	0.01370
	RESIDUO	134	614.5020726		
	Total	143			
	Média (%)		38.129723		
	Coef. Variação (%)		65.013		
Dra	FILTRO	1	1822.2292720	26.7817	0.00002
	CLORAÇÃO	1	410.6049377	6.0347	0.01459
	ESTAÇÃO	3	2332.1758757	34.2764	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	1190.0845534	17.4909	0.00018
	FILTRO*ESTAÇÃO	3	895.4626482	13.1608	0.00001
	RESIDUO	134	68.0402095		
	Total	143			
	Média (%)		105.939720		
	Coef. Variação (%)		7.786		
Eu	FILTRO	1	1852.4291285	44.3943	0.00001
	CLORAÇÃO	1	28.4764785	0.6825	0.58465
	ESTAÇÃO	3	2118.0502746	50.7601	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	116.2744167	2.7866	0.09342
	FILTRO*ESTAÇÃO	3	709.2704586	16.9980	0.00001
	RESIDUO	134	41.7267157		
	Total	143			
	Média (%)		99.731041		
	Coef. Variação (%)		6.477		
Us	FILTRO	1	54.7432680	5.8774	0.01583
	CLORAÇÃO	1	3.3290656	0.3574	0.55811
	ESTAÇÃO	3	296.2545932	31.8070	0.00001
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	28.5000226	3.0599	0.07875
	FILTRO*ESTAÇÃO	3	14.1688623	1.5212	0.21053
	RESIDUO	134	9.3141398		
	Total	143			
	Média (%)		94.986877		
	Coef. Variação (%)		3.213		
UNIF36	FILTRO	1	94.7988433	8.0684	0.00540
	CLORAÇÃO	1	85.3740216	7.2663	0.00788
	ESTAÇÃO	3	136.9746588	11.6580	0.00002
	FILTRO*CLORAÇÃO	1	25.2207731	2.1466	0.14134
	FILTRO*ESTAÇÃO	3	59.6177723	5.0741	0.00271
	RESIDUO	134	11.7493907		
	Total	143			
	Média (%)		96.467087		
	Coef. Variação (%)		3.553		

Obs: O valor de F foi estimado para um nível de 5% de probabilidade.

Tabela 36 - Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias dos filtros (teste de Tukey).

Variável	Filtro	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S.
ns	Manta	72	46.777779	46.777779	a	8.16773
	Disco	72	29.481666	29.481666	b	
Dra	Manta	72	102.382358	102.382358	a	2.71783
	Disco	72	109.497082	109.497082	b	
Eu	Manta	72	103.317774	103.317774	a	2.12837
	Disco	72	96.144303	96.144303	b	
Us	Manta	72	94.370138	94.370138	b	1.00557
	Disco	72	95.603610	95.603610	a	
UNIF36	Manta	72	97.278471	97.278471	a	1.12940
	Disco	72	95.655695	95.655695	b	

Tabela 37 - Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias dos filtros com e sem cloro do fator cloração (teste de Tukey).

Variável	Cloração		Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S.
ns	Sem	Manta	36	35.611111	35.611111	a	11.55092
		Cl ₂	Disco	36	26.444999	26.444999	
	Com	Manta	36	57.944446	57.944446	a	
		Cl ₂	Disco	36	32.518333	32.518333	
Dra	Sem	Manta	36	106.945830	106.945830	a	3.84360
		Cl ₂	Disco	36	108.311111	108.311111	
	Com	Manta	36	97.818887	97.818887	b	
		Cl ₂	Disco	36	110.683053	110.683053	
Eu	Sem	Manta	36	101.974162	101.974162	a	10.8937
		Cl ₂	Disco	36	96.597221	96.597221	
	Com	Manta	36	104.661387	104.661387	a	
		Cl ₂	Disco	36	95.691386	95.691386	
Us	Sem	Manta	36	93.772778	93.772778	a	3.213995
		Cl ₂	Disco	36	95.895554	95.895554	
	Com	Manta	36	94.967499	94.967499	a	
		Cl ₂	Disco	36	95.311666	95.311666	
UNIF36	Sem	Manta	36	97.630000	97.630000	a	3.62548
		Cl ₂	Disco	36	96.844167	96.844167	
	Com	Manta	36	96.926943	96.926943	A	
		Cl ₂	Disco	36	94.467222	94.467222	

De acordo com o comportamento do índice Dra (Relação das Vazões Médias dos Gotejadores), na análise de variância (Tabela 35), pode-se afirmar que este índice apresentou diferenças significativas para todas as causas de variações. O valor de F sempre foi bem menor de 5%. Sendo que a menor diferença foi com relação ao efeito da cloração dos sistemas de irrigação. Enquanto o índice ns a menor diferença significativa foi em relação ao filtros de manta e disco que receberam cloração.

O valor médio para o índice Dra foi de aproximadamente 105,93%, e com um coeficiente de variação de 7,78%. Nota-se que o valor Dra em média foi maior que 100%. Isto significa que a vazão medida nos ensaios de vazão no campo foi superior a vazão teórica esperada para os gotejadores, para a pressão de serviço medida durante o ensaio de

vazão em laboratório. A equação utilizada para o cálculo da vazão teórica do gotejador foi determinada por Avelino (1999), que apresenta um coeficiente de determinação (r) igual a 0,9767 entre os dados medidos e estimados. Ainda com relação a Dra , as médias apresentadas nos testes de Tukey para as médias entre os filtros mostra uma diferença mínima significativa entre eles, que esta na tabela 36. O filtro de disco mostrou um melhor resultado que o de manta. Para as médias dos sistemas de filtragem com e sem cloração (tabela 37), nota-se que houve variações entre os filtros que receberam cloração e não aos sem cloração. Os filtros que receberam tratamento com cloro o filtro de disco novamente apresentou um melhor resultado. O mesmo também sucedeu com relação a variável ns . As médias de Dra com relação ao comportamento dos filtros dentro das estações do ano, cujo os resultados estão na tabela 38, mostra que houve diferenças mínima significativa deste índice na primavera e verão entre os filtros e no inverno e outono não. O filtro de disco apresentou um melhor resultado em comparação com a manta.

Na tabela 39 o efeito da cloração mostrou diferenças nos sistema de filtragem que receberam cloro com os que não receberam, sendo que o sistema com cloro mostrou um melhor resultado. O índice Dra , de acordo com os resultados apresentados na tabela 37, ocorreu diferenças significativas entre as estações verão, outono e primavera e não entre a primavera e inverno. No verão foi a estação do ano onde ocorreu o maior valor deste índice e no outono o pior valor. Mas independente da época do ano em todas as estações o valor de Dra sempre apresentou um alto valor de uniformidade de distribuição de água, segundo tabela para classificação de alguns índices de uniformidade de distribuição de água para sistema de irrigação localizada de acordo com trabalho desenvolvidos por CAPRA e SCICOLONE (1998).

