

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RECEPTORAS DE EFLUENTES
URBANOS EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA
SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL NA CULTURA DA ALFACE
AMERICANA (*Lactuca sativa* L.)**

GUILHERME AUGUSTO BISCARO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem

BOTUCATU – SP
Junho – 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RECEPTORAS DE EFLUENTES
URBANOS EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA
SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL NA CULTURA DA ALFACE
AMERICANA (*Lactuca sativa* L.)**

GUILHERME AUGUSTO BISCARO

Orientador : Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem

BOTUCATU – SP
Junho - 2003

Dedico esta tese...

... à minha esposa Adriana e a minha filha Mariana, que são as responsáveis pelos melhores momentos da minha vida.

... aos meus pais Benedito e Arlete, que me proporcionaram uma ótima educação e todas as condições para que eu pudesse chegar aonde estou.

... aos meus irmãos Fabiana, Geraldo e Cássia, meus sogros Israel e Maria, meus cunhados e cunhadas, sobrinhos e sobrinhas por todo apoio, amizade e carinho.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus e a Nossa Senhora, pela fé e perseverança concedidos e pelas graças alcançadas em todos os momentos no decorrer da minha vida.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, que me deu todo o suporte, conhecimentos e diretrizes necessários para ótimo desenvolvimento deste projeto.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, a **FAPESP**, que acreditou em nosso projeto e com seu apoio financeiro permitiu a perfeita realização deste trabalho.

Em especial ao amigo e companheiro Aparecido Agostinho de Arruda, o "Dicão", e toda sua família.

Aos amigos Rodrigo e Luciana Trigueiro, Maurício e Eliete Sartori, Cláudio Pereira e Luiza Duenhas, Marcelo Lopes, Ieoshua Katz, Alexandre Dalri, Carlos Baca Garcia, Eder Pereira Gomes, Osmar Delmanto Jr., Wagner Vilela, João, Clara e Gabriel Batista, e outros que não estão aqui

citados, mas que com sua amizade, contribuíram para que tudo corresse bem durante minha pós graduação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Rural, em especial ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad e aos Profs. Drs. Antônio de Pádua Souza, Lincoln Ghering Cardoso, Sérgio Campos e Zacarias Xavier de Barros.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural Ronaldo Alberto Pollo e Sílvio Sabatini Simonetti Scolástici .

Aos professores e funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo, em especial aos Profs. Drs. Hélio Grassi Filho e Roberto Lira Vilas Boas

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo.

Aos funcionários da supervisão das fazendas de ensino e pesquisa, em especial os funcionários Mário de Oliveira Munhoz e Marcos José Gonçalves.

As empresas Petroisa Irrigação por Gotejamento e Reolast, pela iniciativa de doação de material para este projeto de pesquisa.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente para o desenvolvimento desta tese de doutorado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE EQUAÇÕES.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	X
PREFÁCIO DO AUTOR.....	XI
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	02
3 INTRODUÇÃO.....	03
4 OBJETIVOS.....	06
5 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
5.1 Características principais das águas residuárias.....	09
5.2 Aplicação de esgotos no solo.....	12
5.3 Aplicação de efluentes no solo e o clima.....	14
5.4 Sistemas de irrigação localizada.....	14
5.4.1 Sistema de irrigação localizada subsuperficial.....	16
5.5 Irrigação com águas residuárias.....	18
5.5.1 Fertirrigação com águas residuárias.....	24
5.6 Sistemas de tratamento de água para irrigação.....	26
5.6.1 Tratamento preventivo com cloro.....	26
5.6.2 Filtros para irrigação.....	26

5.6.2.1 Filtro de tela.....	27
5.6.2.2 Filtro de areia.....	28
5.7 A cultura da alface.....	28
6 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
6.1 Área experimental.....	31
6.2 Ribeirão Lavapés.....	32
6.3 Sistema de irrigação.....	34
6.4 Controle da irrigação.....	35
6.4.1 Quantidade de água aplicada.....	36
6.5 Composição dos sistemas de filtragem.....	37
6.5.1 Pré filtro (tela de retenção).....	37
6.5.2 Filtros de areia e de tela.....	38
6.5.3 Válvulas de fim de linha.....	38
6.6 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação.....	38
6.7 Correção e adubação do solo.....	40
6.8 A cultura.....	40
6.9 Distribuição dos tratamentos.....	41
6.10 Análises químicas e biológicas.....	42
6.10.1 Procedimentos de coletas de amostras.....	43
6.10.2 Metodologia utilizada para detecção de coliformes fecais.....	44
6.10.2.1 Preparo das amostras e suas diluições.....	44
6.10.2.2 Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais (KORNACKI; JOHNSON, 2001).....	44
6.10.3 Metodologia utilizada para detecção de <i>Salmonella</i> spp.....	45
6.10.3.1 Detecção da presença de <i>Salmonella</i> spp (ANDREWS et al., 2001).....	45
6.10.4 Metodologia utilizada para detecção de parasitas.....	46
6.10.4.1 Método de Faust (NEVES, 2000; REY, 1991).....	46
6.10.4.2 Método de Hoffman (NEVES, 2000; REY, 1991).....	47
6.10.5 Metodologia utilizada para análises químicas de solo e água.....	48

6.10.6 Metodologia proposta para determinação do material acumulado no interior das mangueiras gotejadoras.....	48
6.11 Aplicação de cloro.....	49
6.12 Clima do município de Botucatu.....	50
6.13 Os ciclos da cultura no campo.....	50
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
7.1 Ciclo I (11 de abril à 30 de maio de 2001).....	52
7.1.1 Transplântio.....	52
7.1.2 Produção do Ciclo I.....	54
7.1.3 Resultados das análises.....	55
7.1.3.1 Análises do Solo.....	55
7.1.3.1.1 Análises microbiológicas.....	55
7.1.3.1.2 Análises químicas.....	55
7.1.3.2 Análises da água.....	57
7.1.3.2.1 Análises microbiológicas.....	57
7.1.3.2.2 Análise química.....	58
7.1.3.3 Análises da alface.....	58
7.1.3.3.1 Análise microbiológica.....	58
7.1.4 Avaliação da uniformidade e eficiência de irrigação.....	59
7.2 Ciclo II (22 de setembro à 08 de novembro de 2001).....	60
7.2.1 Transplântio.....	60
7.2.2 Produção do Ciclo II.....	61
7.2.3 Resultados das análises.....	63
7.2.3.1 Análises do solo.....	63
7.2.3.1.1 Análises microbiológicas.....	63
7.2.3.1.2 Análises químicas.....	64
7.2.3.2 Análises da água.....	65
7.2.3.2.1 Análises microbiológicas.....	65
7.2.3.2.2 Análises químicas.....	66
7.2.3.3 Análises da alface.....	66

7.2.3.3.1 Análise microbiológica.....	66
7.2.4 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação.....	66
7.3 Substituição e avaliação das mangueiras gotejadoras.....	68
7.4 Ciclo III (30 de março à 24 de maio de 2002).....	69
7.4.1 Transplântio.....	69
7.4.2 Produção do Ciclo III.....	71
7.4.3 Resultados das análises.....	72
7.4.3.1 Análises do solo.....	72
7.4.3.1.1 Análises microbiológicas.....	72
7.4.3.1.2 Análises químicas.....	73
7.4.3.2 Análises da água.....	74
7.4.3.2.1 Análises microbiológicas.....	74
7.4.3.2.2 Análises químicas.....	75
7.4.3.3 Análises da alface.....	75
7.4.3.3.1 Análise microbiológica.....	75
7.4.4 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação.....	75
7.5 Ciclo IV (12 de outubro à 03 de dezembro de 2002).....	76
7.5.1 Transplântio.....	76
7.5.2 Produção do Ciclo IV.....	78
7.5.3 Análise química do solo.....	80
7.5.4 Análise química da água.....	81
7.5.5 Análises biológicas.....	82
7.5.5.1 Análises biológicas do solo.....	82
7.5.5.1.1 Análise da presença de coliformes fecais.....	82
7.5.5.1.2 Análise da presença de <i>Salmonella</i> spp.....	83
7.5.5.1.3 Análise da presença de parasitos.....	83
7.5.5.2 Análises biológicas da água.....	84
7.5.5.2.1 Análise da presença de coliformes fecais.....	84
7.5.5.2.2 Análise da presença de <i>Salmonella</i> spp.....	85
7.5.5.2.3 Análise da presença de parasitos.....	85
7.5.5.3 Análises biológicas da alface.....	86

7.5.5.3.1	Análise da presença de coliformes fecais.....	86
7.5.5.3.2	Análise da presença de <i>Salmonella</i> spp.....	87
7.5.5.3.3	Análise da presença de parasitos.....	88
7.5.6	Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação.....	89
7.6	Considerações Finais.....	90
7.6.1	Produção de alface americana.....	90
7.6.2	Avaliação do sistema de irrigação.....	91
7.6.3	Condições sanitárias da cultura, do solo e da água.....	92
7.6.4	Alterações químicas do solo.....	94
8	CONCLUSÕES.....	97
9	SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DAS PESQUISAS.....	100
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	ANEXO I.....	113

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Principais características da água.....	08
2 Composição dos esgotos domésticos.....	09
3 Principais características físicas dos esgotos domésticos.....	10
4 Principais características químicas dos esgotos domésticos.....	10
5 Principais microorganismos presentes nos esgotos domésticos.....	11
6 Classificação das águas doces para uso em irrigação.....	15
7 Condições sanitárias de águas destinadas à irrigação.....	20
8 Critérios de qualidade bacteriológica de frutas e hortaliças no Brasil.....	21
9 Distribuição dos tratamentos propostos.....	41
10 Amostragem e análise de solo, cultura e água em cada ciclo.....	42
11 Valores das normais da região, relativo a dados de 30 anos.....	50
12 Análise química de macronutrientes do solo antes da implantação do experimento.....	51
13 Análise química de micronutrientes do solo antes da implantação do experimento.....	51
14 Valores médios de massa fresca e massa seca no canteiro irrigado com água tratada.....	52
15 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo I).....	54
16 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo I.....	55
17 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo I.....	56
18 Análise química da água do Ribeirão Lavapés (Início do Ciclo I).....	58
19 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo I).....	59
20 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo II).....	62
21 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo II.....	64
22 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo II.....	65
23 Análise química na água do Ribeirão Lavapés (Início do Ciclo II).....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
24 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo II).....	67
25 Análise química do material acumulado no interior das mangueiras gotejadoras.....	68
26 Quantidade de material encontrado no interior das mangueiras de irrigação.....	69
27 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo III).....	71
28 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo III.....	73
29 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo III.....	73
30 Análise química da amostra de água do Ribeirão Lavapés (Início do Ciclo III).....	75
31 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo III).....	76
32 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo IV).....	78
33 Comparação dos valores de peso de massa fresca da literatura.....	79
34 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo IV.....	80
35 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo IV.....	81
36 Análise química da amostra de água do Ribeirão Lavapés (Início Ciclo IV).....	82
37 Quantidade de coliformes fecais encontrados nas amostras de solo realizadas durante o quarto ciclo de cultivo.....	82
38 Presença de ovos (O) e/ou larvas (L) de parasitos nas amostras de solo.....	84
39 Concentrações de coliformes fecais encontrados nas amostras de água.....	85
40 Presença de ovos e/ou larvas de parasitas nas amostras de água.....	86
41 Concentrações de coliformes fecais encontrados nas amostras da cultura.....	86
42 Presença de ovos e larvas nas amostras da cultura.....	88
43 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo IV).....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Esquema da área experimental.....	32
2 Foto do Ribeirão Lavapés ao lado da área experimental.....	33
3 Mangueiras gotejadoras dispostas sobre os canteiros.....	35
4 Sistema de pré filtragem (tela de retenção).....	37
5 Temperaturas médias diárias (°C) durante todo o Ciclo I.....	53
6 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo I.....	53
7 Entrada da tubulação de sucção do tanque reservatório.....	57
8 Temperaturas média diárias (°C) durante todo o Ciclo II.	60
9 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo II.....	61
10 Comparação da produção (peso de massa fresca) dos Ciclos I e II.....	63
11 Temperaturas médias diárias (°C) durante todo o Ciclo III.....	70
12 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo III.....	70
13 Comparação da produção (peso de massa fresca) dos Ciclos I, II e III.....	72
14 Temperaturas médias diárias (°C) durante todo o Ciclo IV.....	77
15 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo IV.....	77
16 Comparação da produção (peso de massa fresca) dos Ciclos I, II, III.e IV.....	79
17 Aumento nos teores de pH nos canteiros irrigados com água do tanque reservatório.....	95
18 Aumento nos teores de pH nos canteiros irrigados com água do Ribeirão Lavapés.....	95

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Página
$Q = K \cdot P^X$	36
$Q = 2,7159 \cdot P^{0,506}$	36
$CUC = 100 \left(\frac{\sum_{j=1}^n q_j - q }{n \cdot q} \right)$	39
$CUD = \frac{\text{média } \frac{1}{4} \text{ das vazões com menores valores}}{\text{média de todas as vazões}} \times 100$	39

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ASAE.....	American Society of Agricultural Engineers
CF.....	Coliformes Fecais
CLBVB.....	Caldo Lactose Bile Verde Brilhante
CT.....	Coliformes Totais
CTC.....	Capacidade de troca de cátions
CONAMA.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CUC.....	Coeficiente de Uniformidade de Cristhianssen
CUD.....	Coeficiente de Uniformidade de Distribuição
CUE.....	Coeficiente de Uniformidade de Emissão
DPD.....	N-dietil-p-fenil-iamina
DWR.....	Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia
FCA.....	Faculdade de Ciências Agrônômicas
L.....	Larvas de parasitos
NE.....	Nordeste
NMP.....	Número Mais Provável
O.....	Ovos de parasitos
OMS.....	Organização Mundial de Saúde
SB.....	Saturação de bases
SABESP.....	Compania de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SO.....	Sudoeste
SVS.....	Secretaria de Vigilância Sanitária
T.....	Tratamento
TSA.....	Ágar tripticase soja inclinado
TSL.....	Ágar tríplice açúcar ferro inclinado
Us.....	Uniformidade estatística
XLD.....	Xilose-Lisina-Desoxicolato

Prefácio do Autor

No momento em que decidi trabalhar com a reutilização de águas residuárias, sinceramente não tinha idéia de que tipo de situações iria me deparar, a começar que pela real definição do que são “águas residuárias”, que erroneamente acreditava ser do que se tratava as águas do Ribeirão Lavapés. No passado, em meados de 1893, esse ribeirão teve sua água recolhida por pessoas denominadas “aguadeiros” para ser vendida na cidade. Atualmente recebe todo tipo de dejetos doméstico e industrial de Botucatu.

No decorrer dessa pesquisa, o maior obstáculo a ser transposto era o medo de se lidar com esse tipo de água contaminada. O verdadeiro problema não era ter medo, pois ele me impunha certos limites que me garantiam segurança, mas sim perder o medo, pois o contato diário torna uma situação de risco potencial em algo comum. Essa é a natureza do ser humano.

Hoje, após o término desse trabalho, é que consigo enxergar melhor o quanto é importante o desenvolvimento de pesquisas que visem melhorar o bem estar e preservar o patrimônio ambiental de todos. A recuperação de recursos hídricos degradados, a reciclagem e o reaproveitamento de águas residuárias serão talvez uma das principais linhas de pesquisa nos próximos anos. Espero com esse trabalho poder estimular outras pessoas a desenvolver novos estudos para recuperação, preservação e proteção ambiental.

Botucatu, 25 de junho de 2003

Guilherme Augusto Biscaro

1 RESUMO

Este trabalho teve como finalidade avaliar a viabilidade do uso da água do Ribeirão Lavapés, que recebe os esgotos doméstico e industrial não tratados da cidade de Botucatu, São Paulo, para utilização em sistemas de irrigação localizada por gotejamento dispostos superficialmente e subsuperficialmente. Avaliou-se os coeficientes de uniformidade e eficiência da mangueira gotejadora, o uso ou não do tanque reservatório e a aplicação de cloro na água. Realizou-se a caracterização química do solo antes da aplicação das águas residuárias e as alterações de suas características no decorrer de quatro ciclos de cultivo de alface; analisou-se também a presença de coliformes fecais, *Salmonella* spp e formas evolutivas de parasitas humanos (cistos de protozoários e ovos de helmintos) nas amostras de planta, na água de irrigação e no solo. Concluiu-se que os tratamentos propostos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, sendo a melhor combinação a disposição superficial das mangueiras gotejadoras, a aplicação de cloro e a utilização da água diretamente do Ribeirão Lavapés, sem necessidade do tanque reservatório

Palavras-chave: efluentes urbanos, *Lactuca sativa* L., irrigação localizada por gotejamento, análises biológicas

UTILIZATION OF RECEIVING WATERS OF URBAN SLUDGE IN SYSTEMS OF SUPERFICIAL AND SUBSUPERFICIAL DRIP IRRIGATION IN THE CULTURE OF THE AMERICAN LETTUCE (*Lactuca sativa* L.). Botucatu, 2003. 113 p. Thesis (Doctor Degree in Agronomy / Irrigation and Drainage) - College of Agronomic Sciences, State University of São Paulo.

Author: Guilherme Augusto Biscaro

Adviser: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

2 SUMMARY

This study was carried out to evaluate the viability of using the Ribeirão Lavapés's water, which receives the domestic and industrial not treated sewers of the city of Botucatu, São Paulo, for application in drip irrigation systems, disposed superficially and sub-superficially. It was evaluated the uniformity coefficients, the efficiency of the drip tape, the possible use of the reservatory tank, and also the application of chlorine in the water. Chemical characterization of soil before the application of the waste waters, and changes of its characteristics during the four cycles of lettuce cultivation, were analyzed; it was also observed the presence of fecal coliformes, *Salmonella* spp., and evolutionary forms of human parasites (protozoa cysts and helminth eggs) in plant samples, in irrigation water, and in the soil. Treatments did not present any significant differences, where the best combination was the superficial arrangement of the drip tapes, the application of chlorine, and the utilization of water directly from the Ribeirão Lavapés, being not necessary the use of the reservatory tank.

Keywords: urban sludge, *Lactuca sativa* L., drip irrigation, biological analysis.

3 INTRODUÇÃO

A qualidade da água é um fator muito mais complexo do que se possa imaginar, e não se resume apenas a uma das fórmulas moleculares mais conhecidas em todo o mundo. A água tem a capacidade de incorporar impurezas, devido a sua propriedade de solvente universal e de arrastar partículas, determinando assim sua qualidade.

Diversos fenômenos naturais, como o arraste de partículas do solo resultante de um escoamento superficial ou a incorporação de íons devido a decomposição de rochas, por exemplo, e principalmente a ação degradadora do homem, seja na deposição de resíduos ou na aplicação de produtos químicos em áreas marginais a cursos d'água, são os principais fatores que determinam que tipo de qualidade estes corpos d'água terão.

Os requisitos de qualidade de um corpo d'água são função de seu uso previsto. Para o abastecimento de água residencial, por exemplo, é necessário utilizar uma água isenta de organismos e de substâncias químicas prejudiciais a saúde, e que possua um padrão de potabilidade que atenda o consumo humano. Por outro lado, para utilização na geração de energia em usinas nucleares ou termelétricas, é necessário apenas que esta água apresente baixa dureza (baixa concentração de cátions multimetálicos em solução, em especial os cátions multivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+}). Para uso em transporte de embarcações, somente é necessário que haja baixa presença de material grosseiro.

O lançamentos de esgotos e/ou resíduos de tratamentos em ribeirões, rios, lagos, etc., tem como objetivo de promover o fenômeno da autodepuração, na qual o

próprio curso d'água se recupera naturalmente. Porém o lançamento indiscriminado e em grande escala de dejetos vem causando um dos principais problemas ambientais já enfrentado pelo homem: a poluição dos cursos d'água.

Por esta razão tem se buscado alternativas para o lançamento de resíduos, que não causassem degradação aos cursos d'água. Uma das soluções mais antigas é a aplicação de resíduos no solo. Nesta prática, deve se ter em mente que o solo à partir do momento que recebe uma carga poluidora, promove através de processos físicos, químicos e biológicos e que juntamente com outros fatores como a vegetação superior, energia solar e água, a depuração desta carga. É um tratamento natural, que se apresenta como uma alternativa viável de tratamento de esgotos.