A variável Eu (Coeficiente de Uniformidade de Emissão), apresentou um valor médio de 99,73% e um coeficiente de variação de 6,477%. Este baixo coeficiente de variação indica que não houve grandes oscilações dos valores deste índice durante o período de experimentação. Neste índice não ocorreu diferenças significativas em duas causas de variações que foi com relação a cloração e o comportamento dos filtro em função da cloração, porque apresentaram valores de F de 58,46% e 9,34% portanto valores maiores que 5%, (tabela 35). Isto pode ser confirmado através dos testes de Tukey para as médias

dos filtros com e sem cloro (Tabela 36) e a média da cloração nos sistemas de filtração (Tabela 37), mostrando que não houve diferenças significativas entre as médias.

Nos testes de Tukey para as médias dos filtros (Tabela 36), mostra diferenças entre os filtros, sendo que o filtro de manta apresentou um melhor resultado. Este resultado difere em relação aos dois índices anteriores, ns e Dra, que indicam um melhor desempenho com relação a uniformidade de distribuição de água para o filtro de disco. As médias dos filtros dentro das estações do ano (Tabela 38), que não apresentaram variações foram no inverno e outono. Já nas estações da primavera e verão houve diferenças significativas das médias. Este resultado foi semelhante aos outros dois índices anteriores analisados.

Na Tabela 38 onde estão as médias do teste de Tukey para as estações do ano, o valor do índice Eu, variou em todas as estações do ano. No outono foi a época onde este índice apresentou o melhor valor e o pior no verão, mas independente dos valores, todos eles representaram um alto valor de uniformidade para este índice de acordo com tabela de classificação desenvolvida por CAPRA e SCICOLONE (1998). Este resultado difere dos outros dois índices anteriores em relação ao outono onde foi os piores valores para ambos os índices e para Eu foi o época onde o valor de uniformidade esteve melhor.

O Eu é mais consistente em comparação com Dra, porque além de relacionar entre si as vazões medidas e esperadas, relaciona também, os menores 25 % valores de vazão medidos com a relação anterior (Dra).

O valor da média para Us (Coeficiente de Uniformidade Estatística de Emissão), foi de 94.98% e o coeficiente de variação de 3,21%. Este foi o índice que apresentou o menor coeficiente de variação, portanto uma menor oscilação nos dados no decorrer do experimento ao longo do ano. Este mesmo índice, apresentou diferenças significativas somente em relação aos filtros e estação do ano, com valores de F de 1.58% e 0.001% respectivamente (Tabela 35) mostrando valores menores que 5%. Os três índices anteriores, também apresentaram diferenças significativas para as mesmas causas de variações. O valor da média deste índice indica uma alta uniformidade segundo as classificações propostas pela American Society of Agricultural Engineers (1989) e Capra e Scicolone (1998).

Os testes de Tukey para as médias dos filtros e estações do ano para Us (Tabelas 32 e 36) mostram que houve diferenças significativas em ambas as causas de variações, sendo

que o filtro de disco mostra um melhor valor de uniformidade que o de manta. Esta análise estatística foi semelhante ao constatado para os três outros índices de uniformidade.

Quando compara-se os resultados dos índices Us e Eu com relação as causas de variações cloração e o comportamento dos filtros com relação a cloração, percebe-se que nos dois índices não houve diferenças significativas e os valores das médias são bem próximos, principalmente com relação a cloração. Este resultados estão apresentados nas tabelas 33 e 35 onde estão os teste de Tukey para as médias entre os filtros com relação a cloração e da cloração, respectivamente.

O índice Us difere dos outros três índices com relação a variação dos filtros dentro de cada estação do ano, pois ele não apresenta diferença mínima significativa no seu valor (tabela 38).

A análise de variância para UNIF36 (Índice da performance do gotejador no campo), que está apresentado no tabela 35, mostra que o valor médio durante o período de experimentação foi de 96,46% com um coeficiente de variação de 3,55%, que foi bem próximo ao encontrado para Us.. Este valor médio de UNIF36 é considerado excelente se de acordo com nomograma para avaliação deste índice desenvolvido por Bralts & Kesner (1983). Ainda com relação a este mesmo índice, ele não apresentou diferenças significativas somente na causa de variação do comportamento dos filtro com relação a cloração, pois o valor de F foi de 14,13%, mostrando um valor maior que 5%. Este resultado da variância se confirma quando verifica-se que o valor das médias do teste de Tukey para o UNIF36 (Tabela 37) mostra que realmente não houve diferenças significativas entre os filtros para os tratamentos com e sem cloro. O mesmo aconteceu para os índices Us e Eu.

Os testes de Tukey para médias dos filtros e cloração, que estão apresentados nas tabelas 32 e 35 respectivamente, mostram variações, sendo que com relação aos filtros o UNIF36 mostrou um melhor resultado para o filtro de manta. O mesmo sucedeu para o Eu. Na cloração verificou-se que o sistema de filtragem que não recebeu cloro deve uma melhor uniformidade para o UNIF36. O mesmo aconteceu para os índices Dra e ns.

O valor da médias dos testes de Tukey, com relação as estações do ano (Tabela 40) mostra que não houve diferenças significativas no UNIF36 nas estações do inverno, primavera e verão e somente no outono que houve diferenças em relação as demais

estações, sendo que o mesmo ocorreu com Us. Nota-se que em todos os índices analisados sempre houveram diferenças em relação as estações do ano, sendo que os piores valores foi para os índices UNIF36, Us, Dra e ns na época de outono. Isto pode ser por causa do tempo de uso dos gotejadores como também das variações ocorridas na qualidade da água durante o ano que foi provocando a piora da maioria dos índices ao longo do tempo. E os melhores resultados de uniformidade sempre foram no inverno onde a água apresenta um menor potencial de entupimento dos gotejadores tanto com relação aos parâmetros biológicos (algas e bactérias) como também aos parâmetros físicos (sólidos suspensos e turbidez).

Tabela 38 - Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias de filtro dentro do fator estação (teste de Tukey).