Uma das maneiras de se aplicar águas residuárias no solo é por meio de sistemas de irrigação, visando fins agrícolas. A irrigação com estas águas tem como principais objetivos e justificativas a reciclagem de nutrientes, a economia no uso de recursos hídricos e de fertilizantes, o aumento da produção agrícola e controle da poluição. Esta prática vem se intensificando muito nos últimos anos devido o avanço de várias tecnologias e ao aumento da escassez de água no mundo. No passado, também adotou-se muito esta prática. Na Grécia antiga aplicava-se águas residuárias em áreas agrícolas. Nos séculos XVI e XVII este tipo de água era empregada em vários países após o término da segunda guerra mundial, não apenas pelas necessidades pós guerra, mas devido ao avanço tecnológico que permitia um maior conhecimento sobre o assunto.

O desenvolvimento de pesquisas que possibilitem melhor compreender os fenômenos resultantes da utilização destas águas em áreas agrícolas, tornaram-se imprescindíveis. Estudar melhores e mais eficientes formas de aplicação, avaliar o comportamento de equipamentos submetidos a essas condições, e principalmente verificar a qualidade do produto final que será consumido pelo homem.

Este trabalho pretendeu contribuir principalmente com os pequenos e médios agricultores, que na falta de outra fonte de água disponível, se vêem obrigados a utilizar deste tipo de água para poder realizar o cultivo de suas plantações e gerar o seu sustento. No estudo utilizou-se um tipo de água que não pode ser considerada exatamente como água residuária, mas sim como água receptora de efluentes urbanos não tratados. Águas residuárias são aquelas que foram submetidas a algum tipo de tratamento, no qual retira-se

grande parte dos poluentes, e que o resíduo líquido deste tratamento é de fato, a água em questão.

Águas receptoras de efluentes urbanos são cursos d'água (riachos, ribeirões, rios, lagos, etc.) que recebem esgotos, dejetos e resíduos de forma irregular indiscriminada, como o que acontece com o Ribeirão Lavapés, da cidade de Botucatu, São Paulo (Brasil), que é o elemento principal deste estudo. O principal problema de se trabalhar com este tipo de água é a grande variabilidade dos resultados, e que poderá ser observada no decorrer deste trabalho.

Buscando alternativas que pudessem permitir aos pequenos produtores ribeirinhos o cultivo irrigado de culturas com as águas do Ribeirão Lavapés, é que se desenvolveu este projeto. Não podemos cruzar os braços e fechar os olhos para este problema, devendo enfrentá-lo e estudá-lo da melhor forma possível. Os diversos tipos de resíduos podem e devem deixar de ser apenas um grande problema de impacto ambiental e se tornar também uma grande fonte de energia e de nutrientes para a agricultura.

4 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivos:

a) determinar a viabilidade da utilização do sistema de irrigação localizada por gotejamento abastecido com as águas receptoras de efluentes urbanos não tratados, de acordo com os tratamentos propostos, avaliando-se a uniformidade e a eficiência mangueiras gotejadoras (termo utilizado pelo fabricante) dispostas superficial e subsuperficialmente nos canteiros;

b) quantificar a presença de coliformes fecais e *Salmonella* spp e detectar a presença de formas evolutivas de parasitas humanos (cistos de protozoários e ovos de helmintos) em amostras de alface, de solo e da água de irrigação;

c) determinar a necessidade ou não da utilização de um tanque reservatório, como uma forma simples de tratamento, em conjunto com o sistema de filtragem proposto;

d) verificar os resultados da aplicação de cloro ao final de cada ciclo da cultura, visando promover a desobstrução das mangueiras gotejadoras;

e) verificar se os tratamentos propostos influenciam na produtividade da alface americana (*Lactuca sativa*, L.), variedade “Tainá”, avaliando-se peso de massa seca e peso de massa fresca;

f) observar quais alterações ocorreram nas características químicas do solo dos canteiros irrigados.

5 REVISÃO DE LITERATURA

A água é fundamental para a manutenção da vida, por isso é necessário se conhecer qual a sua distribuição na Terra. Dos $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ de água disponível no planeta, 97% se constituem de água do mar; 2,2% compõem as geleiras e apenas 0,8% são compostas de água doce. Desta apenas 3% apresentam-se na forma de água superficial, de fácil extração. Por isso é de fundamental importância a preservação dos recursos hídricos, evitando sua contaminação (VON SPERLING, 1995).

O Brasil é considerado um país abundante em recursos hídricos, com uma média anual de 36.000 m^3 de água por habitante. Porém, a distribuição desta água no território nos mostra que na realidade grande parte dos brasileiros não dispõem de tal benefício. Cerca de 80% do volume total da água disponível no país encontra-se na Amazônia, onde apenas 5% da população vive. Já no nordeste, onde residem cerca de 1/3 da população brasileira, encontra-se apenas 3,3% das disponibilidades hídricas do país (MACEDO, 2001).

O grau de pureza de uma água é alterado devido a diversos componentes presentes na mesma, podendo ser retratados de maneira generalizada de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas. Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade de água. O Quadro 1 apresenta as principais características físicas, químicas e biológicas da água.

Quadro 1 Principais características da água.

<i>Características</i>	<i>Parâmetros</i>
Físicas	Sólidos presentes na água. Podem ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho.
Químicas	Matéria orgânica ou inorgânica.
Biológicas	Seres vivos ou mortos presentes na água. Dos seres vivos, tem-se os pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas.

Fonte: Von Sperling (1995).

A importância dada aos aspectos de qualidade das águas, segundo Ayres e Westcot (1991), citado por Gervásio et al. (2000) e por Melo et al. (2002), só começou a ser reconhecida a partir do início desse século. A falta de atenção dedicada a esta questão foi devido à disponibilidade de águas de boa qualidade e de fácil utilização. Entretanto, esta realidade está mudando em vários lugares do mundo, em função do aumento de consumo por águas de boa qualidade, restando como alternativa a este fato, o uso de águas de qualidade inferior (MELO et al., 2002).

Nas últimas cinco décadas, o Brasil sofreu um processo de urbanização acelerada. As periferias das grandes cidades brasileiras, principalmente as regiões metropolitanas, destacam-se entre as áreas com maior crescimento demográfico e com os maiores problemas relacionados à falta de saneamento básico. Dentre esses problemas, diversas infecções adquiridas pelos seres humanos tem origem na contaminação por esgotos sanitários de mananciais de água usados para o consumo ou para recreação. Considerando que as cidades brasileiras, em sua grande maioria, são abastecidas por mananciais superficiais e que 90% dos esgotos coletados por rede coletoras pública, retornam ao ambiente sem sofrer qualquer tipo de tratamento, podemos concluir que a população brasileira, em sua grande maioria, está exposta às doenças de veiculação hídrica (SILVA et al., 2002).

Segundo Von Sperling (1995), existem basicamente duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água: a poluição pontual e a poluição difusa. Na poluição pontual, os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Um exemplo é o da descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade. Na poluição difusa, os poluentes adentram o corpo d'água distribuídos ao longo

de parte de sua extensão. Tal é o caso típico da poluição veiculada pela drenagem pluvial natural, a qual é descarregada no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto. Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que deles são feitos.

5.1 Características Principais das Águas Residuárias

Segundo Von Sperling (1995), os esgotos oriundos de uma cidade e que contribuem à estação de tratamento de esgotos são basicamente originados de três fontes distintas: esgotos domésticos (incluindo residências, instituições e comércio), águas de infiltração e despejos industriais (diversas origens e tipos de indústrias). A vazão desse esgoto varia conforme os costumes dos habitantes locais. Quanto menor for a comunidade, maior variação será apresentada pelo fluxo (CABRAL JR., 1976).

Os corpos d'água poluídos por esgotos domésticos apresentam valores de condutividade diretamente relacionados com a quantidade de matéria orgânica de origem alimentar, de origem fecal e de resíduos em geral presentes na água. Todo esse material irá incorporar sais à aos corpos d'água (BLUNDI, 1988). No Quadro 2, Bastos (1999) fornece um diagrama no qual está a composição dos esgotos domésticos:

Quadro 2 Composição dos esgotos domésticos.

<i>Elementos</i>	<i>Quantidade</i>
Água	99,9%
Sólidos	0,1%
{ sólidos orgânicos (proteínas, carboidratos e gorduras).	{ 70%
{ sólidos inorgânicos (areia, metais e sais)	{ 30%

Fonte: Bastos (1999).

Uma interpretação superficial do diagrama poderia erroneamente indicar uma insignificância dos impactos ambientais ou a inexistência de problemas

decorrentes de sua utilização de cursos d'água poluídos por esgotos, já que mais de 99% do esgoto doméstico é constituído de água. Os potenciais e as limitações para a utilização desse tipo de água na agricultura estão baseados nesse 0,1% de sólidos.

As principais características físicas dos esgotos domésticos estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 Principais características físicas dos esgotos domésticos.

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>
Temperatura	Ligeiramente superior a da água de abastecimento; Mais estável que a temperatura do ar; Influencia na atividade microbiana, na solubilidade dos gases e na viscosidade do líquido.
Cor	Ligeiramente cinza: esgoto fresco; Cinza escuro ou preto: esgoto velho e de decomposição parcial.
Odor	Odor de mofo, relativamente aceitável: esgoto fresco; Odor fétido, insuportável: esgoto velho ou séptico (devido a formação de gás sulfídrico proveniente da decomposição do lodo); Odores diferentes e específicos: são decorrentes de despejos industriais.
Turbidez	Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão; Tons cinzas, com alguma turbidez: esgotos frescos; Cor preta: esgoto velho e de uma decomposição parcial; No caso de despejos industriais, podem apresentar outras cores.
Material Sólido	O teor de material sólido representa 0,08% do volume dos esgotos, sendo que os 99,92% restantes são de água.

Fonte: adaptado de Quasim (1985), Cogger e Rubin (1983), Pessoa e Jordão (1982).

O Quadro 4 apresenta as principais características químicas dos esgotos domésticos.

Quadro 4 Principais características químicas dos esgotos domésticos.

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>
Matéria Orgânica	Esses compostos são uma combinação de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Constituição: 40 à 60% de proteínas, 25 à 50% de carboidratos, 10% de óleos e em menor quantidade uréia, surfatans, fenóis, pesticidas e outros.
Nitrogênio Total	Inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato.

Continuação....

Fósforo	Existente na forma orgânica (combinado a matéria orgânica) e inorgânica (ortofosfatos e polifosfatos).
PH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto.
Alcalinidade	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH).
Cloretos	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos.
Óleos e Graxas	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados nas comidas.

Fonte: Quasim (1985), Paganini (1997), Arceivala (1981), Metcalf & Eddy (1991).

O Quadro 5 apresenta os principais microorganismos presentes nos esgotos domésticos.

Quadro 5 Principais microorganismos presentes nos esgotos domésticos.

<i>Microorganismo</i>	<i>Descrição</i>
Bactérias	Organismos protistas unicelulares; Apresentam-se em várias formas e tamanhos; São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica; Algumas são patogênicas.
Fungos	Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos; Importantes na decomposição da matéria orgânica; Crescem em condições de baixo pH.
Protozoários	Organismos unicelulares sem parede celular; A maioria é anaeróbia ou facultativa; Alguns são patogênicos Alimentam-se de bactérias, algas e outro microorganismos.
Vírus	Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça protéica; Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.
Helmintos	Animais superiores; Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.

Fonte: Metcalf & Eddy (1991), Silva e Mara (1979), Tchobanoglous e Schroder (1985).

5.2 Aplicação de Esgotos no Solo

A infiltração dos esgotos no solo é o processo de tratamento mais natural que existe, e ao mesmo tempo oferece uma proteção eficiente das águas superficiais contra os efeitos da poluição. O solo pode absorver grandes volumes de águas servidas nos meses secos, no período em que a baixa vazão dos cursos de água acentua os efeitos da poluição. Também existe a vantagem promover o retorno ao solo as substâncias extraídas pelas culturas. Infelizmente o elevado custo do processo faz com que seja inexecutável economicamente na maioria das vezes (IMHOFF, 1966).

A idéia da aplicação de efluentes no solo, ao invés de aplicação em um ecossistema aquático seria a de que, no primeiro caso, a mistura ou a dispersão de esgotos na camada arável do solo favorece a estabilização microbiana do efluente, a adsorção, a imobilização de metais e sais dissolvidos, a recuperação de nutrientes por culturas ou pela cobertura vegetal, levando a uma assimilação do resíduo líquido (DE LUCA, 1999).

O Brasil oferece condições excepcionalmente favoráveis na reutilização de esgotos por disposição no solo, tanto pela disponibilidade de áreas como pelas condições climáticas adequadas, entre outros fatores (CAMPOS et al., 1999). Como no país aspectos religiosos não oferecem nenhum empecilho cultural à utilização de água residuária na agricultura, o reuso tem aceitação social assegurada (KÖNIG, 1999).

Segundo Paganini (1997), quatro propriedades do solo são extremamente importantes para sua utilização como local de disposição de esgotos, a saber:

a) capacidade de troca iônica: representa a quantidade total de cátions e ânions que são absorvidos por unidade de peso do solo. Solos úmidos possuem capacidade de troca de cátions entre moderada e grande, mas capacidade limitada para troca de ânions. A capacidade que um solo possui de reter os íons metálicos trazidos pelos esgotos, e impedi-los de atingir as águas superficiais e/ou subterrâneas, bem como os tecidos vegetais, depende em grande parte de sua capacidade de troca iônica;

b) capacidade tampão: provém de diversos fatores. Solos carbonatados tamponados para um pH igual ou maior que 7,0 inibem a solubilidade dos metais pesados;

c) filtrabilidade do solo: refere-se a sua eficiência como um filtro (físico) de partículas em suspensão. A filtração de organismos patogênicos provenientes do esgoto é um elemento importante para o sucesso da utilização de sua disposição em áreas agrícolas. Solos permeáveis de textura intermediária possuem um conteúdo coloidal suficiente para aprisionar ou reter partículas, e constituem-se nos melhores filtros;

d) microbiologia do solo: ocorrem transformações microbiológicas com os esgotos dispostos sobre o solo. Tais transformações envolvem a utilização de microrganismos, a fim de transformar alguns compostos que contêm os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, como, por exemplo, o nitrogênio, o fósforo, o enxofre e o carbono.

Essas quatro propriedades são o resultado de vários fatores, cuja interação, com reflexos sinérgicos ou inibitórios, fixará as propriedades do solo como um todo (EVANS, 1973).

A utilização das águas de esgotos tornou-se bem mais segura a partir do momento que o homem começou a dominar técnicas de análise física, química e microbiológica do solo e da água, podendo prevenir e corrigir fatores conforme suas necessidades. Vargas (1990), apontou previsões que indicavam que em Israel, à partir do ano de 2000, 25% das águas usadas para irrigação seriam de efluentes de sistemas de tratamentos de esgotos.

Como não é possível remover e utilizar todos os fosfatos e nutrientes que são responsáveis pela eutrofização dos cursos d'água pelos métodos de tratamento convencionais, perde-se todo esse material, o que é um grande desperdício, pois há uma necessidade crescente da aplicação de fertilizantes químicos no solo, visando assegurar a produção das culturas (CHATEAUBRIAND et al., 1988).

5.3 Aplicação de Efluentes no Solo e o Clima

O clima tem efeito direto sobre a velocidade das reações químicas e biológicas responsáveis pela degradação do efluente no solo (SCALOPPI; BAPTISTELLA, 1989). Quando se estuda a decomposição de substratos orgânicos, deve-se sempre levar em consideração a temperatura, pois ela é um dos principais fatores que atuam neste processo. Segundo Parr (1975), as máximas taxas de decomposição de resíduos e efluentes aplicados em um solo ocorrem em faixas de temperatura da ordem de 30 à 35 °C. Esta taxa de decomposição, aumenta em média de duas a três vezes para cada incremento de 10 °C na temperatura mínima e temperatura ótima.

Com a diminuição da temperatura, ocorre justamente o processo inverso, pois diminuída a atividade biológica, também será diminuída a decomposição dos resíduos. Para que haja uma diminuição da degradação nestes períodos, é necessário que haja uma diminuição na taxa de aplicação de efluentes no solo. Segundo Scaloppi e Baptistella (1989), a quantidade e a frequência de chuvas também interferem neste processo; quando ocorre precipitação podem haver também alguns efeitos que interferem negativamente em todo o processo. São eles o deflúvio superficial e percolação, com arrastamento de elementos químicos constituintes da fração solúvel dos efluentes.

5.4 Sistema de Irrigação Localizada

Na produção vegetal a água é um fator fundamental. Qualquer cultura durante o ciclo de desenvolvimento consome grande volume de água. Por volta de 98% deste volume apenas passa através da planta, sendo perdido posteriormente pelo processo de transpiração. Este fluxo de água é necessário para o desenvolvimento vegetal. O solo comporta-se como reservatório dessa água, armazenando-a temporariamente e fornecendo-a às plantas à medida de suas necessidades (GUTIERREZ, 2000).

Segundo Zanini (1991), basicamente, a distribuição de água no perfil do solo, sob irrigação por gotejamento tradicional, compreende três regiões:

- a) zona de transição: formada logo abaixo da superfície do solo, com teor de água em torno da saturação;
- b) zona molhada: zona na qual a maioria das raízes se desenvolve e a água se expande a partir da zona de transição, pela atuação da força gravitacional e de forças de forças de capilaridade. Nessas duas regiões, o teor de água decresce com a distância do ponto de fornecimento e as condições da aeração aumentam;
- c) frente de molhamento: região onde a umidade é muito próxima da umidade inicial do solo. Para solos argilosos existe predominância de forças capilares e o bulbo se torna mais achatado e raso do que para solos arenosos.

A irrigação localizada tem como objetivo molhar apenas o volume de solo compreendido pelas raízes das plantas, fazendo assim com que aquele local seja o único reservatório de água da planta. Por isso é de grande importância, o conhecimento da quantidade e da qualidade de água que está se aplicando, e também de sua distribuição espacial e temporal no solo.

Neste tipo de irrigação, forma-se um bulbo molhado no solo, no qual se encontrarão produtos aplicados via água de irrigação, tais como fertilizantes, nematicidas, fungicidas, etc.. O tamanho deste bulbo dependerá do tipo de solo, do tempo de aplicação e principalmente pela vazão do gotejador (BENAMI; OFEN, 1984).

A resolução do CONAMA n.º 20, de 18/06/86, dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 0,3%) e salinas (salinidade > 0,3%). Em função dos usos previstos, foram criada nove classes. O Quadro 6 apresenta as classes relativas a água doce para uso em irrigação.

Quadro 6 Classificação das águas doces para uso em irrigação.

<i>Classe</i>	<i>Uso em Irrigação</i>	<i>Descrição</i>
Especial	Não	Águas destinadas para usos mais nobres (abastecimento doméstico e preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas).
Classe 1	Sim	Águas destinadas a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

Continuação.....

Classe 2	Sim	Águas destinadas a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas
Classe 3	Sim	Águas destinadas a irrigação de culturas arbóreas, cercalíferas e forrageiras
Classe 4	Não	Águas destinadas para usos menos nobres (navegação, harmonia paisagística e usos menos exigentes).

Fonte: Resolução do CONAMA n.º 20, 18/06/86

5.4.1 Sistema de Irrigação Localizada Subsuperficial

A irrigação por gotejamento subsuperficial é definida pela ASAE S526.1, de 1997, como "aplicação de água abaixo da superfície do solo através de emissores com taxa de descarga semelhante à irrigação por gotejamento superficial" (DALRI, 2001; GOMES, 2001).

Irrigação por subsuperfície é a aplicação de água abaixo da superfície do solo, tendo em vista o movimento por capilaridade para a zona radicular da cultura e difere da subirrigação, que exige a elevação do lençol freático até a zona radicular (HILLER; HOWELL, 1973).

A definição do termo irrigação subsuperficial torna-se pertinente quando este método é comparado com a subirrigação. Neste caso há a necessidade que ocorra elevação do lençol freático para a modificação do teor de água no solo, procedimento este possível quando se utilizam sistemas de drenagem na área em questão (MOURA 1998).

“Subsurface Drip Irrigation”, ou seja, irrigação subsuperficial, é uma variação do sistema tradicional de gotejamento aonde tubos e emissores são enterrados abaixo da superfície do solo. O seu uso vem sendo apontado por muitos pesquisadores como o futuro da irrigação nos próximos anos e décadas. Atualmente estão sendo usados para este tipo de irrigação fitas de gotejamento, mangueiras de polietileno e tubos porosos.

As vantagens da irrigação subsuperficial em relação aos outros sistemas é que há uma menor perda de água por evaporação, menor incidência de ervas

daninhas, menor escoamento superficial, menor uso de fertilizantes e maior eficiência em sua aplicação, menor umidade e conseqüentemente menor incidência de doenças, menores danos no equipamento durante a colheita e menor danos causados por animais, insetos, ou vandalismo humano (ZOLDOSKE, 1999).

Em trabalho comparando a irrigação localizada por gotejamento superficial com a irrigação localizada por gotejamento subsuperficial na cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L.), cultivar “Lucy Brow”, Gomes (2001) observou que os parâmetros diâmetro da cabeça, massa fresca total e massa fresca da cabeça, apresentaram melhores respostas aos valores de baixo potencial de água no solo quando irrigados por gotejamento subsuperficial.

Como todos os outros sistemas, a irrigação subsuperficial apresenta desvantagens, mas que podem ser evitadas se forem tomadas as medidas necessárias para minimizá-los. Entre os problemas que podem ser evitados estão a entrada de raízes na tubulação, de terra nos emissores e acumulação de sais entre as linhas de gotejo (AYARS et al., 1995).

Moura (1998) cita os aspectos negativos do método como sendo a possibilidade de obstrução dos emissores, a dificuldade de inspeção, reparação e manutenção dos equipamentos instalados sob a superfície do solo. Atualmente, parte desses problemas está sendo minimizada com o desenvolvimento tecnológico que envolve a fabricação dos emissores e melhoria dos processos de filtração.

Dalri (2001), que avaliou alternativas para contornar o problema de obstrução dos emissores na irrigação subsuperficial da cana-de-açúcar, constatou que o uso de 0,125 ml de Trifluralina por emissor impediu a intrusão de radículas de cana-de-açúcar nos emissores.

As vantagens da irrigação subsuperficial são a menor incidência de plantas daninhas, o menor requerimento de tratamentos culturais e conseqüentemente uma maior produtividade da cultura. Também pode ser observado uma menor compactação e também menor incidência de doenças de solo (DELMANTO JÚNIOR, 1999).

Resultados obtidos por Rubeiz et al. (1989), citados por Oliveira (1997), comparando sistemas de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial, demonstram que o sistema de irrigação por subsuperfície necessitou de quantidades menores

de água, no verão, comparado com o sistema de irrigação superficial; ressaltam ainda, vantagens do sistema subsuperficial sobre o sistema superficial em climas áridos.

Durante o período de 10 anos, de 1984 à 1993, Phene e Ruskin, (1995) utilizaram um sistema de irrigação subsuperficial intensamente para o desenvolvimento de várias colheitas de campo, alcançando freqüentemente uma alta eficiência do uso de água.

O projeto e o sucesso da operação desse sistema evoluiu durante vários anos. Porém devido ao fato de que os sistemas de radiculares de culturas irrigadas através de sistemas de irrigação subsuperficiais serem mais profundos, a administração de fertilizantes torna-se mais crítica, desde a zona de raízes e se estendendo por todo solo carente de nutrientes (PHENE; RUSKIN, 1995).

Phene et al. (1993) discutiram a economia desse sistema, usando resultados do cultivo de algodão em um projeto demonstrativo de cinco anos, fundado pelo Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia (DWR) e de vários sistemas comerciais em grande escala. Os resultados do projeto do DWR demonstraram que até no algodão (que é uma cultura marginal em termos de economia), o sistema de irrigação subsuperficial foi economicamente viável, e o retorno foi de uma renda líquida média (em dólares) de US\$ 660,00/ha/ano, US\$ 72,00 à US\$ 156,00 a mais que a irrigado por sulcos convencionais e que os sulcos convencionais melhorado, respectivamente.

5.5 Irrigação com Águas Residuárias

A qualidade da água para irrigação deve atender certas características gerais e portanto ser analisada em relação a cinco parâmetros básicos: salinidade, proporção relativa de sódio, concentração de elementos tóxicos, concentração de bicarbonatos e aspecto sanitário com relação aos organismos patogênicos.

O ser humano descarta aproximadamente de 100 à 400 bilhões de organismos coliformes por dia, além de outros tipos de bactérias. Os coliformes são encontrados no intestino do homem e no de animais de sangue quente, onde vivem saprofiticamente, não causando em geral, nenhum dano ao hospedeiro. Segundo Branco

(1986), esses organismos nem sempre são patogênicos, mas indicam uma satisfatória contaminação e a potencialidade de transmissão de doenças.

Contaminações por coliformes fecais na água podem indicar a presença de organismos patogênicos, que causam doenças como febre tifóide, febres entéricas e ainda infecções generalizadas com acesso à corrente sanguínea e a urina. Alguns organismos patogênicos podem infectar o homem a partir das fezes de outros animais, sendo de suma importância que este fator seja considerado como uma barreira sanitária específica (PAGANINI, 1997).

Embora a utilização de coliformes em substituição aos coliformes totais tenha implicado numa vantagem como indicador de contaminação de origem fecal na água, tornou-se evidente posteriormente, a existência de outros coliformes também termotolerantes. Além da *Escherichia coli*, principalmente os do gênero *Klesbsiella*, e estes, por não serem de origem exclusivamente fecal, esses outros tipos de coliformes comprometem a especificidade deste subgrupo como indicador de contaminação fecal (ELDBERG et al., 1986).

Para contornar a controvérsia da existência de coliformes que não são exclusivamente de origem fecal e a presença destes como microrganismos patogênicos, vários autores sugeriram a utilização da *Escherichia coli* como indicadora de poluição fecal. A *Escherichia coli* é um microrganismo presente na flora intestinal humana e constitui o principal componente do grupo coliformes fecais e foi até 1950 reconhecida como não patogênica (DUFOUR, 1977). O mesmo autor afirmou que dos coliformes totais encontrados nas fezes frescas de animais de sangue quente, mais de 90% corresponde a *Escherichia coli* e o remanescente tem sido associado a outras espécies.

Os primeiros padrões adotados para irrigação com águas residuárias foram estabelecidos no estado da Califórnia (Estados Unidos) em 1918, os quais, dentre outras normas, proibia a utilização de efluentes brutos e de tanques sépticos para a irrigação de vegetais ingeridos crus (BASTOS; MARA 1993).

A Califórnia tem um dos padrões mais rigorosos do mundo: 2,2 coliformes/100 ml para culturas consumidas cruas (LÉON; MOSCOSO, 1999). Castro de Esparza e Sáenz (1990), sugerem que para que não se encontre *Salmonella* spp em verduras irrigadas com águas residuárias, o limite de coliformes fecais na água de irrigação deve ser de 10^4 organismos/100 ml.

Vários estudos foram idealizados para se ter índices aceitáveis, até que em 1985, no documento conhecido como relatório de Engelberg, a OMS passou a recomendar um padrão de qualidade bacteriológica de 1000 coliformes fecais/100 ml para irrigação sem restrições. Desde a publicação dos critérios da OMS, diversos estudos permitiram, de certa forma, o respaldo dos padrões estabelecidos.

No Brasil a resolução n.º 20/86 do CONAMA de 18/08/86 estabelece que para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de plantas frutíferas que se desenvolvem rente ao solo as águas não devem ser poluídas com excrementos humanos. O Quadro 7 estabelece as condições sanitárias de águas destinadas à irrigação, de acordo com a resolução do CONAMA.

Quadro 7 Condições sanitárias de águas destinadas à irrigação.

<i>Classe</i>	<i>Condição Sanitária</i>
Classe 1	As águas não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.
Classe 2	Não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes/100 ml, em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice será de até 5000 coliformes totais/100 ml em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

Continuação....

Classe 3	Número de coliformes fecais até 4000/100 ml, em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice será de até 20.000 coliformes totais/100 ml em 80% ou mais de, pelo menos, 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.
----------	---

Fonte: Resolução do CONAMA n.º 20, 18/06/86

Para alimentos, a legislação em vigor no Brasil é regulamentada pela portaria n.º 451 de 19/08/97 e aprovado pela Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (SVS). Para hortaliças frescas, refrigeradas ou congeladas, consumidas diretamente, estabelece a ausência de *Salmonella* spp em 25 gramas de produto e presença máxima de 200 coliformes fecais/grama. No Quadro 8, Bastos (1999) apresenta os critérios de qualidade bacteriológica de frutas e hortaliças no Brasil.

Quadro 8 Critérios de qualidade bacteriológica de frutas e hortaliças no Brasil.

<i>Alimentos</i>	<i>Salmonella</i> ssp	<i>Coliformes fecais</i> (NMP g ⁻¹)
Frutas frescas, inteiras, refrigeradas ou congeladas, consumidas diretamente	Ausência em 25 g do produto	200
Frutas e hortaliças secas, desidratadas ou ionizadas	Ausência em 25 g do produto	10
Frutas cristalizadas	Ausência em 25 g do produto	10

Fonte: adaptado de BASTOS (1999).

Segundo Melo (1978), os organismos patogênicos apresentam os seguintes tempos de sobrevivência em produtos agrícolas:

- *Salmonella* spp: 10 à 53 dias nas raízes, 1 à 40 dias em folhas vegetais em até 2 dias em frutos;
- *Shigela* spp: 2 à 7 dias em folhas e até 6 dias em frutos;
- *Enterovirus*: 15 à 60 dias em raízes e em folhas;
- *Ascaris* spp (ovos): até 35 dias em folhas;
- *Entamoeba histolytica*: até 3 dias em folhas.

Segundo Feachem et al. (1983), os ovos de *Ascaris lumbricoides* podem sobreviver de 1 à 2 anos no solo úmido e contaminar os produtos irrigados, em particular aqueles muito próximos do solo, como alface, pepino, repolho, coentro, etc..

Maciel (1984) cita que o ciclo de vida da maioria dos helmintos ocorre de forma direta, envolvendo uma fase parasitária, representada pela população deles no hospedeiro e outra não parasitárias, ocorrendo no meio externo. O alojamento no hospedeiro é responsável pela taxa de contaminação ambiental, enquanto o do meio externo condiciona a taxa de infecção dos hospedeiros.

Este ciclo de vida da é composto por uma serie de eventos: sobrevivência e desenvolvimento dos ovos, sobrevivência dos ovos embrionados, eclosão, desenvolvimento larval a larva infectante, ingestão de larvas infectantes, cruzamento dos helmintos adultos de sexo diferente no hospedeiro, com eliminação dos ovos nas fezes completando o ciclo (LEVINE, 1974 citado por MACIEL, 1984). Entre os elementos climáticos que afetam a eclosão dos ovos e o comportamento das larvas de nematódeos, os mais importantes são a temperatura e a umidade,

Os ovos e as larvas de nematóides são resistentes ao estresse do meio ambiente e podem sobreviver aos procedimentos usuais de desinfecção. Porém, os ovos de helmintos são removidos por processos utilizados na pratica do tratamento dos esgotos, como a sedimentação, a filtração e os sistemas de lagoa de estabilização. A vida livre na fase larvária dos nematóides não é patogênica ao ser humano.

Segundo Santos (1999), as infecções intestinais causadas por helmintos são muito comuns em seres humanos em todo o mundo, sendo as causadas por

nematóides do solo as mais prevalentes e a maior causa de mortalidade de crianças em países em desenvolvimento.

O aspecto sanitário levanta duas situações, cabíveis de análise, que são a possível contaminação do irrigante durante a condução da irrigação e a contaminação dos usuários pelos produtos irrigados. A escolha de um sistema adequado de irrigação pode amenizar ou até eliminar qualquer risco provável de contaminação.

Outras características importantes que devem ser observadas na qualidade da água a ser utilizada na agricultura são as características físicas e químicas. Ayres e Westcot (1991), afirmaram que a qualidade de e/ou sua adequabilidade à irrigação é determinada pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso em longo prazo. Salinidade, toxicidade, alteração no pH, excesso de nutrientes, alteração na permeabilidade, são alguns dos problemas mais comuns observados em solos irrigados com águas residuárias.

Antes de se irrigar uma área com águas provenientes de efluentes urbanos, é necessário que se faça uma decantação desta água em tanques de acumulação ou lagoas de estabilização, que podem ser construídos de simples taludes de terra, sem revestimento. Um inconveniente certamente é o cheiro desagradável, pois geralmente o esgoto atinge um estado séptico devido a permanência prolongada nos decantadores e nas canalizações extensas. Pode se fazer um tratamento biológico, e se necessário a cloração antes da irrigação (IMHOFF, 1966).

Lagoas de estabilização são estruturas simples que armazenam águas com o objetivo de melhorar suas características sanitárias. As lagoas de estabilização são construídas, geralmente, com pouca profundidade (2 à 4 m) e têm período de detenção relativamente elevado, em geral vários dias (LÉON; MOSCOSO, 1999). Segundo os autores, a partir do instante em que as águas residuárias são descarregadas em lagoas de estabilização ocorre, de forma espontânea, um processo conhecido como autodepuração ou estabilização natural, mediante fenômenos físicos, químicos, bioquímicos e biológicos. Esses processos ocorrem em quase todas as águas armazenadas com alto teor de matéria orgânica putrescível ou biodegradável.

5.5.1 Fertirrigação com Águas Residuárias

Segundo Paganini (1997), uma das mais antigas práticas de se tratar os resíduos de esgotos é a aplicação destes no solo. Na Inglaterra, no início do século XIX, haviam verdadeiras “fazendas de esgoto”. Anos depois, disseminaram-se por toda Europa e Estados Unidos. Surgiu então a seguinte idéia: fazer irrigação usando este tipo de efluente, objetivando a produção agrícola, pois sabe-se que este é rico em nutrientes. Mas com o desenvolvimento da microbiologia sanitária, e uma maior preocupação com a saúde pública, esta prática foi quase que descartada a partir da metade do século XX (MARA; CAIRNCROSS, 1989).

Atualmente está havendo um grande interesse pela irrigação com esgotos devido ao avanço técnico-científico dos conhecimentos sobre o reuso para fins agrícolas, tanto potenciais como limitantes. Outro fator importante é a escassez de água, que segundo afirmações dos mais pessimistas, será o grande problema deste milênio.

Também foi levado em consideração para a retomada desta prática, a realização do controle efetivo deste reuso, que apesar de ter sido discriminado, não foi banido, propiciando assim a prática espontânea por alguns pequenos produtores, que devido a escassez de água, e sabendo do grande potencial nutricional deste tipo de efluente continuaram a utilizá-la (BASTOS, 1999).

As vantagens da irrigação com águas residuárias são a economia de água e de fertilizantes, a reciclagem de nutrientes e controle da poluição. Sabe-se que os teores de macro e micronutrientes existentes no esgoto são capazes de atender as necessidades da maioria das culturas, porém segundo Bouwer e Idelovitch (1987); Evans et al. (1991), pode haver um acréscimo de 200 à 400 mg L⁻¹ de sais e 300 mg L⁻¹ de sólidos dissolvidos inorgânicos no uso domiciliar da água.

Segundo Oron et al. (1992), a fertirrigação localizada com águas residuárias reveste-se de enorme potencial ao reunir diversos atrativos de ordem agrônômica, além de reduzir os riscos de contaminação das culturas. Devido aos altos teores de sólidos em suspensão, precipitação química, acúmulo de partículas inorgânicas no interior da tubulação e nos gotejadores, formação de algas, etc., pode haver a princípio o risco adicional de entupimento dos equipamentos de irrigação (TAYLOR et al., 1995).

Segundo Oron et al.(1980), Adin e Sacks (1987) e Taylor et al. (1995), existem diversos estudos que, apesar de mostrar as limitações inerentes a irrigação localizada usando águas residuárias, indicam que essas limitações não são insuperáveis. Ações preventivas e corretivas contra entupimentos, usualmente empregadas com sucesso, incluem a filtragem em areia, filtros de tela com alto lavagem, cloração e descargas periódicas para a lavagem das linhas laterais.

Os governos tem papel importante na irrigação com águas residuárias, criando planos e programas destinados para tal fim. No Peru, o Programa Nacional de Irrigação com Águas Residuárias prevê a implantação por etapas de 18.000 ha de área irrigada. Entretanto, dos cerca de 4.300 ha hoje irrigados, aproximadamente 70% são utilizados para o cultivo de hortaliças, em sua maioria com águas residuárias brutas. Em Israel, por volta de 2010, os esgotos sanitários tratados responderão por quase 30% de toda água disponibilizada para agricultura (SHELEF, 1991).

No município de Botucatu - SP, Brasil, Souza (1997), utilizou-se das águas do Ribeirão Lavapés para irrigação da cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L.), cultivar “Elisa lisa”, sob quatro regimes de aplicação de águas. Concluiu que a possibilidade de aproveitamento de águas residuárias pode trazer ainda maiores benefícios aos usuários, como por exemplo, uma menor utilização de insumos, principalmente fertilizantes, sem prejuízo à produtividade e qualidade dos produtos obtidos. Este experimento também analisou amostras da culturas para determinação da presença de microrganismos. Os resultados não apontaram a presença de coliformes totais e fecais nas amostras.

Conte (1992), coletou 112 amostras de água do Ribeirão Lavapés e as submeteu a análise química para determinação de espécies químicas inorgânicas nas formas dissolvidas e totais. Foram encontradas concentrações de nitrogênio nas formas de amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Também encontrou-se concentrações de cloro como Cl^- , de enxofre como SO_4^{2-} e dos seguintes elementos na forma total: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), níquel (Ni), silício (Si), alumínio (Al), bário (Ba), sódio (Na) e mercúrio (Hg).

Um ponto é de domínio público: o uso de esgotos para irrigação certamente envolve riscos para saúde. O que se torna fator de discussão, é quanto à definição

de riscos aceitáveis, ou seja, quanto aos padrões de qualidade e níveis de tratamento requeridos para garantir a segurança sanitária (BASTOS, 1999).

5.6 Sistemas de Tratamento de Água para Irrigação

5.6.1 Tratamento Preventivo com Cloro

O tratamento utilizando cloro tem por objetivo o efeito bactericida. Recomenda-se que no emissor mais distante, durante pelo menos 45 minutos, a água deve sair com uma concentração de cloro livre entre 0,5 à 1,0 mg dm⁻³. Se o tempo for inferior a 45 minutos, não há nenhuma segurança contra o efeito bactericida; se a concentração de cloro for menor, pode haver uma estimulação e um rápido crescimento das bactérias. Deve se medir, em um sistema correto, a quantidade de cloro livre e não a de cloro total. Para esses efeitos, a ortotolidina de uso freqüente em piscinas, que se colore de amarelo em presença do cloro, é insatisfatória. Um bom sistema de medida é o que utiliza a DPD (N-dietil-p-fenil-diamina), que permite medir o cloro livre (PIZARRO-CABELLO, 1996).

Nakayama e Bucks (1986) recomendam uma concentração final de cloro livre residual de 1 mg L⁻¹, devendo este valor ser acrescido de 0,6 mg L⁻¹ de cloro para cada 1,0 mg L⁻¹ de ferro presente na água. Keller e Bliesner (1990) e Phene et al. (1993) citados por Andrade (1999), recomendam a dosagem na qual o cloro, para casos do surgimento de limbo, deve-se manter de 1 à 2 mg dm⁻³ de cloro livre no final das mangueiras gotejadoras. Porém esta recomendação serve para o caso de aplicação de cloro durante todo o ciclo da cultura no campo.

5.6.2 Filtros para Irrigação

Em um sistema de irrigação localizada a qualidade da água é um fator essencial, pois devido ao pequeno diâmetro dos orifícios dos gotejadores, partículas em suspensão podem provocar entupimentos, diminuindo a eficiência do sistema.

Segundo Ayers e Westcot (1985), o problema mais comum em irrigação localizada por gotejamento são as obstruções causadas por sólidos em suspensão, os quais ocorrem mais frequentemente nas águas superficiais. Em sistemas que se utilizam do bombeamento de águas subterrâneas, partículas de areia e silte podem ser enviadas para o interior das tubulações. Cursos d'água que apresentam teores de sólidos em suspensão maiores que 50 mg L^{-1} já possuem moderada restrição de uso para sistemas de irrigação localizada, sendo necessária a instalação de filtros (NAKAYAMA; BUCKS, 1986).