Variável	Estação		Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S.
ns	Inverno	Manta	18	18.500556	18.500556	a	16.33547
		Disco	18	16.666111	16.666111	a	
	Primavera	Manta	18	57.870555	57.870555	a	
		Disco	18	23.073889	23.073889	b	
	Verão	Manta	18	35.462780	35.462780	a	
		Disco	18	9.019444	9.019444	b	
	Outono	Manta	18	75.277225	75.277225	a	
		Disco	18	69.167219	69.167219	a	
Dra	Inverno	Manta	18	108.298330	108.298330	a	5.43566
		Disco	18	104.804443	104.804443	a	
	Primavera	Manta	18	97.936106	97.936106	b	
		Disco	18	113.624441	113.624441	a	
	Verão	Manta	18	107.778330	107.778330	b	
		Disco	18	123.338888	123.338888	a	
	Outono	Manta	18	95.516666	95.516666	a	
		Disco	18	96.220557	96.220557	a	
Eu	Inverno	Manta	18	96.895552	96.895552	a	4.25674
		Disco	18	96.427219	96.427219	a	
	Primavera	Manta	18	111.623888	111.623888	a	
		Disco	18	93.393331	93.393331	b	
	Verão	Manta	18	96.182773	96.182773	a	
		Disco	18	85.720551	85.720551	b	
	Outono	Manta	18	108.568885	108.568885	a	
		Disco	18	109.036112	109.036112	a	
Us	Inverno	Manta	18	97.572778	97.572778	a	2.87265
		Disco	18	96.972222	96.972222	a	
	Primavera	Manta	18	95.438887	95.438887	a	
		Disco	18	96.889442	96.889442	a	
	Verão	Manta	18	94.677778	94.677778	a	
		Disco	18	96.748884	96.748884	a	
	Outono	Manta	18	89.791111	89.791111	a	
		Disco	18	91.803891	91.803891	a	
UNIF36	Inverno	Manta	18	97.871667	97.871667	a	2.25880
		Disco	18	97.760556	97.760556	a	
	Primavera	Manta	18	97.676670	97.676670	a	
		Disco	18	97.187222	97.187222	a	
	Verão	Manta	18	97.247776	97.247776	a	
		Disco	18	96.832781	96.832781	a	
	Outono	Manta	18	96.317773	96.317773	a	
		Disco	18	90.842221	90.842221	b	

Tabela 39– Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias de cloração (teste de Tukey).

Variável	Cloração	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S
ns	Sem	72	31.028055	31.028055	b	8.16773
	Com	72	45.231389	45.231389	a	
Dra	Sem	72	107.628471	107.628471	a	2.71783
	Com	72	104.250970	104.250970	b	
Eu	Sem	72	99.285691	99.285691	a	2.12837
	Com	72	100.176387	100.176387	a	
Us	Sem	72	94.834166	94.834166	a	1.00557
	Com	72	95.139582	95.139582	a	
UNIF36	Sem	72	97.237083	97.237083	a	1.12940
	Com	72	95.697083	95.697083	b	

Tabela 40– Valores médios dos índices de uniformidade de água para médias de estação (teste de Tukey).

Variável	Estação	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5 %	D.M.S
ns	Inverno	36	17.583334	17.583334	c	15.21062
	Primavera	36	40.472222	40.472222	b	
	Verão	36	22.241112	22.241112	c	
	Outono	36	72.222222	72.222222	a	
Dra	Inverno	36	106.551387	106.551387	b	5.06137
	Primavera	36	105.780273	105.780273	b	
	Verão	36	115.558609	115.558609	a	
	Outono	36	95.868612	95.868612	c	
Eu	Inverno	36	96.661385	96.661385	c	3.96362
	Primavera	36	102.508609	102.508609	b	
	Verão	36	90.951662	90.951662	d	
	Outono	36	108.802499	108.802499	a	
Us	Inverno	36	97.273500	97.273500	a	1.87265
	Primavera	36	96.164164	96.164164	a	
	Verão	36	95.713331	95.713331	a	
	Outono	36	90.797501	90.797501	b	
UNIF36	Inverno	36	97.816111	97.816111	a	2.10326
	Primavera	36	97.431946	97.431946	a	
	Verão	36	97.040278	97.040278	a	
	Outono	36	93.579997	93.579997	b	

5.11 Resultados do ensaio de perda de carga versus vazão entre os filtro de disco e manta com água de abastecimento público.

Com base nos resultados obtidos no ensaio, que estão apresentados na tabela 41, procedeu-se a avaliação da evolução da perda de carga em função da vazão para ambos os filtros, afim de comparar qual apresentava uma menor perda de carga em função da variação da vazão.

Tabela 41– Resultados do ensaio da perda de carga (Kpa) versus vazão (m³/h) para filtros de disco de 130 microns e manta sintética não tecida, com água limpa.

Vazão [m ³ /h]	Filtro de Manta (kPa)	Filtro de Disco(kPa)
0,5	0,47	1,08
1	0,80	2,35
1,5	3,27	4,70
2	6,46	6,96
2,5	8,80	9,70
3	12,33	14,21
3,5	15,66	18,82
4	23,19	23,82
4,5	29,19	30,39
5	36,00	37,06
5,5	47,28	43,83
6	58,86724	52,85

Observou-se que apesar da semelhança das perdas de carga apresentadas entre os filtros, o de disco apresentou maiores valores de perda de carga para vazões de 0 até quase 5 m³/h, mudando esta tendência para valores até 6 m³/h (tabela 41).

Foi utilizado um programa de computador para se fazer o ajuste dos dados experimentais para ambos os filtros para se obter a equação de uma curva que melhor representa os seus respectivos comportamentos hidráulicos.

As equações 3 e 4 são referentes ao filtro de manta e disco, respectivamente. O modelo de ajuste estatístico para o filtro de manta foi cúbico com um valor de r² de 0,992, e para o filtro de disco o modelo foi exponencial cúbico com r² de 1.

$$\Delta H = -1,536399 + (3,111444 * Q) + (-1,746385 * Q^2) + (0,2219669 * Q^3) \text{ Equação 3}$$

$$\Delta H = 0,4340459 * e^{(2,050188*Q)+(-0,3913961*Q^2)+0,0320546*Q^3} \text{ Equação 4}$$

Onde:

ΔH – Perda de Carga Diferencial do Filtro (Kpa);

Q - Vazão (m³/h).

5.12. Perda de carga nos filtros nas 4 etapas

As Figuras 58, 59, 60 e 61 contêm os resultados das 4 etapas da pesquisa referentes à evolução da perda de carga localizada nos 4 filtros de irrigação ao longo do tempo.

O gráfico final é semelhante à figura do dente de serra, onde há crescimento da perda de carga contínuo até um momento em que há uma queda abrupta. Em seguida, há novo crescimento seguido de nova queda, e assim sucessivamente. As quedas mais bruscas, em que a perda de carga retorna a um valor abaixo de 20 kPa representam os momentos de lavagem do elemento filtrante, ao passo que quedas de menor intensidade representam apenas a transição entre um turno e o seguinte de irrigação.