Precipitações químicas de materiais como carbonato, sulfato de cálcio e oxidação de ferro, que são produzidos gradualmente e, portanto, são mais difíceis de se localizar também podem causar obstruções (AYERS; WESTCOT, 1985).

5.6.2.1 Filtro de Tela

O filtro de tela utiliza uma simples barreira de tecido ou malha para separar os sólidos em suspensão da água. Qualquer dano nessa malha compromete toda a tubulação a jusante do filtro, causando entupimento. O elemento filtrante também pode ser feito de aço inox ou plástico industrial. Os orifícios do filtro podem variar de 0,074 mm (200 mesh ou malha por polegada) até 0,2 mm (80 mesh), onde são retidas as impurezas em diferentes graus de filtragem. Esse tipo de filtro requer um monitoramento freqüente, fazendo sua limpeza quando necessário (PHILLIPS, 1995).

Testezlaf e Ramos (1995), determinaram o comportamento hidráulico, em termos de perda de carga e vazão, de filtros de tela e disco, em elementos filtrantes com número de mesh 120 e 155, instalados no cabeçal de controle de um sistema de irrigação localizada. Verificou-se que o filtro de disco apresentou valores de perda de carga superiores ao filtro de tela, tanto com mesh 120 quanto com mesh 155. Por outro lado, o elemento filtrante com mesh 155 provocou uma perda de carga superior ao com mesh 120 em filtro de disco, enquanto, em filtro de tela, a diferença do valor de perda de carga entre os números de mesh não foi significativa.

5.6.2.2 Filtro de Areia

O filtro de areia com sistema retrolavável é conhecido como “um produto de escolha”, para aplicações nas quais o nível de impurezas vai do moderado ao pesado e para todas as possibilidades de contaminação orgânica. Pode ser uma ferramenta tremendamente valiosa quando operado e mantido corretamente, possuindo uma vida útil de 10 à 20 anos, com as mínimas quantidades de manutenção normal.

É indicado para remoção de alto teor de matéria orgânica ou inorgânica contida na água para irrigação, que pode causar entupimento dos emissores. É comumente utilizado de forma conjugada com filtros de tela ou disco. Sua limpeza é feita facilmente com a retrolavagem, recomendada a cada aumento de 10 - 20 % da perda de carga normal do filtro. Segundo Phillips (1995), embora possua muitas vantagens, o filtro de areia requer uma seleção formal, classificando segundo o tamanho, instalação e gerenciamento operacional.

5.7 A Cultura da Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence a família *Compositae*, tribo *Cichorieae*, a qual é caracterizada pelo hábito herbáceo devido ao caule muito curto, não ramificado, dando a planta um aspecto de roseta (BUENO, 1998). No entanto, Yuri (2000) refere que a alface faz parte da família *Asteraceae*, sendo uma planta herbácea muito delicada, com caule diminutos, não ramificados, ao qual se prendem as folhas. Estas são grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não em forma de "cabeça". Sua coloração varia de verde amarelado até o verde escuro.

A cultura possui folhas arredondadas, lanceoladas ou quase espatuladas, podem encurvar-se e formar a característica das variedades repolhudas que é popularmente denominada de “cabeça”. Sua consistência pode ser coreácea ou tenra e pode possuir os bordos dos limbos foliares lisos, crespas ou ondulados (FILGUEIRA, 1982). Marovelli et al. (1989) citam que o sistema radicular da alface (*Lactuca sativa* L.) é do tipo

pivotante, com ramificações finas e curtas que chegam a alcançar de 15 à 30 cm de profundidade durante a fase vegetativa.

A alface americana possui “cabeça” compacta e folhas crocantes que mantém esta condição quando em contato de alimentos quentes, vindo ser muito utilizada em sanduíches. Só nos Estados Unidos são plantados cerca de 80.000 ha de alface anualmente, sendo em sua maioria a do tipo americana. No Brasil, este tipo de alface vem sendo cultivada para atender a demanda das redes de “fast food”, devido as suas características. A variedade mais utilizada é a “Lorca” (BUENO, 1998). Outras variedades que estão sendo plantadas no sul do estado de Minas Gerais (Brasil) são: “Niner”, “Ryder”, “Lucy Brown” e “Mesa 659”. A cultivar “Mesa 659” possui cabeças grandes, escuras, com caule de tamanho médio, resistente a queima de bordas (JACKSON et al., 1997 citados por BUENO 1998).

A alface pode ser classificada em cinco grupos distintos, dentre os quais encontra-se o “Crisphead lettuce”, a alface americana, esta apresenta como características principais, cabeças crespas com nervuras salientes e as folhas são imbricadas, semelhantes ao repolho, por exemplo, “Great Lakes”, “Mesa” e “Salinas” (MALUF, 1994).

O grupo mais utilizado nos EUA é a “Crisphead lettuce” também denominado “Iceberg lettuce” ou “Americana”. Possui folha bastante quebradiça, tipo crocante, tem nervuras salientes e forma cabeças. É representado, entre outras, pelas seguintes cultivares: “Mesa”, “Great Lakes”, “Salinas”, “Calmar”, “Lucy Brown” e “Lorca” (ALVARENGA, 1999).

Quanto aos nutrientes, a alface é bastante exigente. É necessário que se faça um controle adequado do pH do solo, pois com a acidez, há uma diminuição da produção. Outro fator limitante é o risco de salinização, que deve ser previamente estudado.

Segundo Couto e Branco (1963), o nitrogênio é o nutriente que promove maior incremento na produtividade e no peso da planta. Estes autores também observaram que a interação fósforo - nitrogênio é significativa, indicando que o seu emprego aumenta a produtividade, em relação à soma dos efeitos de qualquer um deles isoladamente.

Sendo a alface composta basicamente por folhas, a cultura responde mais ao fornecimento de nitrogênio, nutriente que requer um manejo especial quanto a adubação, por de fácil lixiviação e pelo fato da cultura absorver cerca de 80% do total extraído nas últimas quatro semanas do ciclo (GARCIA et al., 1982) A deficiência de nitrogênio em

alface retarda o crescimento da planta e induz ausência ou má formação da cabeça, as folhas mais velhas tornam-se amarelas e desprendem-se com facilidade. Por outro lado, quando aplicado em excesso na adubação de cobertura no último terço do ciclo, as cultivares que formam cabeça apresentam menor firmeza, o que é prejudicial à comercialização.

A alface apresenta aproximadamente 95,80% de água, 2,30% de hidratos de carbono, 1,20% de proteínas, 0,20% de gorduras, 0,50% de sais minerais (13,30 mg de potássio, 147 mg de fósforo, 133 mg de cálcio e 3,85 mg de sódio, magnésio de ferro), 245 UI de vitamina A, 0,31 mg de vitamina B1, 0,66 mg de vitamina B2 e 35 mg de vitamina C (GOMES, 2001). Segundo o autor, depois de colhidas o peso médio das cabeças de alface entre os produtores do sul de Minas está entre 500 e 600 g.

Bueno (1998) encontrou plantas com 801,17 gramas com a cultivar híbrido “Lorca”, para dose de 80,13 Kg N ha⁻¹, em experimentos via fertirrigação por gotejamento em ambiente protegido testando doses de nitrogênio realizados no município Lavras, Minas Gerais.

Testando diferentes tipos de cobertura de solo no verão para alface americana cultivar Tainá, Pereira et al. (2000) observaram em média peso fresco de cabeça de 493,49 g, quando cultivadas em canteiros com cobertura de plástico prata, contra 357,37 g da testemunha, um acréscimo significativo na produtividade.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Área Experimental

Instalou-se uma área experimental dentro da Fazenda Lageado, na Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, campus de Botucatu – SP (Brasil), próxima ao Ribeirão Lavapés, que foi o objeto de estudo deste trabalho. O local, cercado por alambrado, possui uma área total de 1800 m². Foram instalados dois portões, abrigo para o conjunto motobomba e materiais de reposição, um tanque reservatório da marca RECOLAST, com capacidade de armazenamento de 40 m³ e todo o sistema de irrigação (filtros de areia e de tela, reguladores de pressão, injetor de fertilizantes do tipo Venturi e toda a tubulação de sucção, recalque e distribuição). Fez-se o plantio de grama e a colocação de brita ao redor do tanque reservatório e do abrigo do conjunto motobomba.

O local foi escolhido devido ao seu isolamento, sendo distante de outras edificações, e por ser próximo tanto do Ribeirão Lavapés, quanto de ramais de esgoto bruto que passam em tubulação ao lado da área. A área permaneceu durante um grande período sem nenhuma alteração. Consta que a mais de vinte cinco anos não há cultivo local. A Figura 1 apresenta o esquema da área experimental.

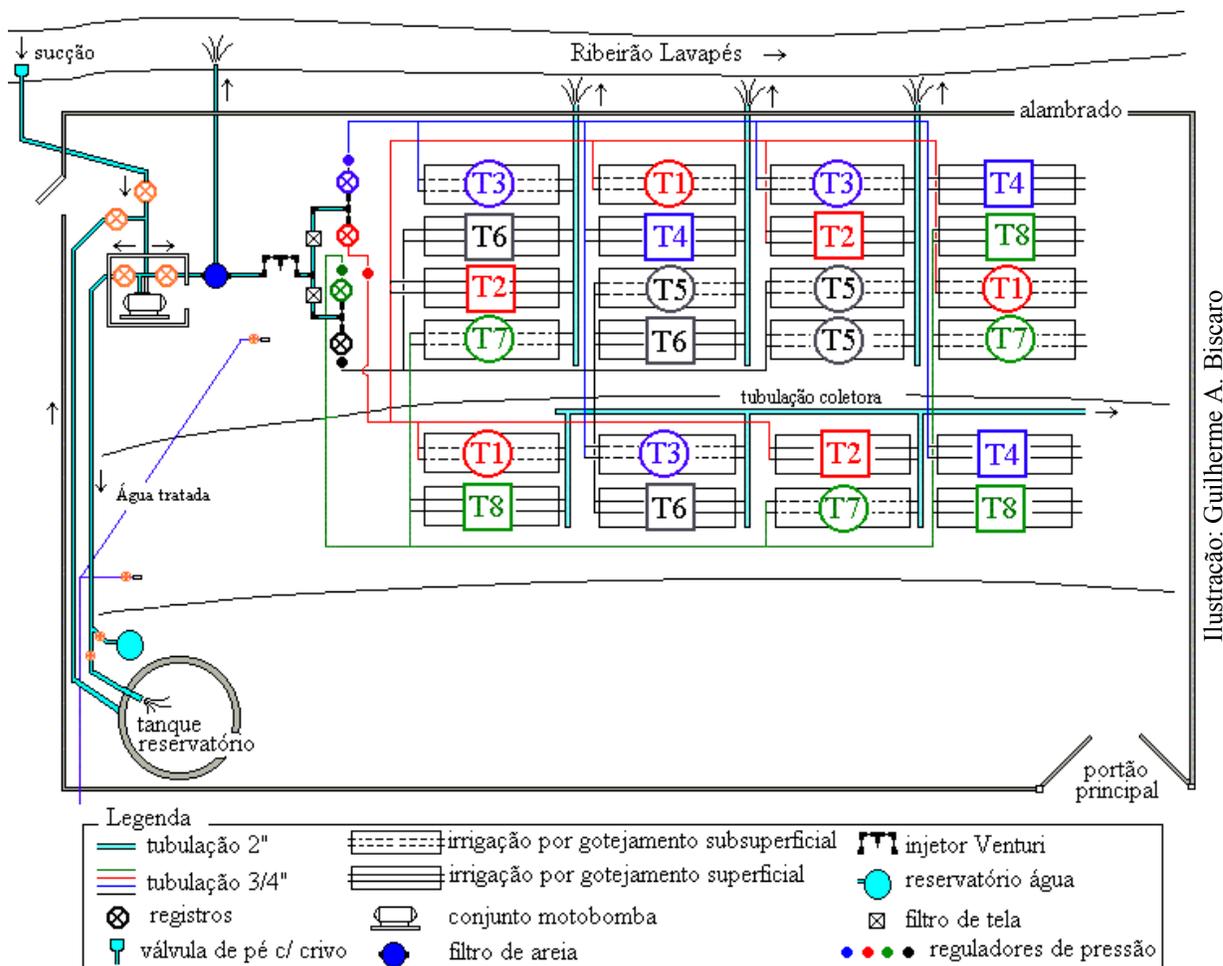


Figura 1 Esquema da área experimental.

6.2 Ribeirão Lavapés

A bacia hidrográfica deste ribeirão foi descrita por Leopoldo (1989) e apresenta uma área de 41 km², considerando-se a saída na FCA, cuja ocupação mostrava-se assim distribuída: 47,5% de área urbana; 7,4% por culturas diversas; 7,3% por matas naturais ou reflorestamento; 37,7% por campos e 0,1% por outros tipos de cobertura. Ela é situada geograficamente entre as coordenadas 48° 20' a 48° 22' de longitude W e 22° 42' a 22° 56' de latitude S, apresentando uma área territorial de aproximadamente 10.670 hectares (CAMPOS 1997).

A bacia apresenta uma densidade de drenagem de $1,36 \text{ km km}^{-2}$ e declividade média de 11%. A altitude média é de 825 metros. O Ribeirão Lavapés é o seu principal curso d'água, com 11 km de extensão e corta a cidade de Botucatu de SO para NE. Possui vários afluentes, entre os quais o Antartica, Boa Vista, Cascata, Tanquinho e Água Fria.

Na rede hidrográfica do município de Botucatu, as bacias do Rio Pardo e a do Ribeirão Lavapés assumem papel em destaque. O Rio Pardo, afluente da margem direita do Paranapanema, é a principal fonte de abastecimento da cidade. Com isso, o Ribeirão Lavapés recebe diariamente milhares de metros cúbicos desta água, além de receber resíduos domésticos e industriais da cidade (Conte 1992). A Figura 2 apresenta o Ribeirão Lavapés, que passa ao lado da área experimental.



Foto: Guilherme A. Biscaro. Botucatu, janeiro de 2000.

Figura 2 Foto do Ribeirão Lavapés ao lado da área experimental.

A descarga média da bacia junto á saída na fazenda Lageado é de $0,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, com produção diária calculada em 51.840 m^3 . Desse total, estima-se que cerca de

30.000 m³ são oriundos do Rio Pardo, pertencente à bacia do rio Paranapanema, bombeados para a cidade de Botucatu, para fins de abastecimento público (LEOPOLDO, 1989).

O Ribeirão Lavapés recebe os esgotos doméstico e industrial, sem tratamento, da cidade de Botucatu, além dos dejetos de dois curtumes locais o que impede que haja qualquer aproveitamento imediato de suas águas.

6.3 Sistema de Irrigação

O tubo gotejador, ou mangueira gotejadora (termo utilizado pelo fabricante) utilizado no experimento é da marca CHAPIN, modelo 6100, de espessura 200 μ , e com espaçamento de 10 cm entre emissores. É produzida nos Estados Unidos e possui gotejadores integrados na mangueira. Estes são constituídos de pré filtro, galeria linear, galeria tortuosa (labirinto) e da saída de gotas. O pré filtro está presente em toda extensão da mangueira.

Foram irrigados 24 canteiros, com as seguintes dimensões cada: 1,20 x 6,00 m. As mangueiras foram dispostas aos pares em cada canteiro, distantes 0,40 m, e com 6,00 m de comprimento. Toda a linha de distribuição foi composta de tubos de polietileno de 1". A tubulação de sucção, recalque e estação de controle (filtros de tela e de areia, injetor de fertilizantes) foi composta de tubulação de PVC branco de 2". Esta tubulação, recomendada para instalações de esgoto residencial, não é indicada para o uso em sistemas de irrigação. No caso desse experimento, com o controle adequado de pressão, mostrou-se bastante eficiente, além de promover uma boa relação custo benefício.

As mangueiras gotejadoras subsuperficiais foram instaladas a uma profundidade aproximada de 5 à 7 cm da superfície. Esta profundidade foi proposta para que o "pegamento" inicial das mudas da alface não fosse afetado. A Figura 3 apresenta as mangueiras gotejadoras.

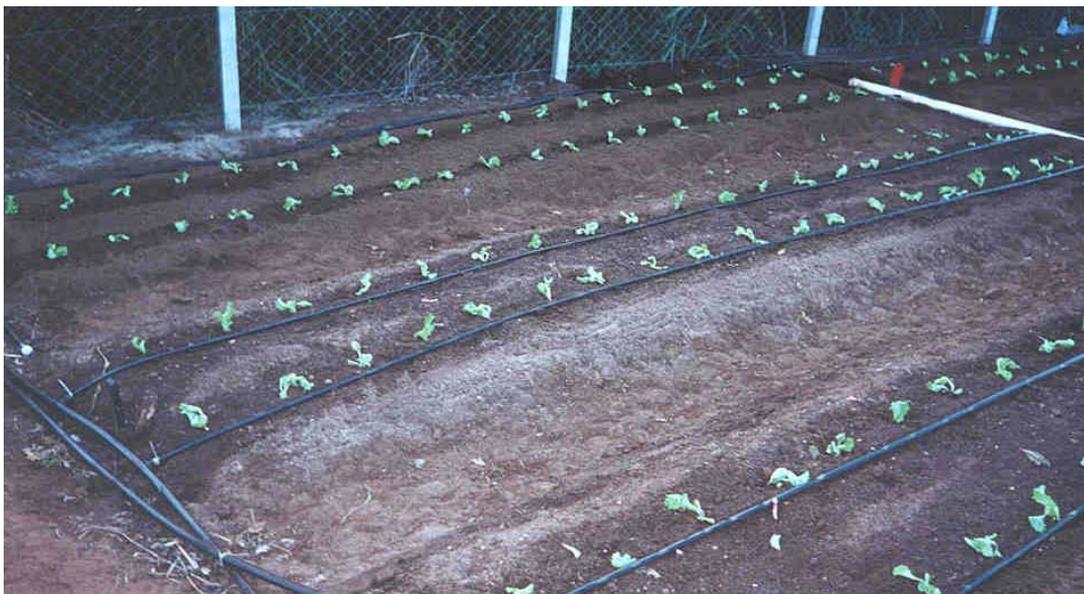


Foto: Guilherme A. Biscaro. Botucatu, abril de 2000.

Figura 3 Mangueiras gotejadoras dispostas sobre os canteiros.

Foram instaladas, no final de cada mangueira gotejadora, válvulas finais que promoviam a lavagem e remoção do material acumulado no interior da tubulação. Canos coletores faziam com que essa água de lavagem fosse levada para fora da área experimental. Válvulas de ar e vácuo foram dispostas, após dos registros que controlam cada tratamento, nos pontos mais elevados da área.

6.4 Controle da Irrigação

Não realizou-se, propositadamente, um manejo controlado da irrigação neste experimento. Como um dos principais objetivos desta pesquisa foi a avaliação da uniformidade e da eficiência das mangueiras gotejadoras, propôs-se que as irrigações seriam realizadas diariamente nos primeiros quinze dias após o transplante, e após este período seriam realizadas a cada 2 dias, até o final do ciclo. O tempo adotado para todas as irrigações foi de 50 minutos, com a pressão controlada e constante de 10,5 mca.

Realizar uma irrigação sem que haja o manejo adequado da mesma é uma prática incorreta, e infelizmente muito mais comum do que se pode imaginar. Contudo por se tratar de uma avaliação em um experimento acadêmico, na qual requeria que o sistema de irrigação funcionasse de uma maneira constante e regular durante o decorrer dos quatro ciclos de cultivo, propusemos essa metodologia, onde a quantidade de água aplicada e a frequência de irrigação seriam as mesmas em cada um dos ciclos.

6.4.1 Quantidade de Água Aplicada

A quantidade de água aplicada era controlada com base na equação de vazão fornecido pelo fabricante da mangueira gotejadora, que para um valor de pressão constante, é determinada a vazão aproximada. A Equação 1 apresentada a equação geral de vazão de gotejadores.

$$Q = K \cdot P^X \dots\dots\dots(1)$$

Onde,

Q= vazão do gotejador, L h⁻¹;

P= pressão de trabalho, mca;

K= coeficiente de descarga;

X= expoente de descarga.