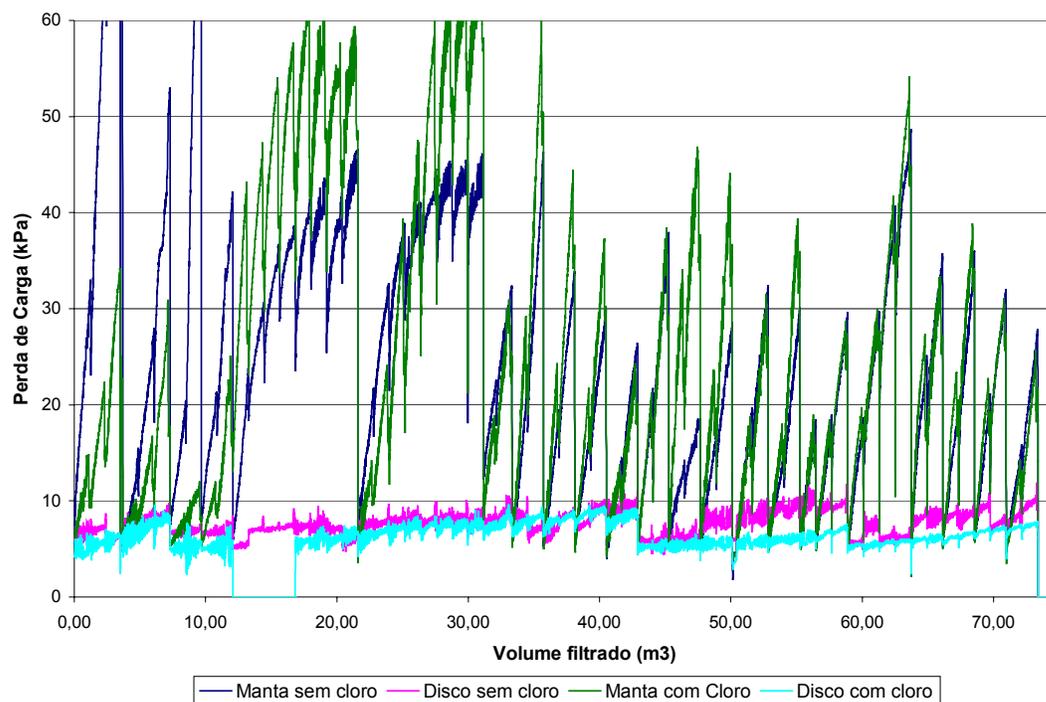


Figura 58 - Evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na primeira etapa.

Nota-se que a evolução da perda de carga nos filtros de manta, com e sem cloração, é muito mais intensa que aquela observada nos filtros de disco. Neste primeiro período de experimentação a qualidade da água do reservatório esteve sempre muito boa, com baixas concentrações de sólidos suspensos (Tabela10). A perda de carga no filtro de manta sem cloração, inicialmente, apresentou maior crescimento ao longo do tempo. A partir da quarta lavagem do elemento filtrante (com um volume filtrado da ordem de 12,0 m³), o crescimento da perda de carga no filtro de manta com cloração passou a ser mais expressivo. Nesta fase, não foi necessário realizar qualquer operação de limpeza nos filtros de disco, já que o critério para a limpeza do elemento filtrante baseou-se num diferencial de pressão superior a 40 kPa. A perda de carga desenvolvida nos filtros de disco foi praticamente estável e muito próxima em ambos os filtros (sempre em torno de 10 kPa).

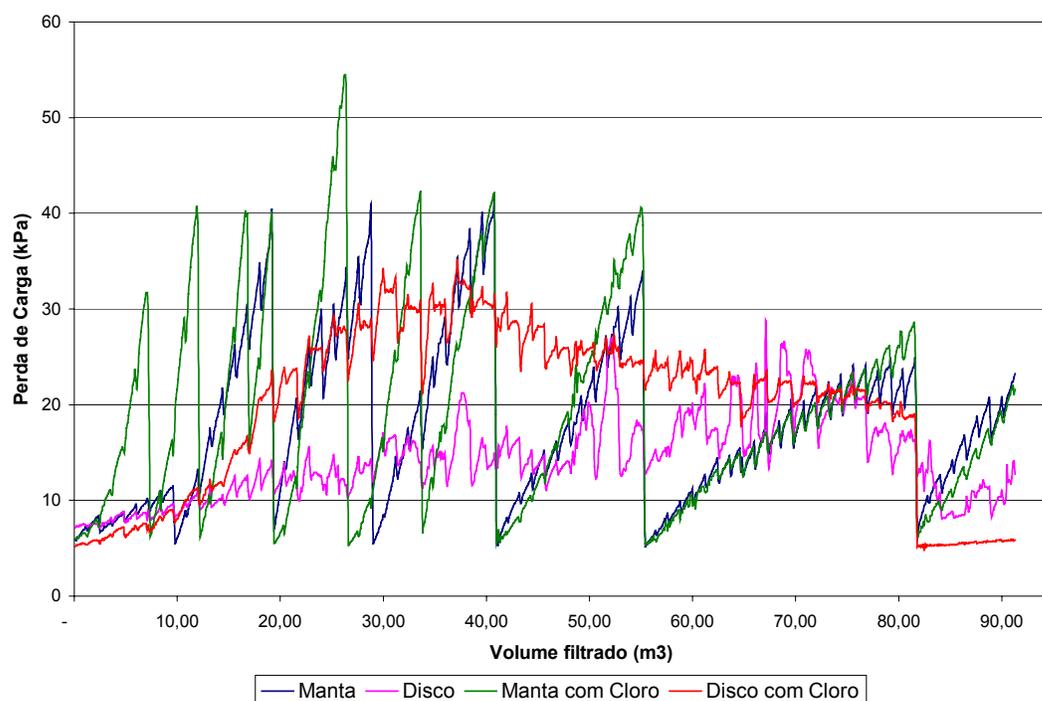


Figura 59 - Evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na segunda etapa.

Nesta segunda etapa, houve piora da qualidade da água evidenciada pelo aumento dos valores médios obtidos de cada parâmetro analisado. Assim como ocorrido na primeira fase da pesquisa, na segunda etapa, a perda de carga desenvolvida nos filtros de manta superou a obtida nos filtros de disco. O filtro de manta com cloração apresentou novamente a maior perda de carga entre todos os demais. Foram necessárias 8 lavagens destes filtros, 4 lavagens do filtro de manta sem cloração e nenhuma foi realizada nos dois filtros de disco. A perda de carga no filtro de disco com cloração foi superior à perda medida no filtro de disco sem cloração na maior parte do período. Neste a perda de carga chegou a atingir valores acima de 30 kPa, estando mais comumente entre 20 e 30 kPa. Já no filtro de disco sem cloração, os valores de perda de carga, predominantemente estiveram entre 10 e 20 kPa.

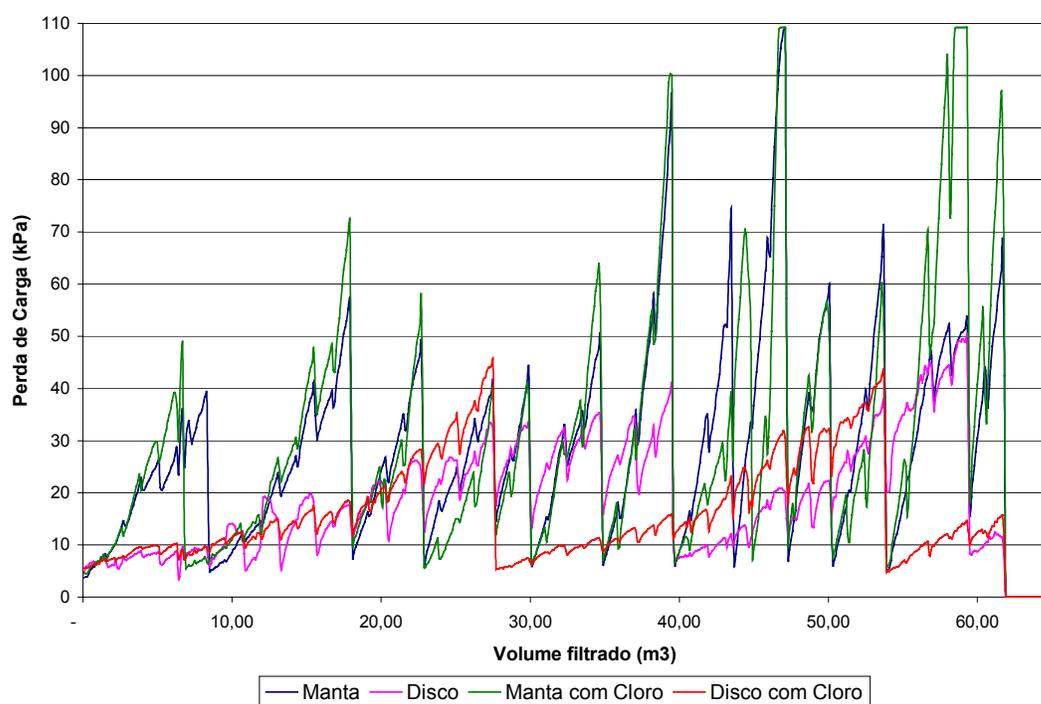


Figura 60- Evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na terceira etapa.

As tendências observadas nas primeira e segunda etapas se repetiram também nesta terceira fase. Foram necessárias 12 lavagens nos filtros de manta com e sem cloração e 2 nos filtros de disco. A piora na qualidade da água do reservatório nesta terceira etapa,

evidenciada pelo aumento da concentração de sólidos em suspensão na água do reservatório, provocou uma rápida elevação na perda de carga dos filtros. Em diversos momentos, a perda de carga nos filtros de manta ultrapassou 50 kPa devido a rapidez com que o material em suspensão da água promovia uma obstrução dos poros dos elementos filtrantes, já que a proposta era efetuar a limpeza dos filtros sempre que a perda de carga localizada atingisse 40 kPa.

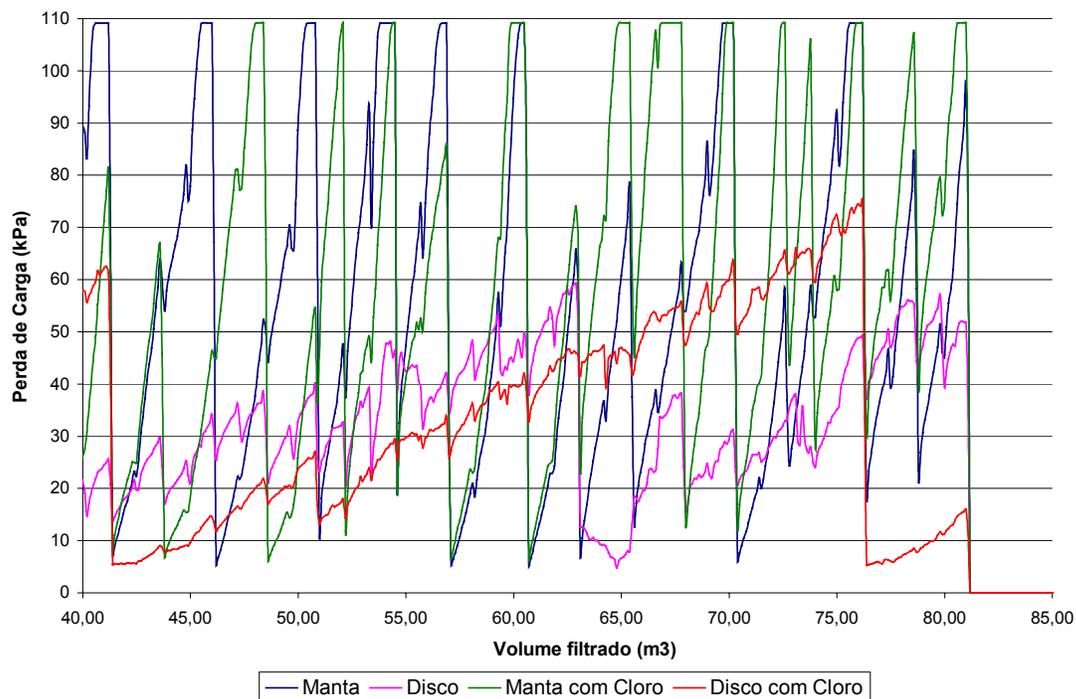


Figura 61 - Gráfico da evolução das perdas de carga localizada nos quatro filtros na quarta etapa.

A última etapa da pesquisa comprovou definitivamente o melhor desempenho hidráulico dos filtros de disco, em especial o filtro de disco sem uso da cloração.

A alta frequência de lavagem dos filtros de manta, bem como os altos valores de perda de carga atingidos nos filtros de disco, são condizentes com o aumento das concentrações médias de sólidos suspensos na água do reservatório, observado nesta etapa final.

A cloração provocou elevação da perda de carga nos filtros de manta e disco em todas as etapas.

Pode-se afirmar, portanto, que a da cloração contribuiu negativamente em relação a perda de carga localizada nos filtros.

5.13 Análise química dos elementos contidos no lodo depositado nas linhas laterais de gotejamento.

Após o término das quatro etapas experimentais, realizadas ao longo de um ano, foram retiradas da instalação experimental, pedaços das linhas laterais de gotejadores. Estes foram cortados no final do comprimento das linhas laterais em cada parcela de irrigação. Nos trechos finais das mangueiras havia mais depósito de material que ficou retido no interior das mangueiras gotejadoras. Na Figura 62 são mostradas, na parte superior, um gotejador novo, e na parte inferior um gotejador retirado da instalação experimental com um ano de uso.



Figura 62– Foto de gotejador novo (parte superior) em contraste com outro utilizado na pesquisa.

Nota-se um grande acúmulo de lodo ao redor do gotejador utilizado na pesquisa. Este material retido no interior da mangueira é responsável pelo entupimento parcial ou total dos emissores.

As amostras das mangueiras retiradas em cada parcela de irrigação foi levada ao Instituto de Química da UNICAMP e analisado por Fluorescência de Raio X, modelo EDX-700, em relação aos elementos contidos no lodo acumulado nas mangueiras de cada parcela. Além de identificar os principais elementos contidos neste material, esse tipo de equipamento fornece também, valores percentuais dos elementos identificados.

A Tabela 42 contém os resultados obtidos para cada parcela de irrigação.

Tabela 42 - Porcentagem de cada elemento identificado no lodo coletado no interior das mangueiras de cada parcela.