Para o modelo de mangueira utilizado (CHAPIN, modelo 6100), o fabricante fornece um coeficiente de descarga (K) com valor de 2,7159 e um expoente de descarga de 0,506. A Equação 2 é fornecida pelo fabricante da mangueira gotejadora.

$$Q = 2,7159 \cdot P^{0,506} \dots\dots\dots(2)$$

Foram instalados reguladores de pressão pré ajustados, e que tinham uma vazão máxima de 7,2 m³/h, com pressão de saída máxima de 10,5 metros. Tomadas de pressão foram instalados em diversos pontos do sistema. Com isto, era aplicado

aproximadamente 90 litros de água por canteiro em cada irrigação. Não era realizada irrigação quando ocorria precipitação no dia.

6.5 Composição dos Sistemas de Filtragem

6.5.1 Pré Filtro (Tela de Retenção)

Foi construída uma caixa de tela (Figura 4), com as dimensões de 1,20 x 0,40 x 0,40 metros, dentro da qual se instalou o mangote com a válvula de pé e crivo. Esta caixa teve por finalidade fazer uma pré filtragem inicial, na qual eram removidos materiais de maior dimensão. O uso desta caixa de tela se mostrou imprescindível para o funcionamento da irrigação, visto que a quantidade de material retido na tela era grande.

O pré filtro e o mangote eram mantidos no Ribeirão Lavapés somente durante o funcionamento do sistema de irrigação, sendo recolhido logo após sua utilização. Esta prática foi adotada visando preservar a tela do acúmulo desnecessário de sujeira.

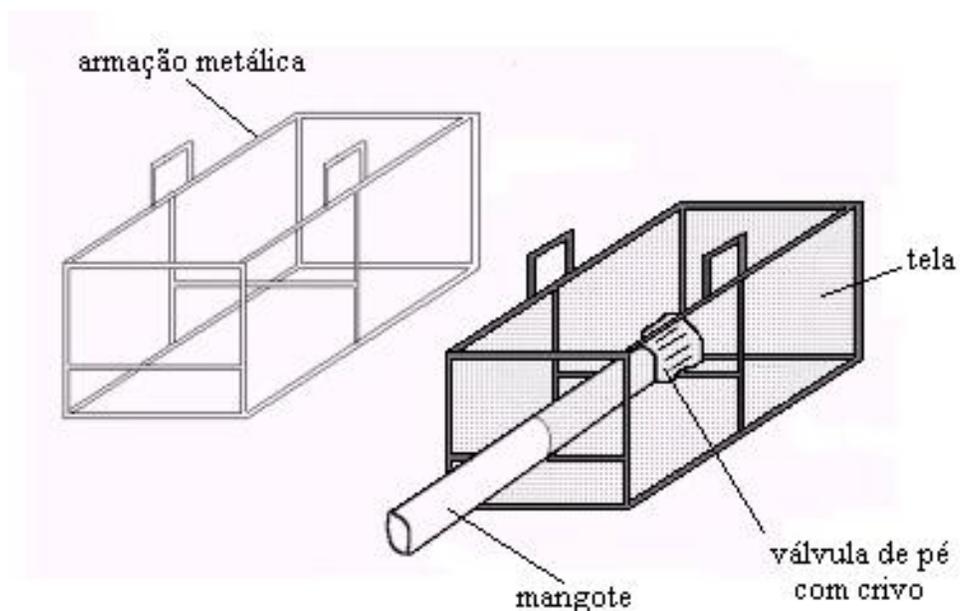


Ilustração: Guilherme A. Biscaro

Figura 4 Sistema de pré filtragem (tela de retenção).

6.5.2 Filtros de Areia e de Tela

O filtro de areia (da marca MARBELLA, com diâmetro de 500 mm, vazão máxima de $18 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), foi instalado logo após ao conjunto motobomba. A capacidade do filtro é de 100 kg de areia grossa lavada, sendo que o fabricante do filtro não fornece sua granulometria. As retrolavagens eram realizadas preventivamente, uma vez por semana.

Os filtros de tela possuíam malha de 200 mesh, e também eram submetidos a uma limpeza semanal preventiva, sendo os filtros esgotados e as telas lavadas com água tratada.

6.5.3 Válvulas de Fim de Linha

Este tipo de válvula, foi instalado no final de cada mangueira gotejadora, para promover a lavagem automática da tubulação, ao fim de cada irrigação. Os materiais acumulados no interior da mangueira, eram expelidos assim que cessava a irrigação, pois com a queda da pressão a válvula era acionada, permitindo a livre passagem da água. Esta água era encaminhada para coletores, que a retiravam da proximidade dos canteiros.

6.6 Avaliação da Uniformidade e Eficiência da Irrigação

A uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento pode ser expressa através de vários coeficientes, destacando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e a uniformidade estatística (U_s) (BERNARDO, 1995; CAMP et al., 1997; DENÍCULI et al., 1980; KELLER; KARMEELLI, 1975).

Segundo Keller e Bliesner (1990), um conceito mais apropriado para definir a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por gotejamento é o conceito de coeficiente de uniformidade de emissão, também designado CUE. Para os sistemas de irrigação localizada, segundo Lopez et al. (1992), é mais freqüente o uso do

Coefficiente de Uniformidade de Distribuição, pois este possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água.

O procedimento utilizado para esta avaliação foi o método de CUC no qual se utiliza a equação de Christiansen, que segundo Bernardo (1989) permite a obtenção de resultados bastante confiáveis. O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen é apresentado na Equação 3.

$$CUC = 100 \left(\frac{\sum_{i=1}^n |q_j - q|}{n \cdot q} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Onde,

CUC= Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

q_j = vazão de cada gotejador, L h⁻¹;

q = vazão média dos gotejadores, L h⁻¹;

n = número de gotejadores.

Seguindo o método proposto por Keller e Karmeli (1974) obteve-se a vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, por se tratar de linhas pequenas (6 metros), sendo: no primeiro gotejador, no gotejador situado a 1/3 do comprimento, no gotejador situado a 2/3 do comprimento e no último gotejador. Para aumentar a precisão da avaliação, optou-se por coletar a vazão de todos os 24 canteiros do experimento, ao final do ciclo, adotando-se a medição em uma das duas mangueiras do canteiro, sendo sempre à da esquerda, no sentido motobomba – canteiros.

A uniformidade é determinada pela equação 4.

$$CUD = \frac{\text{média } \frac{1}{4} \text{ das vazões com menores valores}}{\text{média de todas as vazões}} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

Devido ao fato de que parte dos tratamentos utilizarem mangueiras dispostas subsuperficialmente, foi necessário desenterrar temporariamente estas mangueiras, para realização do ensaio e também para o preparo do canteiro para o novo ciclo.

6.7 Correção e Adubação do Solo

As análises das amostras de solo foram realizadas no Departamento de Recursos Naturais, Área de Ciência do Solo, da FCA-UNESP, e a recomendação de adubação e calagem foi baseada na metodologia proposta no Boletim Técnico n.º 100, de van Raiji et al. (1997), do Instituto Agrônomo de Campinas. A recomendação foi a seguinte: 1,5 tonelada de calcário dolomítico (com PRNT= 100%) para calagem. Para o preparo do canteiro aplicou-se 3 litros de esterco de curral por metro quadrado. No plantio aplicou-se 2 litros de esterco de curral, 240 gramas de termofosfato magnésiano, 10 gramas de cloreto de potássio, 20 gramas de sulfato de amônio e 10 gramas de FTE BR9 por metro quadrado.

A adubação de cobertura foi realizada a cada 15 dias após o transplântio, aplicando-se 2 gramas de nitrato de potássio e 5 gramas de nitrato de cálcio por planta. A cada início de ciclo o solo era adubado conforme a recomendação, com exceção de FTE BR9, que foi aplicado apenas uma vez. A calagem foi realizada apenas no início do experimento.

6.8 A Cultura

Em todos os plantios foram utilizadas mudas de alface americana (*Lactuca sativa* L.), variedade “Tainá”, adquiridos sempre no mesmo produtor. Não foi aplicado nenhum tipo de produto químico (agrotóxico) na cultura. No decorrer dos ciclos algumas plantas apresentaram sintomas de doenças. Amostras foram encaminhados para o Departamento de Produção Vegetal, Área de Defesa Fitossanitária, da FCA-UNESP, tendo sido diagnosticados como mosaico da alface e “vira-cabeças”.

O sintomas do mosaico são a bolhosidade das folhas e o clareamento de nervuras. O controle, neste caso, ocorre a nível de semente. Os sintomas de “vira-cabeças” foram a deformação de cabeças e a queima de bordas. Por serem alguns casos isolados, nenhuma providência foi tomada.

6.9 Distribuição dos Tratamentos

Avaliou-se os coeficientes de uniformidade e eficiência da mangueira gotejadora disposta superficialmente e subsuperficialmente nos canteiros, o uso ou não do tanque reservatório como uma forma de pré-tratamento da água e a aplicação ou não de água clorada nas mangueiras gotejadoras. Os tratamentos foram distribuídos por meio de sorteio aleatório simples, e dispostos na parte central e inferior da área experimental, num total de 8 tratamentos, com 3 repetições cada. Em todos os tratamentos foram utilizados o filtro de areia e os filtros de tela. O Quadro 9 apresenta a distribuição dos tratamentos propostos.

Quadro 9 Distribuição dos tratamentos propostos.

<i>Tratamento</i>	<i>Sigla</i>	<i>Captação da Água</i>	<i>Aplicação de Água Clorada</i>	<i>Disposição das Mangueiras Gotejadoras</i>
1	T1	Reservatório	Sim	Subsuperficial
2	T2	Reservatório	Sim	Superficial
3	T3	Ribeirão	Sim	Subsuperficial
4	T4	Ribeirão	Sim	Superficial
5	T5	Ribeirão	Não	Subsuperficial
6	T6	Ribeirão	Não	Superficial
7	T7	Reservatório	Não	Subsuperficial
8	T8	Reservatório	Não	Superficial

O reservatório utilizado foi da marca RECOLAST. Esse reservatório é montado em uma chapa galvanizada revestida de uma manta de PVC flexível, e tem capacidade de armazenamento de 40 m³. Esse tanque foi escolhido e instalado baseado na sua disponibilidade no mercado, sendo de fácil aquisição pelo produtor, menor custo, facilidade e tempo de montagem reduzidos, se comparados a outros tipos (alvenaria, fibra, etc.).

A cada início de semana, o reservatório era reabastecido com a água do ribeirão. A irrigação com a água armazenada era realizada somente após 24 horas do reabastecimento.

6.10 Análises Químicas e Biológicas

Foram realizadas análises químicas, microbiológicas e parasitológicas nas amostras de água (do Ribeirão Lavapés e da irrigação), do solo e da alface. As amostras de solo, da cultura e da água nos ciclos I à IV foram coletadas e analisadas conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 Amostragem e análise de solo, cultura e água em cada ciclo.

<i>Ciclo</i>	<i>Amostras de Solo</i>	<i>Amostras da Cultura</i>	<i>Amostras da Água do Ribeirão e da Irrigação</i>	<i>Frequência de Amostragem</i>	<i>Análises Realizadas</i>
I	48 horas após última irrigação	48 horas após última irrigação	No momento da irrigação	Uma vez ao final do ciclo	Coliformes fecais
II	48 horas após última irrigação	48 horas após última irrigação	No momento da irrigação	Uma vez ao final do ciclo	Coliformes fecais e <i>Salmonella</i>
III	48 horas após última irrigação	48 horas após última irrigação	No momento da irrigação	Uma vez ao final do ciclo	Coliformes fecais e <i>Salmonella</i>
IV	24 horas após última irrigação	24 horas após última irrigação	No momento da irrigação	Semanalmente, durante todo ciclo	Coliformes fecais, <i>Salmonella</i> e cistos de protozoários e ovos de helmintos

No Ciclo IV, foram analisadas mais detalhadamente as condições sanitárias da cultura. As amostras nos ciclos anteriores eram realizadas apenas uma vez, sempre ao final do ciclo, 48 horas após a última irrigação. Neste último iniciou-se a coleta após o transplante estendendo-se semanalmente até a colheita, sendo que as amostras

analisadas foram dos canteiros que receberam água diretamente do Ribeirão Lavapés (tratamentos T3, T4, T5 e T6), totalizando 9 semanas de amostragem. O tempo de coleta de amostras alface e solo após a última irrigação, foi de 24 horas. Houve a inclusão de mais um tipo de análise: a avaliação da presença de formas evolutivas de parasitas humanos (cistos de protozoários e ovos de helmintos) nas amostras.

A seguir são apresentados os procedimentos de coleta as metodologias utilizadas nas análises do material amostrado.

6.10.1 Procedimentos de Coleta de Amostras

As coletas de amostras foram realizadas sempre no início da semana (segundas e terças), entre 7:00 à 8:30 horas. As amostras de alface foram coletadas aleatoriamente nos canteiros, utilizando sacos plásticos esterilizados (os mesmos utilizados para embalagem de alimentos), sem haver contato das mãos ou de outro material contaminante. Toda a planta era enviada para análise, inclusive as folhas mais próximas do solo, com exceção das raízes.

As amostras de solo foram coletadas na faixa de 0-20 cm de profundidade. Para cada tratamento, retirava-se uma amostra de cada repetição (por exemplo, uma amostra de T1-1, uma de T1-2 e uma de T1-3) misturando-as para obter a amostra de solo do tratamento (neste exemplo, a amostra do tratamento T1).

As amostras da água do Ribeirão Lavapés foram coletadas a profundidade de 50 cm da superfície da água, ao lado da tela de retenção. As amostras de água de irrigação foram coletadas no final das mangueiras gotejadoras, junto as válvulas de final de linha. Utilizou-se recipientes esterilizados fornecidos pelo Departamento de Microbiologia e Imunologia do Instituto de Biociências (IBB) da UNESP, Câmpus de Botucatu, São Paulo (Brasil) aonde foram realizadas as análises microbiológicas.

6.10.2 Metodologia Utilizada para Detecção de Coliformes Fecais

6.10.2.1 Preparo das Amostras e Suas Diluições

Para a análise, amostras de 25 gramas do material foram pesados e homogeneizados em 225 ml de água tamponada esterilizada, em sacos plásticos apropriados, que foram levados ao aparelho Stomacher Lab Blender 400 por dois minutos. À partir desta diluição inicial a 10^{-1} , foi preparada uma série de diluições decimais, utilizando-se o mesmo diluente.

6.10.2.2 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Totais e Fecais (KORNACKI; JOHNSON, 2001)

Cada diluição da amostra foi inoculada em volumes de 1 ml, em cada série de três tubos por diluição, contendo 10 ml de caldo lauril sulfato com um tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 35 °C durante 24 à 48 horas. Os inóculos positivos revelaram-se pela observação da produção de gás no tubo de Durham.

A seguir, três alçadas de cada tubo positivo foram repicadas em tubos de ensaio contendo 10 ml de caldo lactose bile verde brilhante (CLBVB) para a confirmação da presença de coliformes totais (CT) e outras três alçadas foram repicadas em tubos de ensaio com 5,0 ml de caldo E.C. para a confirmação de coliformes fecais (CF). Todos os tubos de CLBVB e de EC apresentaram tubos de Durham invertidos. O CLBVB foi incubado a 35 °C por até 48 horas em estufa e o caldo EC, a 44,5 °C por 24 horas em banho-maria.

Após o período de incubação, procedeu-se a leitura pela observação da presença de gás no tubo de Durham invertido. A seguir, utilizando-se a tabela do NMP, foram calculados os NMP de CT e CF por grama de amostra analisada.

6.10.3 Metodologia Utilizada para Detecção de *Salmonella* spp

6.10.3.1 Detecção da Presença de *Salmonella* spp (ANDREWS et al., 2001)

Para a detecção da presença de *Salmonella* spp amostras de 25 gramas do material foram homogeneizados em 225 ml de água peptonada tamponada, em um saco plástico no aparelho Stomacher Lab Blender durante dois minutos. Após esse período, o homogeneizado foi transferido à um Erlenmeyer e incubado a 35° C por 24 horas. A seguir, 1 ml foi inserido em um tubo de ensaio contendo 10 ml de caldo tetrionato ao qual foi adicionado um volume de 100 ml de iodeto de potássio imediatamente antes do uso. O tubo foi incubado a 35 °C por 24 horas. Outra alíquota de 0,1 ml foi transferida para um tubo com 10 ml de caldo Rapapport e incubado a 42 °C durante 24 horas.

Após este período, uma alçada de cada tubo foi semeada em placas de Petri contendo ágar XLD (xilose-lisina-desoxicolato) e placas contendo ágar *Salmonella-Shigella* (SS). Após incubação de 24 horas a 35 °C, as colônias características de *Salmonella* spp foram isoladas e repicadas para tubos de ensaio contendo ágar tripticase soja inclinado (TSA), sendo consideradas as cepas estoque. Os tubos foram incubados a 35 °C por 24 horas. A partir desse crescimento foram feitos repiques em tubos de ensaio contendo ágar tríplice açúcar ferro inclinado (TSI) e em tubos com ágar fenilalanina inclinado. Os tubos foram incubados a 35 °C durante 18 à 24 horas.

A leitura do TSI: o TSI característico de *Salmonella* spp apresenta base amarela com produção de gás ou não, evidenciada pela presença de bolhas e ápice vermelho. O meio poderá estar enegrecido devido a produção de ácido sulfídrico (H₂S).

A desaminação ou não da fenilalanina é evidenciada pela adição de algumas gotas de uma solução de cloreto férrico 10% sobre o crescimento. Na leitura característica para *Salmonella* spp, não haverá alteração da cor do meio, uma vez que este microrganismo não utiliza tal aminoácido.

Após os resultados esperados nestes 2 testes, a cepa foi submetida ao sistema API-20E (Biomérieux), que apresenta 20 provas bioquímicas para enterobactérias. Após leitura positiva no API, as cepas suspeitas de serem *Salmonella* spp foram testadas frente

ao soro polivalente somático (Probac) e depois da positividade deste, ao soro flagelar (Probac).

6.10.4 Metodologia Utilizada para Detecção de Parasitas

As análises parasitológicas realizadas foram do tipo qualitativo, ou seja, foi apenas avaliada a presença ou ausência de parasitas, não sendo realizadas análises quantitativas para indicação de quantidade de parasitas por amostra.

Para realização das análises foram empregadas duas técnicas clássicas de parasitologia: o método de Faust, que é baseado no princípio de flutuação em solução densa, e que é indicado para cistos de protozoários e alguns ovos de helmintos; e a técnica de Hoffman, que baseia-se no princípio da sedimentação espontânea, que é indicada para ovos de alguns helmintos. Neves (2000) e Rey (1991) descrevem essas duas técnicas de análise parasitológica.

6.10.4.1 Método de Faust (NEVES, 2000; REY, 1991)

Os procedimentos do método de Faust são descritos da seguinte maneira:

- Desmanchar a amostra em água, utilizando-se água filtrada;
- Filtrar, através de gaze dobrada em quatro, e transferir uma alíquota deste filtrado para um tubo de centrífuga;
- Centrifugar a 2.500 rpm por 1 minuto;
- Desprezar o sobrenadante e ressuspender o sedimento em água e centrifugar novamente. Esta etapa deverá ser repetida até que o sobrenadante se torne relativamente claro;
- Após a última lavagem, ressuspender o sedimento com sulfato de zinco a 33%, densidade de 1,18 g ml⁻¹. Nesta solução, cistos de

protozoários e ovos de alguns helmintos flutuam e concentram-se numa película fina, situada na superfície do líquido sobrenadante;

- Transferir o tubo para uma estante e colocá-la sobre uma superfície plana; completar o volume do tubo de centrífuga a preenchê-lo completamente; colocar uma lamínula na superfície do tubo, na qual cistos e ovos presentes na película superficial ficarão aderidos. Aguardar 5 minutos;
- Retirar a lamínula e transferi-la para uma lâmina, adicionando-se uma gota de lugol a fim de tornar os cistos e ovos mais visíveis;
- Examinar em microscópio.

6.10.4.2 Método de Hoffman (NEVES, 2000; REY, 1991)

Os procedimentos do método de Hoffman são descritos da seguinte maneira:

- Desmanchar a amostra em água, utilizando-se água filtrada;
- Filtrar, através de gaze dobrada em quatro, e transferir uma alíquota deste filtrado para um cálice cônico;
- Completar o volume do cálice;
- Deixar essa suspensão em repouso durante, no mínimo, 2 horas;
- Coletar o sedimento com auxílio de uma pipeta: introduzir uma pipeta obliterada com o dedo indicador até o fundo do cálice, contendo o sedimento; retirar o dedo e deixar subir uma pequena porção do sedimento; recolocar o dedo e retirar a pipeta;
- Colocar a suspensão colhida em uma lâmina e adicionar uma gota de lugol; cobrir com uma lamínula;
- Examinar em microscópio.