Principais elementos químicos identificados	Manta	Disco	Manta com Cloração	Disco com Cloração
	Fe – 14,979 %	Fe – 13,706 %	Fe - 10,876 %	Fe – 10,959 %
	Si – 14,471 %	Si – 11,691 %	Si – 13,421 %	Si – 13,484 %
	Al – 8,317 %	Al – 8,152 %	Al – 7,747 %	Al – 7,624 %
	Ti – 2,189 %	Ti – 1,607 %	Ti – 1,430 %	Ti – 1,830 %
	Ca – 0,372 %	Ca – 0,325 %	Ca – 0,298 %	Ca – 0,322 %
	Mn – 0,298 %	Mn – 0,321 %	Mn – 0,236 %	V - 0,189 %
	S - 0,265 %	S - 0,280 %	S - 0,231 %	S - 0,233 %

Os resultados apresentados na Tabela 42 mostram que, via de regra, o lodo em cada parcela contém os elementos em concentrações relativas muito próximas entre si. Os principais elementos em cada parcela se repetem exceto na parcela com filtro de disco com cloração onde há presença de vanádio em substituição ao manganês. Além disso, os quatro elementos identificados e em maior concentração no lodo nas quatro parcelas foram: ferro, silício, alumínio e titânio.

O silício é proveniente dos minerais (sílica) do solo. O ferro é proveniente do óxido de ferro que existe em grandes concentrações no latossolo roxo (solo ocorrente na região de

Campinas). O alumínio é encontrado nos solos ácidos tropicais, mas também nos solos na região de estudo.

Nota-se duas tendências interessantes nos resultados obtidos. A primeira, e mais evidente, é a predominância do ferro no lodo dos filtros onde não há cloração, e a segunda a predominância da sílica, em função de uma queda na concentração do ferro, nas parcelas onde ocorre injeção de cloro.

A utilização de cloro nos ensaios nesta pesquisa, foi realizada na forma de hipoclorito de sódio (NaClO), em solução aquosa.

A reação do hipoclorito de cloro com água é a seguinte:



Nesta reação ocorre a formação do HOCl que pode dissociar-se. Os íons OH^- e Na^+ se formam, causando um aumento no pH da água e a equação, para manter o equilíbrio químico, se desloca para a direita.

Como o pH da água do reservatório já é alcalino (maior que 7,0), a tendência seria uma série de reações entre o ferro e os ânions de hidroxila até a formação de óxido de ferro. Desta forma, o ferro passa para a forma insolúvel e precipita. Portanto, nas linhas de gotejamento com cloração, a tendência seria maior precipitação e acumulação do ferro nas mangueiras. No entanto o oposto foi observado. Desta forma, conclui-se que há um outro fator mais importante a ser considerado, que promoveu a redução da quantidade de ferro nas linhas onde efetuou-se cloração. Supõe-se portanto que o processo entre o cloro e as bactérias promoveu a redução do ferro nas linhas com cloração. De fato, o cloro combate as ferrobactérias que estão presentes na água de irrigação. Desta forma, o ferro que é consumido por estas bactérias onde elas não são atacadas (linhas sem cloração), acabam se acumulando nas mangueiras. Já onde as bactérias não ocorrem, em função do tratamento químico, o ferro passa mais livremente sob a forma solúvel (Fe^{+2}).

A outra tendência verificada foi a redução do alumínio nas linhas com cloração. O alumínio na forma de hidróxido, reage com os ânions de hidroxila formando aluminato ($\text{Al}(\text{OH})_4^-$):



O aluminato é solúvel, enquanto que o hidróxido de alumínio não. Isto explica a maior ocorrência de alumínio no lodo das parcelas sem cloração.

É importante destacar que entre os filtros de disco e manta não foram observadas diferenças nos resultados das análises apresentadas na Tabela 42.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os procedimentos adotados nesta pesquisa científica, através das análises e discussões realizadas possibilitou-se concluir que:

- A qualidade da água de irrigação mostrou um alto risco de entupimento nos emissores com relação ao sulfeto de hidrogênio nas duas últimas etapas, quando ao pH e o ferro o risco de entupimento foi considerado médio durante as 4 etapas de experimentação. Para os demais itens analisados o risco de entupimento foi considerado baixo.
- O cloro não foi eficiente no controle do crescimento das algas *Selenastrum sp*, *Scenedesmus sp*, *Staurastrum sp*, *Uronema sp*, *Microcystis sp*, *Asterococcus sp*, *Cylindrospermum sp*, *Chlorella sp* e *Pinnularia sp*
- As algas do gênero *Chlorella sp*, *Dinobryon sp*, *Nitzschia sp* e *Synedra sp*, algumas espécies causam obstrução em filtros.
- Ocorreu a presença de bactérias férricas e *Pseudomonas* em todas as amostras dos emissores com e sem cloração.
- No tratamento com cloro, o filtro de disco apresentou uma maior concentração de cloro livre na maioria dos ensaios, durante todo o período da pesquisa.
- A concentração de cloro livre variou durante as estações do ano para ambos os filtros, sendo que a maior concentração de cloro livre ocorreu na primavera e as menores no verão e outono
- Não houve diferenças significativas na retenção de sólidos suspensos nos sistemas de filtragem com e sem cloro para cada estação do ano, mas ocorreu variações entre as estações
- Nos efluentes dos quatro filtros ensaiados não foram verificadas diferenças significativas, no tratamento químico da água de irrigação com e sem cloro com relação a concentração de algas em cada estação, mas houveram diferenças significativas entre as estações do ano

- Os sistemas de filtração que receberam cloração mostraram-se mais eficientes na remoção de bactérias em comparação aos sem cloração, mas não ocorreu diferenças significativas na remoção de bactérias entre os filtros ensaiados. Ocorreram diferenças sazonais significativas na remoção deste parâmetro biológico para os 4 filtros.
- Ocorreram variações sazonais dos valores dos índices de uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores para todos os sistemas de filtração
- Foi constatado que a cloração influenciou de maneira significativa nos valores dos índices de uniformidade de distribuição ns (Porcentagem Estatística Total e Parcial de Entupimento dos Gotejadores), Dra (Relação das Vazões Médias dos Gotejadores), e UNIF36 (Índice da performance do gotejador no campo)
- A classificação dos valores de UNIF 36 sempre foi parecida aos demais índices, em relação ao grau de entupimento dos gotejadores, apesar de utilizar um menor número de amostragens
- Houveram variações nos valores de todos os índices de uniformidade de distribuição de água nas parcelas dos quatro filtros testados
- A evolução da perda de carga em função do volume filtrado foi sempre mais rápida nos sistemas de filtração que receberam tratamento com cloro.
- O aumento da perda de carga sempre foi mais rápido nos filtros com o elemento filtrante de manta sintética não tecida.
- Para uma maior eficiência na filtração do filtro de manta sintética não tecida seria necessária um sistema de retroalagem automática.

7. Referencias Bibliográficas

- ABREU, J. M. H.; LOPEZ, J. R.; REGALADO, A. P. & HERNANDEZ, J. F. El Riego localizado. Madri, Espanha. Instituto Nacional de Investigações Agrárias,. 1987 317p
- ADIN, AVNER; SACKS, MOLLIE (1991). Dripper Clogging Factors in Wastewater Irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 117. n.6, November/December, 813-826p.
- ADIN, A.1978. "Progress in Filtering Methods for Low Rate Applicators. Israel Center of Waterworks Appliances, Proceedings, ISRAQUA, Tel-Aviv, Israel, June 4 – 8, p. V-3
- ADIN, A. ; ALON, G. 1986. Mechanisms and Process Parameters of Filter Screens. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 112, No 4, November, p. 293 – 304
- ANDRADE, MARIA ISABEL; BRITO, MARIA FÁTIMA; MORBEY, MARIA ANA, "Cianobactérias em Portugal", Setembro 1997, Revista do Ambiente, nº 4, pág.30
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, (1992b). Chloridine demand. In. Standard methods for examination of water and wastewater. Washington, p. 138 – 239
- APHA. Calcium carbonate saturation In:- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D.C. 1992d. p.2.28 – 2.34
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. 1991. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande, UFPB, 1991. 218p.
- AVELINO, S. N.; TESTELAF, R., MATSURA, E.E. Avaliação Hidráulica de Tubo de Emissão. XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA)Anais. 1999

- AZEVEDO, H.M.. *Irrigação localizada*. Informe Agropecuário, EPAMIG, Belo Horizonte. 1986 v.12, n.139. p. 40-53 Julho.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6. ed. Viçosa, UFV. Imprensa Univ. 1989 657p
- BERNSTEIN, L. & FRANÇOIS, L. E. Comparison of drip, furrow and sprinkler irrigation. Soil Sci, 1973 (115): p 73 - 86..
- BICUDO, CARLOS E. M. (1970). Algas de águas continentais brasileiras. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências. Editora USP. 228p.
- BOAZ, M. & HALEVY, I.. Trickle irrigation . Newsletter Israel Agriculture. State of Israel, Ministry of Agriculture. Jerusalem, 1974 p. 39-57
- BOMAN, B.; ONTERMAA, E. Citrus microsprinkler clogging: costs, causes, and cures. Proc. Fla. State Hort. Soc. n. 107, p.39 – 47, 1994
- BRALTS V. F.. Field performance and evaluation. In trickle Irrigation for Crop Production. Design, Operation and Management (Nakayama F. S.; Bucks S. A., Eds) Amsterdam : Elsevier. 1986
- BRALTS V. F., KESNER, C. D.. Drip Irrigation Field Uniformity Estimation, Transactions of ASAE, V. 26 n 5. P.1369 – 1374, 1983
- BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3^a edição. CETESB/ASCETESB, São Paulo/SP, 1986. 640p.
- BRESLER, E.. Two dimensional transport of solutes during nonsteady infiltration from a trickle source. Soil Sci Soc Am Proc, 1975 (39): 604 - 613.

- CLARK, A. G. ; SMAJSTRLA, A. G. 1992. Treating Irrigation Systems with Chlorine. Circular 1039, Fla. Coop. Ext. Ser. Univ. of Florida, Gainesville, FL.
- CAPRA A. ; SCICOLONE B.. 1998. Water Quality and Distribution Uniformity in Drip/Trickle Irrigation Systems, Journal of Agriculturas Engeneering Research v 70 p. 355-365
- CAPRA A. ; TAMBURINO V.. 1995. Evaluation and control of distribution uniformity in farm irrigation systems, Proceedings of 46 th Internacional Executive Council Meeting, ICID, CIID, Special Technical Session, Roma, Italy.
- COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C.. Aplicação de fertilizante via água de irrigação. III Curso de uso e manejo de irrigação. Inf. Agropec., Belo Horizonte. 1986 v.12, n. 129, p. 63-68.
- DASBERG, S & BRESLER, E. Drip irrigation manual. Israel. IIC. 1985 (9). p. 95.
- DAVIS, S. & BUCKS, D. A.. Historical development. In: NAKAYAMA, F. S. & BUCKS, D. A. Trickle Irrigation for Crop Production. Amsterdam, Elsevier,. 1986 p. 1 - 27.
- DI BERNARDO, L.. Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento. Rio de Janeiro: ABES: 1995. 140p.
- ENGLISH, S.D. (1985). Filtration and water treatment for micro-irrigation. In. 3. INTERNACIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, Fresno, Proceedings. St Joseph: ASAE, p. 50-57.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Na index of the tendency of CaCO₃ to precipitate from irrigation waters. U.S. Salinity Laboratories. Soil Science Society of America Proceedings, v. 29, p. 91-92, 1965.

- FORD, H. W.; TUCKER D. P. H.. Blockage of drip irrigation filters and emitters by iron-sulfur bacterial products. Hort. Sci. 10: 62-64. 1975
- FRIZZONE, J. A., ZANINI, J. R., DIAS PAES, L. A., NASCIMENTO, V. M. 1985. Fertirrigação mineral. Ilha Solteira, UNESP, 1980 Boletim técnico 2, 31p.
- GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D. A. 1979. Trickle irrigation: prevention of clogging. Transactions of the ASAE, v.22,p. 514 - 519
- GILBERT, R.G.; FORD, H.W. 1986. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. Trickle irrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier, cap. 3. p. 142 – 163.
- GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.; FRENCH, O.F.; ADAMSON, K.C. Trickle irrigation: emitter clogging and flow problems. Agricultural Water Management, v. 3, p. 159, 1981.
- GOLDBERG, D. & SHMUELI, M. Drip irrigation - A method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. Trans. Of the ASAE, Michigan, 1970 13: 38-41
- HILLEL, D. Advances in irrigation. New York, Academic Press, Inc.. 1982.302p
- HOWELL, T. A. & HILLER, E. A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. J. Irrig. Drain. Div., New York.. 100 (1R4): 443 - 454 p. 1974.
- JUANICO, M.;AZOV. Y.; TELTSCH, B.; SHELEF, G..(1995). Effect of Effluent Addition to a Freshwater Reservoir on the Filter Clogging Capacity of Irrigation Water. Water Reseource . Vol. 29, n.7, 1695-1702 pp.