6.10.5 Metodologia Utilizada para Análises Químicas de Solo e Água

As amostras foram submetidas ao Departamento de Recursos Naturais, Área de Ciência do Solo, da FCA-UNESP, onde realizaram-se análises químicas do material. As análises de macronutrientes do solo foram feitas de acordo com a metodologia proposta no Boletim Técnico n.º 81, por van Raiji e Quaggio (1983), e as análises de micronutrientes foram de acordo com o Boletim Técnico n.º 100, por Camargo et al. (1986), ambos do Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo (Brasil).

As análises químicas da água foram realizadas baseadas na metodologia proposta por Malavolta et al. (1989), para avaliação do estado nutricional das plantas. As análises do teor de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica. As análises do teor de fósforo foram realizadas pela colorimetria do Metavanadato. Os teores de enxofre e nitrogênio foram determinados pela turbidimetria do sulfato de bário e pelo semi-micro-Kjeldahl, respectivamente.

6.10.5 Metodologia Proposta para Determinação do Material Acumulado no Interior das Mangueiras Gotejadoras

As mangueiras gotejadoras substituídas ao término do Ciclo II foram amostradas e submetidas a análise química do material acumulado em seu interior. A metodologia proposta para realização desta análise foi a seguinte:

- Coletou-se quatro amostras de 50 cm da mangueira gotejadora aleatoriamente em cada canteiro (o experimento possuía 24 canteiros), totalizando 96 amostras;
- As amostras foram cuidadosamente limpas externamente e submetidas a pesagem para determinação da quantidade de material orgânico e inorgânico, sem distinção entre ambos;
- Depois, foram imersas em becker contendo 400 ml de água destilada e ionizada, e deixadas em repouso durante 24 horas, em

grupos de quatro amostras (relativo as quatro amostras de cada canteiro);

- Com auxílio de pincéis esterilizados, o material que permanecia aderido ao interior das amostras foi removido para a solução de água destilada, ainda dentro do becker;
- Mediu-se então o pH e a condutividade elétrica de cada solução;
- Transferiu-se a solução de cada becker para frascos esterilizados, encaminhando-se o material para análise química.

As análises químicas da água foram realizadas baseadas na metodologia proposta por Malavolta et al. (1989), acima discutida

6.11 Aplicação de Cloro

Foi realizada a injeção de água tratada adicionada de hipoclorito com teor de 9,50 % de cloro, no sistema de irrigação, visando promover o controle de obstruções causadas por microrganismos no interior da tubulação. Para isso foi necessário a instalação de uma fonte de água tratada na área experimental, pois não há a possibilidade da injeção de hipoclorito em sistemas de irrigação que utilizam águas residuárias ou receptoras como meio de condução. O cloro é rapidamente consumido neste tipo de água.

Um reservatório de 500 litros, instalado antes do conjunto motobomba e da estação de controle, e abastecido com água tratada pela SABESP, proporcionava a injeção. O cloro foi aplicado no final de cada ciclo, na dosagem e no tempo adotados de 40 mg dm^{-3} , durante 40 minutos, respectivamente, agindo assim diretamente na tubulação específica dos tratamentos e no sistema de filtragem.

Optou-se por uma única aplicação de cloro ao final do ciclo, quando já não havia cultivo, para evitar problemas com a formação de compostos organoclorados, que são extremamente prejudiciais à saúde. A introdução de cloro na água com teores elevados de matéria orgânica leva a formação desses compostos.

6.12 Clima do Município de Botucatu

O clima do município é classificado segundo ao sistema Köppen como Cwa: clima quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22° C (CUNHA et al., 1999). O Quadro 11 apresenta os valores das normais região, relativo a dados médios de 30 anos.

Quadro 11 Valores das normais da região, relativo a dados de 30 anos.

<i>Dados de clima</i>	<i>Normais da Região</i>	
	<i>Seca</i>	<i>Chuvosa</i>
Temperatura mínima (°C dia ⁻¹)	14,2	18,0
Temperatura máxima (°C dia ⁻¹)	23,9	27,5
Temperatura média do ar (°C dia ⁻¹)	18,6	22,4
Pluviosidade média (mm mês ⁻¹)	66,8	188,7
Umidade Relativa do ar (%)	68,8	73,8
Evaporação Classe A (mm dia ⁻¹)	4,2	5,7

Fonte: Cunha et al. (1999).

6.13. Os Ciclos da Cultura no Campo

Foram realizados quatro plantios durante o experimento, para que se pudesse realizar todas as avaliações. Ao final do segundo plantio, todas as mangueiras gotejadoras foram substituídas. Das mangueiras gotejadoras que foram retiradas, realizou-se a análise química do material acumulado em seu interior.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 12 e 13 apresentam as análises químicas de macro e micronutrientes das amostras de solo coletado antes da implantação do experimento, sem nenhum tipo de adubação ou correção do mesmo.

Quadro 12 Análise química de macronutrientes do solo antes da implantação do experimento.

<i>pH</i>	<i>M.O.</i>	<i>P</i>	<i>Al³⁺</i>	<i>H+Al</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i>
<i>CaCl₂</i>		<i>Resina</i>								
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----		mmol _c dm ⁻³	-----				%
5,2	29	11	-----	28	4,0	22	9	35	63	56

Quadro 13 Análise química de micronutrientes do solo antes da implantação do experimento.

<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
----- mg dm ⁻³ -----				
0,20	5,7	59	13,3	3,4

Na literatura são encontrados alguns valores de peso de massa fresca da cultura da alface americana. Como citado anteriormente, Gomes (2001) diz que o peso médio das cabeças de alface entre os produtores do sul de Minas está entre 500 e 600 gramas.

Bueno (1998) encontrou plantas com 801,17 gramas com a cultivar híbrido “Lorca”, para dose de 80,13 Kg N ha⁻¹, em experimentos via fertirrigação e Pereira et al. (2000) observaram em média peso fresco de cabeça de 493,49 gramas, quando cultivadas em canteiros com cobertura de plástico prata, contra 357,37 gramas da testemunha.

Cultivou-se nesse experimento um canteiro de alface americana com a mesma recomendação de adubação e mesmo manejo de irrigação dos tratamentos propostos, só que utilizando uma fonte de água tratada da SABESP. Este canteiro, denominado com a sigla TA, foi cultivado apenas durante o Ciclo I, teve por finalidade servir como um fator de comparação de resultados de peso fresco de cabeça. Como os objetivos propostos nesse trabalho não englobavam a comparação entre o uso de águas receptoras de efluentes com o uso de água tratada, tal cultivo não foi repetido.

O Quadro 14 apresenta os valores médios de massa seca e massa fresca de alface obtidos no canteiro irrigado com água tratada.

Quadro 14 Valores médios de massa fresca e massa seca no canteiro irrigado com água tratada.

<i>Peso de Massa Fresca</i>	<i>Peso de Massa Seca</i>
453,12 g	33,42 g

Pode-se observar que o valor de peso de massa fresca é bem próximo dos valores encontrados por Gomes (2001) e Pereira et al. (2000).

7.1 Ciclo I (11 de abril à 30 de maio de 2001)

7.1.1 Transplântio

O primeiro transplântio foi realizado em 11 de abril de 2001. Durante este ciclo a região apresentou um clima seco, com poucas precipitações e com certa queda de

temperatura, o que favoreceu o desenvolvimento da cultura. Os dados de temperatura e precipitação são apresentados nas Figuras 5 e 6.

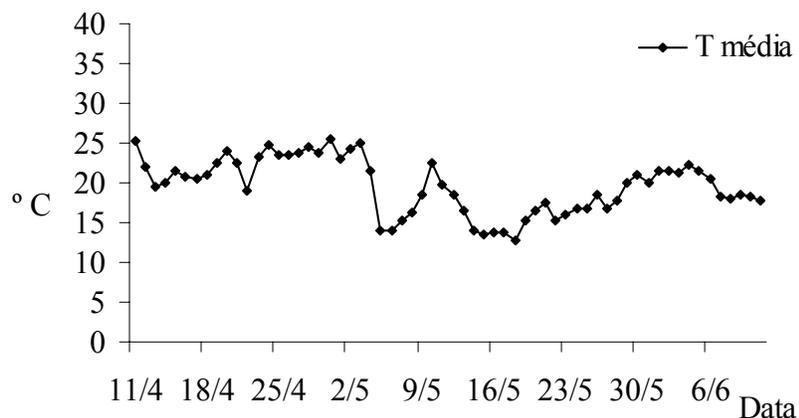


Figura 5 Temperaturas médias diárias (° C) durante todo o Ciclo I.

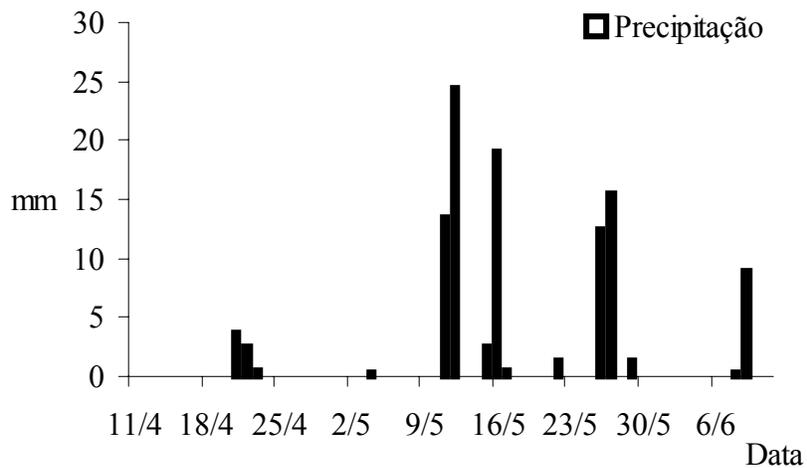


Figura 6. Precipitação (mm) durante todo o Ciclo I.

Neste período (11 de abril à 30 de maio de 2001), a região apresentou uma temperatura média diária de 19,59 °C e uma precipitação total de 107 mm.

7.1.2 Produção do Ciclo I

Não houve diferença significativa de produção neste primeiro ciclo entre os tratamentos propostos, para massa fresca e nem para massa seca. Como todos receberam a mesma adubação, pode-se concluir que os tratamentos que utilizaram a água diretamente do ribeirão não se diferenciaram dos que utilizaram a água do tanque reservatório, e nem que a utilização da mangueira disposta superficialmente diferenciou-se da disposta subsuperficialmente. Os resultados dos valores médios de peso de massa fresca e massa seca são apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo I).

	<i>Peso de Massa Fresca</i>	<i>Peso de Massa Seca</i>
	g	
T1	675,94 a	30,02 a
T2	808,64 a	37,08 a
T3	818,02 a	38,39 a
T4	793,53 a	36,60 a
T5	764,95 a	36,59 a
T6	703,32 a	34,12 a
T7	625,11 a	29,98 a
T8	805,80 a	38,63 a
CV	28,23 %	33,74 %
F	2,45	1,8

CV = coeficiente de variação dos dados.

F = teste de comparação das variâncias

Se comparados com os valores de peso de massa fresca encontrados na literatura, e com o valores encontrados no canteiro irrigado com água tratada desse experimento, pode-se dizer que a cultura da alface americana irrigada com águas receptoras de efluentes urbanos apresenta maiores valores de produção

7.1.3 Resultados das Análises

7.1.3.1 Análises do Solo

7.1.3.1.1 Análises Microbiológicas

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais nas amostras de solo, coletadas 48 horas após a última irrigação, em nenhum dos tratamentos. Paganini (1997) cita que nos sistemas de disposição por irrigação em solos de textura fina, a remoção de bactérias e parasitas é alta (99,9%) e acontece quase que completamente nos primeiros 150 cm de profundidade. Também segundo o autor, as bactérias são eliminadas em duas fases, durante as primeiras 48 horas após a irrigação, 90 % delas morre; a quantidade remanescente de bactérias morre durante as duas semanas seguintes.

7.1.3.1.2 Análises Químicas

Os resultados das análises químicas das amostras de solo dos canteiros em cada tratamento (T) após o término do Ciclo I estão apresentados no Quadro 16 (macronutrientes) e no Quadro 17 (micronutrientes).

Quadro 16 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo I.

	<i>pH</i>	<i>M.O.</i>	<i>P</i>	<i>Al³⁺</i>	<i>H+Al</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i>
	<i>CaCl₂</i>	<i>Resina</i>									
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		-----		mmol _c dm ⁻³	-----				%
T1	5,6	25	24	-----	27	2,5	52	20	74	100	74
T2	5,7	25	25	-----	27	2,7	52	19	79	101	72
T3	5,4	31	43	-----	39	4,2	58	24	89	124	69
T4	5,3	32	43	-----	38	4,1	58	23	85	124	69
T5	5,3	31	42	-----	38	4,2	59	23	87	122	68
T6	5,3	31	44	-----	37	4,0	59	24	86	123	69
T7	5,8	23	26	-----	26	2,7	52	18	73	98	73
T8	5,7	26	25	-----	27	2,7	52	20	74	100	74

Quadro 17 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo I.

	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
	----- mg dm ⁻³ -----				
T1	0,41	7,3	42	9,0	6,2
T2	0,40	7,6	43	9,5	6,0
T3	0,40	9,0	52	10,0	11,1
T4	0,41	10,0	51	11,0	11,5
T5	0,40	10,0	52	11,0	11,0
T6	0,42	10,1	51	11,0	11,2
T7	0,40	7,2	43	9,0	6,2
T8	0,40	7,4	43	9,5	6,3

De acordo com as análises químicas das amostras de solo dos canteiros, houve um incremento de nutrientes, principalmente de fósforo, cálcio, magnésio, zinco e boro, no solo dos canteiros ao final do Ciclo I, quando comparados a análise do solo no início do experimento (T0). Isto se deve a adubação realizada no plantio e aos nutrientes presentes na água de irrigação.

Os tratamentos T3, T4, T5 e T6, que receberam água diretamente do Ribeirão Lavapés, apresentaram teores um pouco mais elevados de macro e micronutrientes nos canteiros do que os tratamentos irrigados com água do tanque reservatório (T1, T2, T7 e T8).

O valor do pH nas amostras de solo dos canteiros foi maior nos tratamentos que receberam água do tanque reservatório do que dos tratamentos que receberam água diretamente do Ribeirão Lavapés.

O aumento da matéria orgânica ocorreu devido a adição de esterco nos canteiros (conforme recomendação) antes do plantio e da carga de material orgânico presente na água de irrigação.

Os tratamentos irrigados com água do tanque reservatório tiveram um menor acúmulo de nutrientes no solo, quando comparados aos tratamentos irrigados com água do ribeirão, devido a uma possível precipitação de material em suspensão dentro do tanque reservatório. A captação da água do reservatório estava localizada cerca de 25 cm acima do fundo do tanque, sendo que a entrada da tubulação de sucção era revestida por uma tela simples, do tipo sombrite, conforme apresentado na Figura 7.

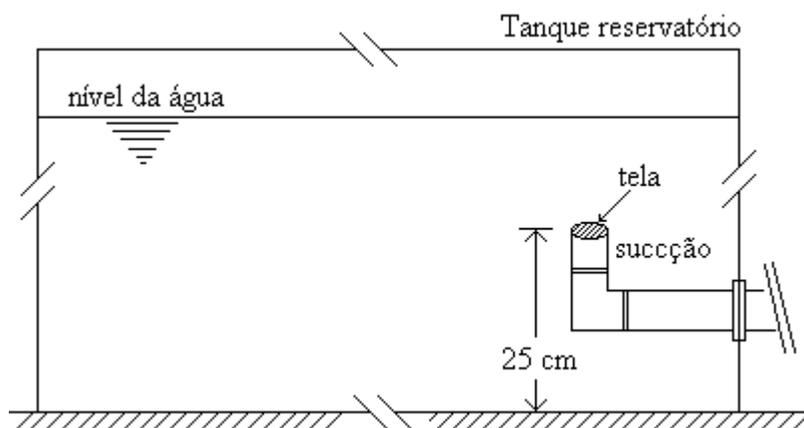


Ilustração: Guilherme A. Biscaro

Figura 7 Entrada da tubulação de sucção do tanque reservatório.

Desse modo, o material acumulado no fundo do tanque não era succionado no momento da irrigação. Contudo, como ele não era retirado, parte se misturava novamente com a água armazenada sempre que ocorria o reabastecimento do reservatório. Não foram realizadas neste trabalho análises químicas desse material.

7.1.3.2 Análises da Água

7.1.3.2.1 Análises Microbiológicas

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais nas amostras de água coletadas, após 72 horas do reabastecimento, do tanque reservatório. Na amostra de água do Ribeirão Lavapés detectou-se a presença de coliformes fecais, no total de $1,1 \times 10^6$ – NMP (Número Mais Provável) ml^{-1} . Na amostra da água da irrigação, também proveniente do ribeirão, detectou-se a presença de coliformes fecais, no total de $1,5 \times 10^5$ - NMP ml^{-1} .

Segundo Paganini (1997), a constatação da contaminação por coliformes fecais na água pode indicar a presença de organismos patogênicos, que causam doenças e infecções generalizadas com acesso à corrente sanguínea e a urina. A Organização

Mundial de Saúde (OMS) recomenda que as águas utilizadas nas irrigações um limite máximo de 1000 coliformes fecais por 100 ml de água

A resolução n.º 20/86 do CONAMA de 18/08/86 estabelece que para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e se desenvolvem rente ao solo, sendo ingeridas cruas sem remoção de película, as águas utilizadas não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.

7.1.3.2.2 Análise Química

A composição química da água do Ribeirão Lavapés possui uma alta variabilidade, por receber o efluente urbano e industrial, sem tratamento, da cidade de Botucatu, sendo impossível estabelecer um padrão da quantidade de nutrientes presentes na água. A análise realizada no início do Ciclo I, em uma amostra de água do ribeirão apresentou praticamente ausência de micronutrientes e valores pouco expressivos de nitrogênio e fósforo. Os resultados estão apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 Análise química da água do Ribeirão Lavapés (Início do Ciclo I).

<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
mg L ⁻¹									
13	1,3	6,7	7,6	1,6	4	0,00	0,01	0,00	0,00
pH = 5,90					Condutividade= 167µS				

7.1.3.3. Análises da Alface

7.1.3.3.1. Análise Microbiológica

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais nas amostras de alface americana, coletadas 48 horas após a última irrigação, em nenhum dos tratamentos.

Souza (1997) também utilizou-se das águas do Ribeirão Lavapés para irrigação da cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L.), cultivar “Elisa lisa”, sob quatro regimes de aplicação de águas. Entre outros fatores, o experimento analisou amostras da cultura para determinação da presença de microrganismos. Os resultados também não apontaram a presença de coliformes totais e fecais nas amostras.

7.1.4. Avaliação da Uniformidade e Eficiência de Irrigação

Os tratamentos que apresentaram maiores valores de uniformidade e eficiência foram o T5 (que recebe água diretamente do ribeirão e é disposto subsuperficialmente), o T2 (que recebe água do tanque reservatório, é disposto superficialmente e recebe cloro), o T4 (que recebe água do Ribeirão Lavapés, é disposto superficialmente e recebe cloro) e T3 (que recebe água do Ribeirão Lavapés, é disposto subsuperficialmente e recebe cloro).

Os valores do CUC estão acima de 90%, em todos os tratamentos, e os valores de CUD em todos os tratamentos estão acima de 85%, o que é o recomendado pela FAO, para este sistema de irrigação. Os resultados da avaliação da uniformidade e da eficiência da irrigação em cada tratamento e os tipos de tratamentos são apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo I).

	CUC	CUD	Cloro	Água	Disposição dos gotejadores
T1	93,51%	88,62%	Sim	Tanque	Subsuperficial
T2	97,62%	96,90%	Sim	Tanque	Superficial
T3	95,77%	92,56%	Sim	Ribeirão	Subsuperficial
T4	96,54%	94,62%	Sim	Ribeirão	Superficial
T5	98,18%	97,22%	Não	Ribeirão	Subsuperficial
T6	94,75%	91,13%	Não	Ribeirão	Superficial
T7	93,80%	93,02%	Não	Tanque	Subsuperficial
T8	94,95%	91,45%	Não	Tanque	Superficial

Pode-se observar que os resultados encontrados foram semelhantes em todos os tratamentos. Como o sistema de filtragem foi comum pra todos os tratamentos, conclui-se que os filtros uniformizaram a quantidade de impurezas que chegava até as mangueiras gotejadoras. Observou-se ao final deste ciclo, alguns furos na mangueira gotejadora. Para evitar a substituição dessas mangueiras, optou-se pela colocação de emendas específicas para este fim.

7.2 Ciclo II (22 de setembro à 08 de novembro de 2001)

7.2.1 Transplântio

O segundo transplântio foi realizado em 22 de setembro de 2001. A partir deste ciclo, inclui-se nas análises microbiológicas a determinação da presença de *Salmonella* spp. Neste período a região apresentou um aumento na temperatura e na precipitação, o que prejudicou um pouco o desenvolvimento da cultura. Os dados de temperatura e precipitação do Ciclo II são apresentados nas Figuras 8 e 9.

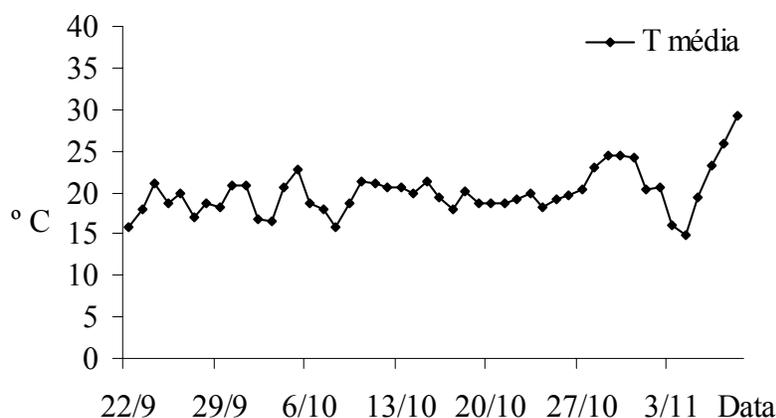


Figura 8 Temperaturas média diárias (°C) durante todo o Ciclo II.

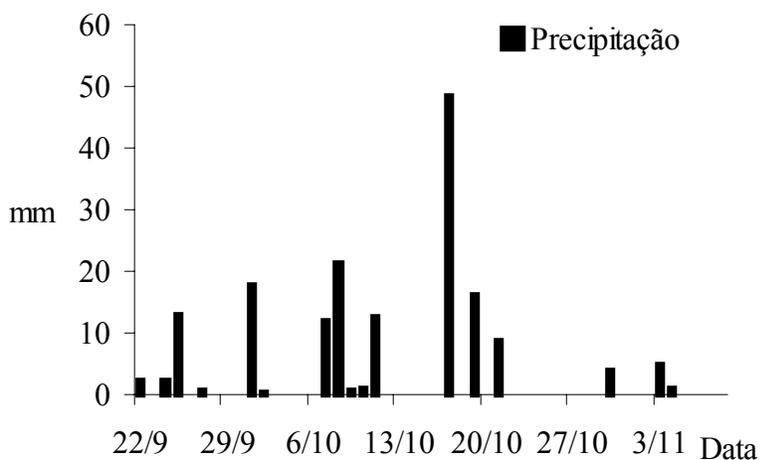


Figura 9 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo II.

Neste período (22 de setembro à 08 de novembro de 2001), a região apresentou uma temperatura média diária de 19,95 °C e uma precipitação total de 166,80 mm.

7.2.2 Produção do Ciclo II

Neste do ciclo os resultados de peso de massa fresca e peso de massa seca apresentaram diferença significativa. Para os pesos de massa fresca, o tratamento T7 (que recebe água do tanque reservatório e é disposto subsuperficialmente) foi o que apresentou a maior produção, diferindo significativamente dos tratamentos T1 (que recebe água do tanque reservatório, é disposto subsuperficialmente e recebe cloro), T8 (que recebe água do tanque reservatório e é disposto superficialmente) e T3 (que recebe água do Ribeirão Lavapés, é disposto subsuperficialmente e recebe cloro). O tratamento T5 (que recebe água do Ribeirão Lavapés e é disposto subsuperficialmente) diferiu significativamente do tratamento T3.

Os valores médios da produção da alface no Ciclo II estão apresentados abaixo no Quadro 20.

Quadro 20 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo II).

	<i>Peso de Massa Fresca</i>	<i>Peso de Massa Seca</i>
	g	
T1	536,68 bc	24,37 c
T2	640,83 abc	30,24 abc
T3	520,68 c	23,93 c
T4	626,31 abc	29,02 abc
T5	683,73 ab	32,74 ab
T6	605,85 abc	29,57 abc
T7	706,34 a	33,78 a
T8	536,58 bc	25,27 bc
CV	25,80%	30,87%
F	4,23	3,79

CV = coeficiente de variação dos dados.

F = teste de comparação das variâncias

Comparando-se com os resultados do ciclo anterior, não se pode afirmar que os tratamentos propostos influenciaram na produção. O tratamento T3 foi o que apresentou os valores de produção mais baixos. Mesmos assim, apresentou peso de massa fresca dentro da faixa observada por Gomes (2001) entre os produtores do sul de Minas Gerais (entre 500 e 600 g) e um pouco acima do encontrado por Pereira et al. (2000).

O tratamento T7 apresentou valores de peso médio das cabeças (706,34 g) próximo dos valores encontrados por Bueno (1998), que encontrou plantas com 801,17 gramas, da cultivar híbrido “Lorca”, para dose de 80,13 Kg N ha⁻¹, em experimentos via fertirrigação.

O Ciclo II apresentou uma queda geral na produção, quando comparado ao ciclo anterior. A Figura 10 compara os dados de produção dos Ciclos I e II.

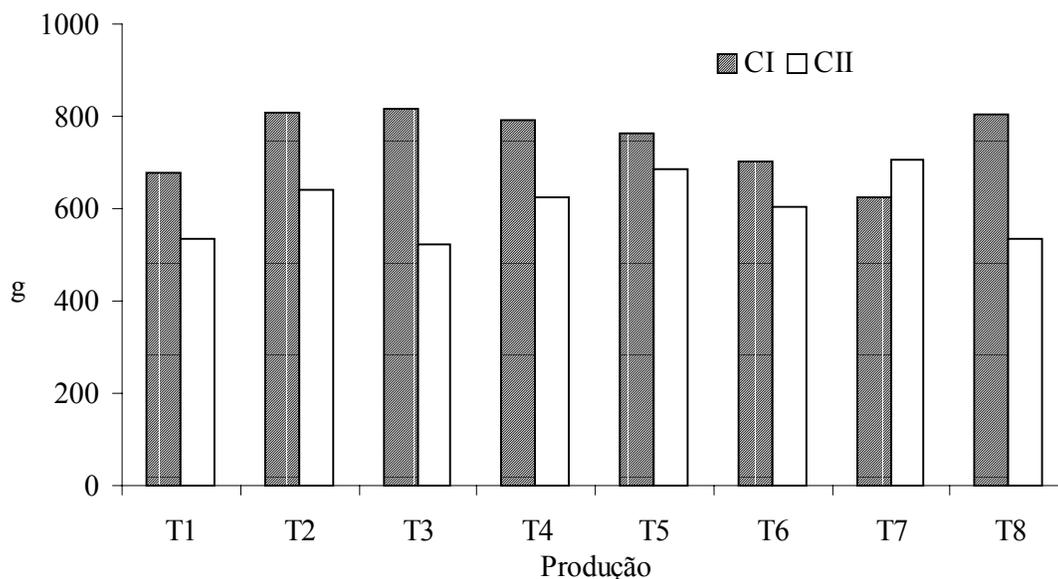


Figura 10 Comparação da produção (peso de massa fresca) dos Ciclos I e II.

7.2.3 Resultados das Análises

7.2.3.1 Análises do Solo

7.2.3.1.1 Análises Microbiológicas

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais e nem a presença de *Salmonella* spp nas amostras de solo, coletadas 48 horas após a última irrigação, em nenhum dos tratamentos.

Segundo Bastos e Mara (1993), após o término da irrigação, populações de *Salmonella* spp da ordem de 100 organismos/100g sobrevivem no máximo por 5 à 7 dias em alfaces e no solo.

7.2.3.1.2 Análises Químicas

O aumento de fósforo observado nas análises químicas das amostras de solo dos canteiros foi a resposta da adubação realizada (termofosfato magnésiano), que como descrito anteriormente, era realizada a cada início de ciclo. O cálcio e o magnésio sofreram variações pequenas e o zinco e o boro apresentaram uma queda em seus teores ao solo ao final do Ciclo II. Os tratamentos T3, T4, T5 e T6, que receberam água diretamente do Ribeirão Lavapés apresentaram novamente teores mais elevados de macro e micronutrientes nos canteiros.

O teor de fósforo nas amostras de solo dos canteiros irrigados com água do tanque reservatório foi maior do o teor apresentado nos canteiros irrigados com água diretamente do ribeirão. Os teores de manganês, que haviam apresentado queda no ciclo anterior, sofreram um aumento e apresentaram teores próximo ao do solo no início do experimento. Os resultados das análise químicas das amostras de solo estão apresentados nos Quadros 21 e 22.

Quadro 21 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo II.

	<i>pH</i> <i>CaCl₂</i>	<i>M.O.</i> <i>g dm⁻³</i>	<i>P</i> <i>Resina</i> <i>mg dm⁻³</i>	<i>Al³⁺</i>	<i>H+Al</i>	<i>K</i> <i>mmol_c dm⁻³</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i> <i>%</i>
T1	6,1	35	61	2	22	3,9	49	22	75	97	77
T2	5,9	27	45	2	21	3,8	32	13	49	70	70
T3	5,8	31	61	2	31	4,9	47	21	73	104	70
T4	6,1	35	92	2	29	3,5	67	26	96	126	77
T5	5,7	35	47	3	42	4,0	76	40	120	162	74
T6	6,2	30	87	2	25	2,8	63	26	92	117	79
T7	6,1	29	109	3	26	4,8	64	28	97	123	79
T8	5,9	28	76	2	31	4,4	46	19	70	100	69

Quadro 22 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo II.

	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
	----- mg dm ⁻³ -----				
T1	0,46	6,4	42	13,0	4,5
T2	0,27	5,5	42	13,3	4,9
T3	0,34	6,6	43	11,8	6,9
T4	0,31	6,5	45	15,0	7,4
T5	0,34	7,2	48	14,7	4,7
T6	0,19	5,0	36	7,9	4,4
T7	0,39	5,3	44	14,0	7,2
T8	0,38	5,3	47	13,9	7,8

O aumento do pH nas amostras de solo irrigadas com água diretamente do Ribeirão Lavapés foi maior do que nas amostras irrigadas com água do tanque reservatório. Os canteiros que receberam água do tanque reservatório apresentaram neste Ciclo II, teores de macro e micro nutrientes mais próximos dos teores encontrados nos canteiros irrigados com água diretamente do ribeirão.

7.2.3.2 Análises da Água

7.2.3.2.1 Análises Microbiológicas

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais nas amostras de água armazenada no tanque reservatório após 72 horas de seu reabastecimento. Na amostra de água do Ribeirão Lavapés detectou-se a presença de coliformes fecais ($1,1 \times 10^5$ NMP ml⁻¹) e na água da irrigação proveniente do ribeirão ($1,4 \times 10^5$ NMP ml⁻¹). Não foi detectada a presença de *Salmonella* spp em nenhuma das amostras analisadas.

7.2.3.2.2 Análises Químicas

A análise química da amostra de água do Ribeirão Lavapés, realizada no início do Ciclo II, apresentou teores mais elevados de nitrogênio do que na amostra do ciclo anterior. Os resultados estão apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 Análise química na água do Ribeirão Lavapés (Início do Ciclo II).

<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
mg L ⁻¹									
76,7	0,84	3,1	4,81	2,49	1,28	0,00	0,79	0,02	0,01
		pH = 6,30		Condutividade= 191µS					

7.2.3.3 Análises da Alface

7.2.3.3.1 Análise Microbiológica

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais e nem de *Salmonella* spp nas amostras alface, coletadas 48 horas após a última irrigação, em nenhum dos tratamentos.

Castro de Esparza e Sáenz (1990) sugerem que para que não se encontre *Salmonella* spp em verduras irrigadas com águas residuárias, o limite de coliformes fecais deve ser de 10⁴ organismos/100 ml.

7.2.4 Avaliação da Uniformidade e Eficiência da Irrigação

Na avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação ao final do Ciclo II, constatou-se que os tratamentos que apresentaram os melhores resultados foram os que tiveram a mangueira gotejadora disposta subsuperficialmente nos canteiros (T5, T1, T3 e T7). Destes, somente o tratamento T7 não atende as recomendações da FAO. Os demais

tratamentos (T4, T2, T6 e T8), não apresentavam mais condições de reutilização por estarem quase que totalmente obstruídos. Os resultados da avaliação da eficiência da uniformidade e da eficiência da irrigação em cada tratamento são apresentados no Quadro 24.

Quadro 24 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo II).

	CUC	CUD	Cloro	Água	Disposição dos Gotejadores
T1	92,53%	89,06%	Sim	Tanque	Subsuperficial
T2	33,33%	0,00%	Sim	Tanque	Superficial
T3	91,36%	87,14%	Sim	Rio	Subsuperficial
T4	50,00%	0,00%	Sim	Rio	Superficial
T5	93,57%	90,45%	Não	Rio	Subsuperficial
T6	0,00%	0,00%	Não	Rio	Superficial
T7	76,49%	70,28%	Não	Tanque	Subsuperficial
T8	16,67%	0,00%	Não	Tanque	Superficial

Os tratamentos T4, T2, T6 e T8 apresentaram grande número de emissores obstruídos, apesar de possuírem as mesmas condições de qualidade de água, pH e filtragem dos demais.

Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 receberam a aplicação de 40 mg L⁻¹ de cloro ao final do ciclo. Os coeficientes CUC e CUD apresentaram aumento de 3,02% e 10,56%, respectivamente no tratamento T1 e 12,03% e 26,74% respectivamente no tratamento T3. No tratamento T4 a aplicação de cloro não apresentou resultados. O tratamento T2, que antes da aplicação de cloro apresentava obstrução quase total dos emissores, apresentou aumento para 33,33 % para os valores de CUC. A aplicação de cloro possibilitou que os tratamentos T1 e T3 ficassem com valores de CUC acima de 90% e valores de CUD acima de 85%, o que é o recomendado pela FAO.

Nas condições deste experimento, ao final do segundo ciclo, os tratamentos que utilizaram mangueiras gotejadoras dispostas subsuperficialmente foram os que apresentaram maiores coeficientes de uniformidade e eficiência de irrigação.

7.3 Substituição e Avaliação das Mangueiras Gotejadoras

Ao final do Ciclo II, foram substituídas todas as mangueiras gotejadoras por mangueiras novas, com as mesmas especificações das anteriores. Tal procedimento foi realizado visando repetir as avaliações e confirmar ou não os resultados encontrados nos dois ciclos anteriores.

As mangueiras substituídas foram amostradas, pesadas e submetidas a análise do material acumulado em seu interior. Segundo Nakayama et al. (1977), diversos trabalhos de pesquisa e observações de campo indicam que as causas de obstrução em emissores e sistemas de filtragem podem ser divididos em três principais categorias: material em suspensão, precipitados químicos e crescimento microbiano.

Os resultados das análises químicas do material acumulado são apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 Análise química do material acumulado no interior das mangueiras gotejadoras.

	<i>N</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>pH</i>	<i>CE</i>
	mg L ⁻¹										
T1	30,00	0,32	2,70	0,95	0,78	0,02	1,30	0,05	0,04	7,97	25,63
T2	41,67	0,18	2,32	0,85	0,57	0,02	0,86	0,04	0,02	7,83	21,37
T3	21,33	0,26	1,87	0,53	0,70	0,02	1,31	0,06	0,04	7,50	19,25
T4	57,33	0,31	2,62	0,74	0,68	0,01	1,30	0,06	0,02	7,82	23,39
T5	25,67	0,24	1,45	0,65	0,55	0,01	1,06	0,04	0,02	7,39	16,44
T6	52,33	0,38	1,59	0,66	0,67	0,01	0,74	0,05	0,02	7,50	17,73
T7	31,33	0,29	1,28	0,47	0,55	0,01	0,74	0,04	0,03	7,40	14,95
T8	35,67	0,34	1,67	0,66	0,69	0,01	0,72	0,06	0,02	7,51	18,57

CE= Condutividade elétrica

Os resultados médios das pesagens das amostras são apresentados no Quadro 26.

Quadro 26 Quantidade de material encontrado no interior nas mangueiras de irrigação.

	<i>Peso (g m⁻¹)</i>
T1	0,213
T2	0,190
T3	0,055
T4	0,370
T5	0,093
T6	0,260
T7	0,162
T8	0,185

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que dentre os nutrientes observados, o nitrogênio foi o que acumulou em maior quantidade nas mangueiras gotejadoras. As mangueiras dispostas superficialmente nos canteiros e que receberam água diretamente do Ribeirão Lavapés, foram as que apresentaram maiores teores de nitrogênio e a maior quantidade de material acumulado (orgânico e inorgânico).

O ambiente interno das mangueiras gotejadoras expostas a radiação solar pode ser considerado propício para o desenvolvimento de microrganismos que degradam mineralizando o nitrogênio orgânico ali armazenado. Como as mangueiras gotejadoras dos tratamentos T4, T6, T2 e T8, que são dispostas superficialmente sobre os canteiros, foram respectivamente as que apresentaram maior concentração de nitrogênio, pode-se supor que devido a exposição a radiação solar, a água que fica armazenada entre uma irrigação torna-se propícia para a proliferação de microrganismos e favorecendo à mineralização do nitrogênio orgânico.

7.4 Ciclo III (30 de março à 24 de maio de 2002)

7.4.1 Transplântio

O terceiro transplântio foi realizado em 30 de março de 2002. Neste período a região apresentou uma queda de temperatura, e alguns dias de precipitação próximo

ao período de colheita. Os dados de temperatura e precipitação do Ciclo III são apresentados nas Figuras 11 e 12.

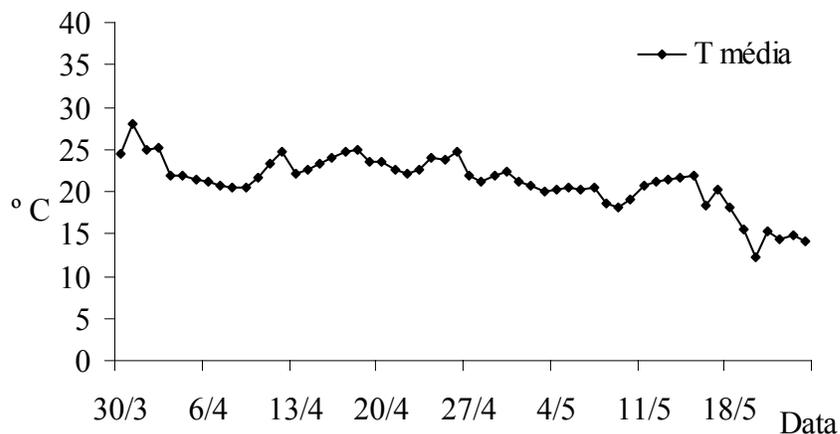


Figura 11 Temperaturas médias diárias (°C) durante todo o Ciclo III.

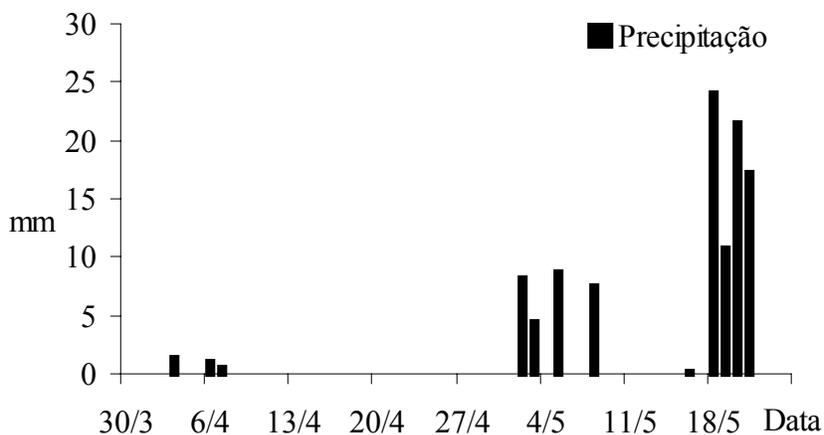


Figura 12 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo III.