- KELLER, J. & BLEISNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York, Van Nostrand Reinhold.. 1990 652p.
- KELLER, J & KARMELI, D. Trickle irrigation design. Glendora, California, Rain Bird Sprinkle Manufacturing Corporation,. 1975 133p.
- LOPEZ, J.R.; HERNANDEZ, J.M. A.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ J.F.G. *Riego Localizado*. Regadios – Centro Nacional de Tecnologia de Regadios, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion – IRYDA, 1ªed. 445p, 1992.
- MATSURA, E.E., TESTEZLAF, R., ALMEIDA NETO, J.A. *Perda de carga nos filtros de areia e tela do sistema de irrigação por gotejamento*. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA). Recife. p.585-607,1989.
- MBWETTE, T.S.A. e GRAHAM, N.J.D. *Improving the efficiency of slow sand filtration with non wovem synthetic fabrics*. In: Filtration and separation. v. 24, p.46-50,1987.
- McELHOE, B.A.; HILTO, H.W. Chemical treatment of drip irrigation water. Second International Drip. Irrigation Congress 7-14 July 1974, p.24.
- MERRIAM, J. L. & KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan, Utah State University,. 1978 271p.
- NAKAYAMA, F. S., & BUCKS, D. A. Trickle irrigation of crop. Production design, operation and management. Amsterdam, Elsevier,. 1986 383p.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. ; FRENCH, O. F. 1977. Reclaiming Partially Clogged Trickle Emitters. Transations of the ASAE, pp. 278-280.

- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. Transaction of the ASAE, St Joseph, v. 24, p. 77-80., 1991
- NATHAN R.. (1994). La fertilizacion combinada com el riego. Centro de Cooperacion Internacional para el Desarrollo Agricola (CINADCO). Ministerio de Agricultura. Israel. 52 p.
- PAPADOPOULOS, I. (1999). Fertirrigação: Situação Atual e Perpectivas para o Futuro. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças./ Marcos Vinicius Folegatti, coord. – Guaíba: Agropecuária. 460p.
- PATERNIANI, J.E.S. Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração em areia de águas de abastecimento. Tese de doutorado- EESC. USP, São Carlos,1991.
- PHENE, C. J. 1998. Fertilizer Management of Tree and Vine Crops with Surbsurface Drip Irrigation Systems. Proc., The Irrigation Association's 19 th Annual, San Diego, CA, November 1-3, p. 229-236.
- PHILLIPS, K.P. Filtration's Role in water Quality: Polishing Water Fro Low – *Volume Irrigation*. Irrigation journal, v.43, n.4, p.8 – 12, 1993
- PITTS, D.J.; HAMAN, D.Z.; SMAJSTLA, A.G.. Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems, University of Florifa , Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, April 1990, Bulletin 258, p. 12
- PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia. 3 ed. Madrid: Ed. Mundi Prensa, 1996. 471p.
- PLASTRO G VAT. Manual de filtração e tratamento de águas. Kibbutz Gvat, Israel , 1994. 40p.

- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z. et al. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. *Irrigation Science*, v. 13. P. 129 – 139, 1992.
- RESENDE, R. S. Suscetibilidade de Gotejadores ao Entupimento de Causa Biológica e Avaliação do Desentupimento Via Cloração da Água de Irrigação. Piracicaba. 1999 77p. (Tese - MS – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”)
- RESENDE, R.S., CASARINI, E., FOLEGATTI, M.V., COELHO, R.D.. Ocorrência de Entupimento de Origem Biológica em Sistema de Irrigação por Gotejamento, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.5, p.156-160, 2001.
- SANTAMARÍA, J. J. U. Los Distintos Sistemas de Tratamiento de aguas Residuales y Su Ambito de Aplicacion, Parametros Fisicos, Quimicos y Biologicos, In: VI CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE – Tecnologias y Servicios Agrarios, 50p. 1993.
- SCATOLINI, M.E. "Utilização de mantas não tecidas como elemento filtrante em sistemas de irrigação localizada", Tese de Doutorado, Feagri/UNICAMP, Campinas, SP, março, 2001.
- SCHMIDT, M. V. V.. Características hidráulicas do tubo-gotejador “QUEEN GIL”. Viçosa,. 1995 43p. (Tese - MS - Universidade Federal de Viçosa)
- SCHWANKL, J. L.; McGOURT, G.. Organic fertilizers can be injected through low-volume irrigation systems. *California Agriculture*, September-October, 1992.
- SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Desinfecção de águas. CETESB, São Paulo/SP, 1974. 210 p.

- SEKULOV, I. 1982. A Modified Cross-Flow Filter Unit for the Advanced Wastewater Treatment. Preprints of the Symposium on Water Filtration, European Federation of Chemical Engineering Antwerp, Belgium, April 21-23, pp.3.1-3.6.
- SILVA, L.B. *Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração sob pressão*. Tese de mestrado - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas, 1996.
- SILVERMAN, G.S., NAGY, L.A. & OLSON, B.H.. *Variations in Particulate Matter, Algae and Bacteria in an Uncovered, Finished-Drinking-Water Reservoir* JAWWA, vol. 75, n. 4, p: 191-195, Apr. 1983, USA.
- SMAJSTRLA, A.G. , HARRISON, D. S., ZAZUETA, F. S.. Field Evaluation of Trickle Irrigation Systems. Uniformity of Water Application. IFAS. Bulletin 195. University of Florida, Gainesville, F. L. 1985.
- SOLOMON, K.. Manufacturing variation of trickle emitters. TRANS. ASAE. 1979 22 (5): 1034 - 1038.
- SOARES, A. Características hidráulicas de microtubos Cipla e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. Viçosa,. 1981 72p. (Tese - M.S - Universidade Federal de Viçosa).
- SOARES, J.B.; MAIA, A.C. F..Água: microbiologia e tratamento. Fortaleza:UFC, 1999. 206p.
- TESTEZLAF, R. & CAMPIONI, E. C.. Comportamento hidráulico do tubo-gotejador “QUEEN GIL”. Engenharia Agrícola, UNICAMP. Campinas. 1993 (13): 29 - 38 p.
- TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E.; ROSTON, D.M.; PAULA JR., D.R.; PATERNIANI, J.E.; RIBEIRO, T. A. P.. Potencialidade do uso de irrigação por gotejamento em

- propriedades agrícolas produtoras de hortaliças da região de Campinas – SP. X Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem, Salvador, Brasil, 1994.
- VALVERDE, J. A., LOPEZ, T. M. (1990). Factores a tener en cuenta en el diseño y manejo localizado. Riegos e dreaje, n. 47, ano VI, p. 20-40.
- VERMEIREN, L. & JOBLING, G. A. Localized irrigation. Irrigation and Drainage paper. 36. FAO Rome. 1980. 203p.
- VIEIRA, A. T. Caracterização hidráulica de um tubo-gotejador. Piracicaba,. 56p. (Tese - MS - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP). 1996
- VIEIRA, D. B. Engenharia de Irrigação. Campinas, Faculdade de Engenharia de Limeira,. 1983 433p.
- WOODWARD, G. D. Sprinkler irrigation. New York, Sprinkler Irrigation Association 1959
- WU, I. P. & GITLIN, H. M. Design charts for drip irrigation system. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2., Riverside, Proceedings. Riverside,.1974 p. 293 - 298.
- ZANINI, J. R.. Hidráulica de fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora. Piracicaba, SP, ESALQ, 1987 103p (Tese Doutorado)
- ZEIER K. R. e HILLS, J. D. Trickle Irrigation Screen Filter Performance as Affect by Sand Size and Concentration. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.30, n. 3, p.375 – 379, 1987.