Neste período (30 de março à 24 de maio de 2002), a região apresentou uma temperatura média diária de 21,17 °C e uma precipitação total de 105,30 mm.

7.4.2 Produção do Ciclo III

Neste Ciclo III, os tratamentos apresentaram diferença significativa. O tratamento T4 (que recebe água do Ribeirão Lavapés, é disposto superficialmente e recebe cloro) foi o que apresentou a maior produção, e diferenciou-se significativamente dos tratamentos T5 (que recebe água do Ribeirão Lavapés e é disposto subsuperficialmente) e T3 (que recebe água do Ribeirão Lavapés, é disposto subsuperficialmente e recebe cloro).

Os tratamentos nos quais a mangueira gotejadora era disposta superficialmente e recebiam a aplicação de cloro (T4 e T2) foram os que apresentaram maiores valores de produção. Os valores médios de peso de massa fresca e massa seca estão apresentados abaixo no Quadro 27.

Quadro 27 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo III).

	<i>Peso de Massa Fresca</i>	<i>Peso de Massa Seca</i>
	g	
T1	527,92 ab	23,91 ab
T2	590,77 ab	27,42 ab
T3	475,32 b	21,90 b
T4	635,72 a	29,41 a
T5	493,59 b	23,83 ab
T6	582,41 ab	28,24 ab
T7	512,11 ab	24,55 ab
T8	558,16 ab	26,31 ab
CV	25,43%	30,32%
F	3,22	2,28

CV = coeficiente de variação dos dados.

F = teste de comparação das variâncias

Todos os tratamentos receberam a mesma dose de adubação e mesmas condições de irrigação. Conforme observado nos dois ciclos anteriores, está ocorrendo uma queda na produção no decorrer do experimento. A Figura 13 compara a produção dos Ciclos I, II e III.

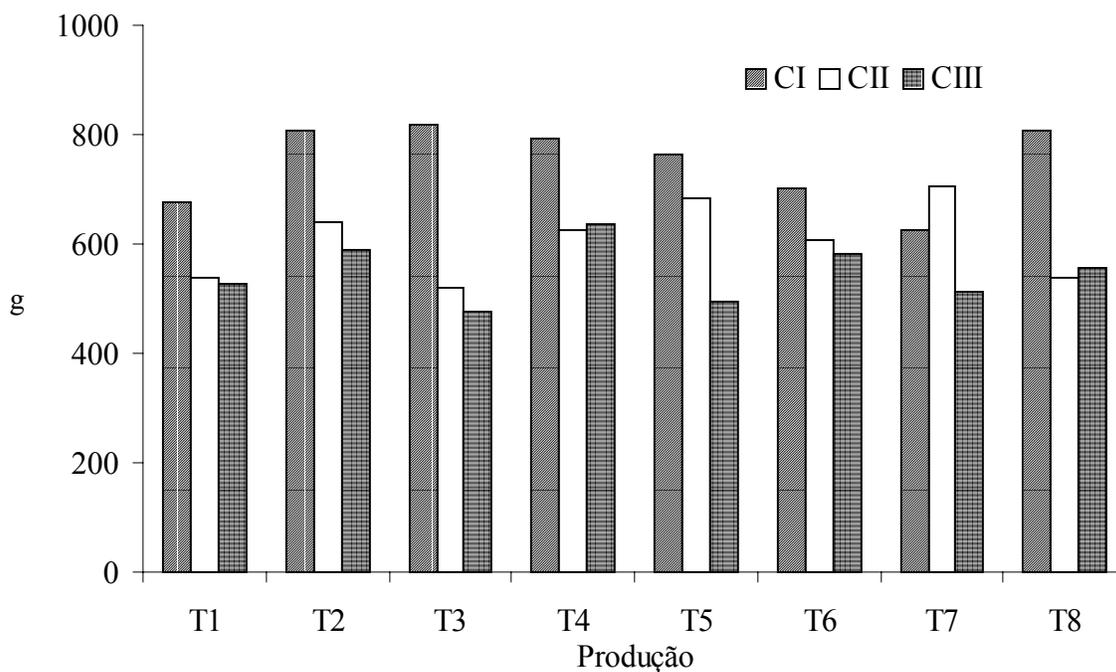


Figura 13 Comparação da produção (peso de massa fresca) dos Ciclos I, II e III.

7.4.3 Resultados das Análises

7.4.3.1 Análises do Solo

7.4.3.1.1 Análises Microbiológicas

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais e nem de *Salmonella* spp nas amostras de solo, coletados após 24 horas da última irrigação, em nenhum dos tratamentos.

7.4.3.1.2 Análises Químicas

Observou-se que o fósforo e o boro apresentaram teores mais elevados nas amostras de solo dos tratamentos irrigados com água diretamente do ribeirão. Neste Ciclo III, cálcio, magnésio e cobre voltaram apresentar um aumento em seus teores. O boro, que no ciclo anterior havia apresentado queda, também voltou a aumentar seus teores nas amostras dos canteiros. Os teores de cálcio e magnésio apresentaram teores mais elevados nos canteiros irrigados com água do tanque. Os resultados das análises químicas das amostras de solo dos tratamentos estão apresentados nos Quadros 28 e 29.

Quadro 28 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo III.

	<i>pH</i>	<i>M.O.</i>	<i>P</i>	<i>Al³⁺</i>	<i>H+Al</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i>
	<i>CaCl₂</i>		<i>Resina</i>								
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----							%
T1	6,2	27	92	1	20	3,3	49	25	77	97	79
T2	6,3	24	116	1	19	4,5	61	27	92	111	83
T3	6,5	30	225	1	17	4,1	75	34	113	131	87
T4	5,9	30	210	1	21	3,4	72	32	108	129	83
T5	5,9	14	158	1	22	5,5	66	29	101	123	82
T6	6,5	21	191	1	16	3,0	68	32	103	119	87
T7	6,5	23	191	1	16	5,2	54	27	87	103	84
T8	6,5	26	167	1	17	7,0	63	27	97	114	85

Quadro 29 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo III.

	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
	----- mg dm ⁻³ -----				
T1	0,61	8,6	39	13,1	12,7
T2	0,52	9,5	50	11,2	16,4
T3	0,70	9,3	49	14,8	24,7
T4	0,50	9,1	49	13,0	17,9
T5	0,64	8,9	46	15,7	14,6
T6	0,41	5,5	37	10,4	13,8
T7	0,61	6,9	46	13,5	26,0
T8	0,96	7,8	39	13,7	17,7

Os teores de manganês sofreram pequenas variações, quando comparado com os resultados do ciclo anterior. O teor de zinco destacou-se neste Ciclo III apresentando aumentos consideráveis nos canteiros. O cobre, que no ciclo anterior havia apresentado queda em seus teores, praticamente recuperou os teores encontrados ao final do Ciclo I. Os valores de pH continuaram a apresentar aumento.

A quantidade de matéria orgânica observado nos canteiros dos tratamentos irrigados com água diretamente do Ribeirão Lavapés (T3, T4, T5 e T6) foi maior do que os dos demais tratamentos. Como a adubação com esterco foi a mesma para todos os tratamentos, podemos concluir que esta carga de material orgânico foi proveniente do material presente na água do ribeirão.

7.4.3.2 Análises da Água

7.4.3.2.1 Análises Microbiológicas

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais e nem *Salmonella* spp nas amostras da água armazenada no tanque reservatório após 72 horas de seu reabastecimento. Detectou-se a presença de coliformes fecais na amostra de água do ribeirão ($1,2 \times 10^6$ - NMP ml⁻¹) e na amostra de água da irrigação ($1,4 \times 10^4$ - NMP ml⁻¹). Não foi detectada a presença de *Salmonella* spp nas amostras de água em nenhum dos tratamentos e nem na amostra de água do Ribeirão Lavapés.

Como já foi anteriormente discutido, segundo a resolução n.º 20/86 do CONAMA de 18/08/86, a água do Ribeirão Lavapés utilizada neste experimento para irrigação de alface, não é adequada para tal finalidade.

7.4.3.2 Análises Químicas

O resultado da análise química da amostra da água do Ribeirão Lavapés está apresentado no Quadro 30.

Quadro 30 Análise química da amostra de água do Ribeirão Lavapés (Início do Ciclo III).

<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
mg L ⁻¹									
42	--	6,27	4,76	2,84	26,4	0,02	0,58	0,18	0,01
pH = 6,25 Condutividade= 187μS									

7.4.3.3 Análises da Alface

7.4.3.3.1 Análise Microbiológica

Não foram detectadas a presença de coliformes fecais e nem de *Salmonella* spp nas amostras de alface coletadas após 48 horas da última irrigação, em nenhum dos tratamentos.

7.4.4 Avaliação da Uniformidade e Eficiência da Irrigação

Os tratamentos que apresentaram maiores valores de uniformidade e eficiência foram o T4 (que recebe água diretamente do ribeirão, é disposto superficialmente e recebe cloro), o T7 (que recebe água do tanque reservatório, é disposto subsuperficialmente), o T2 (que recebe água do tanque reservatório, é disposto superficialmente e recebe cloro) e T3 (que recebe água do Ribeirão Lavapés, é disposto subsuperficialmente e recebe cloro). Pode-se notar que, neste Ciclo III, a maioria dos tratamentos que receberam a aplicação de cloro apresentaram melhores resultados de uniformidade e eficiência de irrigação.

Os valores do CUC em todos os tratamentos estão acima de 90%, e os valores de CUD em todos os tratamentos estão acima de 85%, o que é o recomendado pela FAO, para este sistema de irrigação. Os resultados da avaliação da uniformidade e da eficiência da irrigação em cada tratamento e os tipos de tratamentos são apresentados no Quadro 31.

Quadro 31 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo III).

	CUC	CUD	Cloro	Água	Disposição dos Gotejadores
T1	95,68%	93,83%	Sim	Tanque	Subsuperficial
T2	97,35%	94,69%	Sim	Tanque	Superficial
T3	96,10%	92,79%	Sim	Rio	Subsuperficial
T4	97,92%	95,83%	Sim	Rio	Superficial
T5	94,78%	90,99%	Não	Rio	Subsuperficial
T6	93,66%	89,37%	Não	Rio	Superficial
T7	97,56%	96,67%	Não	Tanque	Subsuperficial
T8	94,89%	92,78%	Não	Tanque	Superficial

Observou-se ao final do 3^o ciclo da cultura, três furos nas mangueiras gotejadoras.

7.5 Ciclo IV (12 de outubro à 03 de dezembro de 2002)

7.5.1 Transplântio

O quarto transplântio foi realizado em 12 de outubro 2002. Neste Ciclo IV realizou-se a coleta semanal de amostras de solo, água e alface, desde o transplântio até a colheita, que foram submetidas a análise microbiológica e parasitológica. Estas análises tiveram como objetivo realizar uma avaliação mais detalhada da presença de coliforme fecais, *Salmonella* spp e parasitos humanos (cistos de protozoários e ovos de helmintos) na prática da irrigação de hortaliças utilizando-se águas receptoras de efluentes urbanos.

Nos ciclos anteriores as amostras foram coletadas uma vez, ao final dos mesmos, 48 horas após a última irrigação. Neste, as amostras foram coletadas semanalmente, 24 horas após a última irrigação.

Os dados de temperatura e precipitação do Ciclo IV são apresentados nas Figuras 14 e 15.

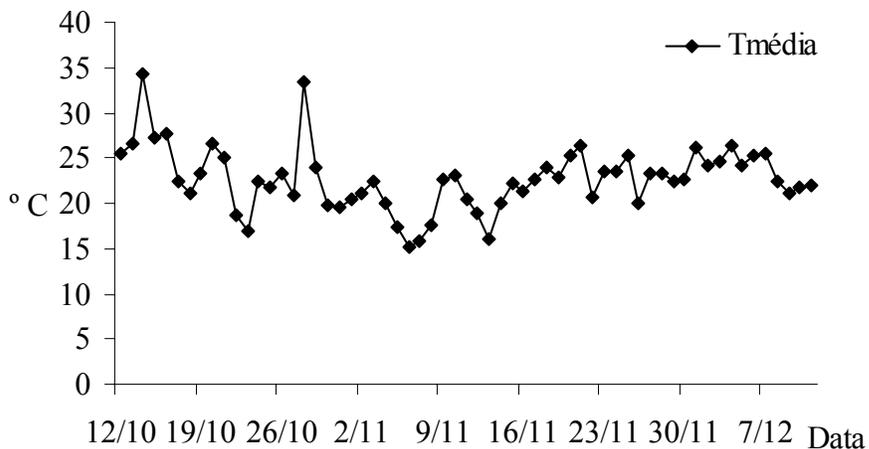


Figura 14 Temperaturas médias diárias (°C) durante todo o Ciclo IV.

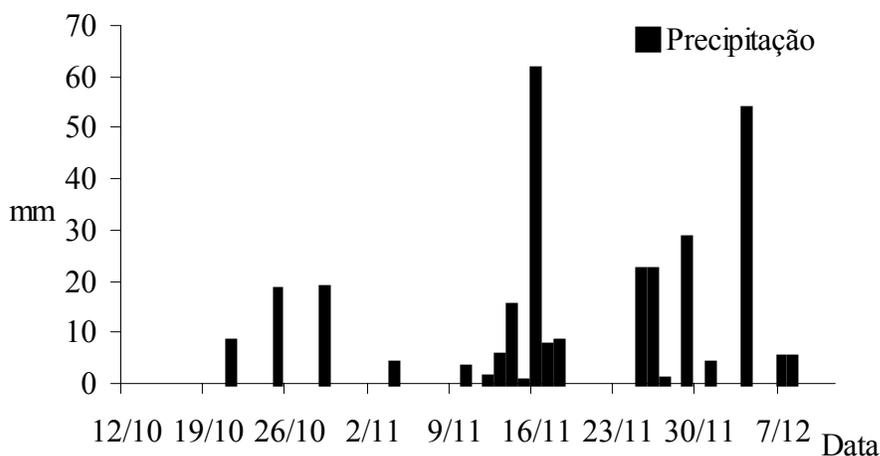


Figura 15 Precipitação (mm) durante todo o Ciclo IV

Neste período (12 de outubro à 03 de dezembro de 2002), a região apresentou uma temperatura média diária de 22,68 °C e uma precipitação total de 291,10 mm.

7.5.2 Produção do Ciclo IV

O tratamento T1 (que recebe água do tanque, com mangueira gotejadora disposta subsuperficialmente e recebe cloro) apresentou diferença significativa dos tratamentos T4, T3, T5 e T8. Os demais tratamentos não diferenciaram entre si. Os valores médios de peso de massa fresca e massa seca estão apresentados abaixo no Quadro 32

Quadro 32 Valores médios de peso de massa fresca e massa seca (Ciclo IV).

	<i>Peso de Massa Fresca</i>	<i>Peso de Massa Seca</i>
	g	
T1	635,32 a	28,45 a
T2	573,32 ab	26,24 a
T3	485,55 b	22,63 a
T4	487,15 b	22,64 a
T5	482,14 b	22,76 a
T6	532,66 ab	26,10 a
T7	582,8 ab	27,69 a
T8	452,32 b	21,67 a
CV	28,10%	31,29%
F	3,79	2,44

CV = coeficiente de variação dos dados.

F = teste de comparação das variâncias

A Figura 16 compara os valores de produção dos Ciclos I ao IV. Como já visto houve uma queda de produção de um ciclo para o outro no decorrer do experimento. Porém o Ciclo IV apresentou valores de produção praticamente iguais aos do Ciclo III. Neste último ciclo houve um aumento na precipitação em relação aos ciclos anteriores, o que compensaria a redução de água disponível para a cultura devido ao possível entupimento das mangueiras gotejadoras.

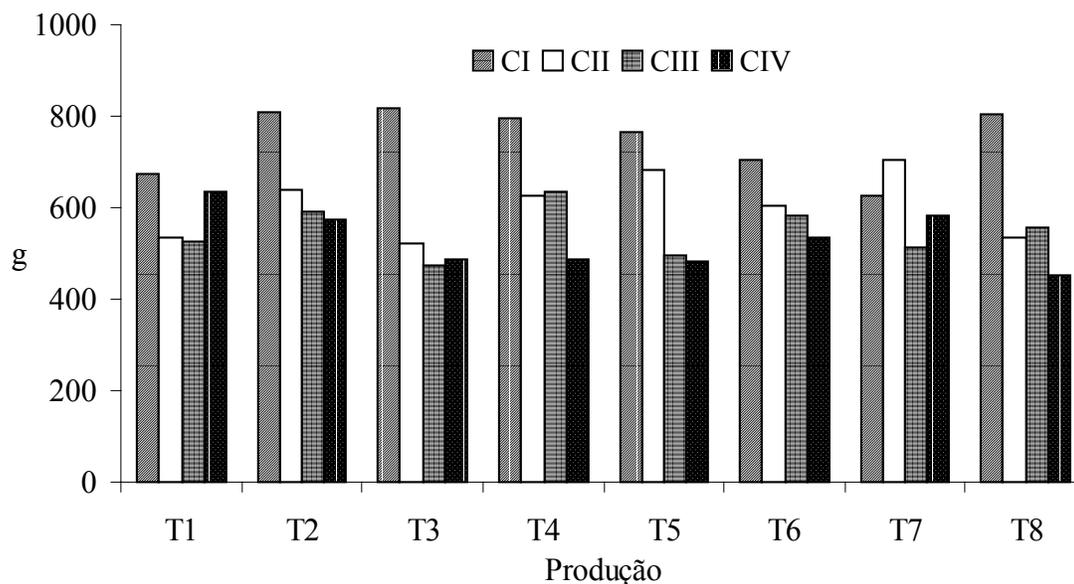


Figura 16 Comparação da produção (peso de massa fresca) dos Ciclos I, II, III.e IV.

O Quadro 33 compara, apenas de maneira ilustrativa, valores de peso de massa fresco médios de alface americana (*Lactuca sativa* L.) encontrados na literatura, e que não foram irrigados com águas residuárias ou receptoras de efluentes, o valor de peso de massa fresco encontrado no canteiro cultivado com água tratada deste experimento, e os valores de peso de massa fresco encontrados nos Ciclos I, II, III e IV.

Quadro 33 Comparação dos valores de peso de massa fresca da literatura.

<i>Características</i>	<i>Peso (g)</i>	<i>Fonte</i>
Experimento com fertirrigação (dose de 80,13 kg N ha ⁻¹)	801,17	Bueno (1998)
Produtores do sul de Minas Gerais	500-600	Gomes (2001)
Canteiro irrigado com água do Ribeirão Lavapés -Ciclo I	749,41	Biscaro (2003)
Canteiro irrigado com água do Ribeirão Lavapés -Ciclo II	607,13	Biscaro (2003)
Canteiro irrigado com água do Ribeirão Lavapés -Ciclo III	547,00	Biscaro (2003)
Canteiro irrigado com água do Ribeirão Lavapés -Ciclo IV	528,91	Biscaro (2003)
Canteiros com cobertura de plástico prata	493,49	Pereira et al. (2000)
Canteiro irrigado com água tratada	453,12	Biscaro (2003)
Canteiros com cobertura de plástico comum	357,37	Pereira et al. (2000)

Apesar da queda de produção já descrita, pode-se observar que os pesos de massa fresca dos pés de alface cultivados nos ciclos I, II, III e IV, encontram-se dentro da faixa que compreende o alface produzido pelos produtores do sul de Minas Gerais (que se utilizam de fertirrigação) e o alface produzido em experimentos que envolvem doses de nitrogênio em fertirrigação. A utilização de águas receptoras de efluentes urbanos não prejudica a produção.

7.5.3 Análise Química do Solo

Desde o início do experimento, o teor de fósforo apresentou um incremento maior nas amostras dos canteiros irrigados com água diretamente do Ribeirão Lavapés, do que nas amostras de solo dos canteiros irrigados com água do tanque reservatório. Os resultados das análises químicas do solo estão apresentados nos Quadros 34 e 35.

Quadro 34 Resultados da análise química de solo (macronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo IV.

	<i>pH</i> <i>CaCl₂</i>	<i>M.O.</i> g dm ⁻³	<i>P</i> <i>Resina</i> mg dm ⁻³	<i>Al³⁺</i>	<i>H+Al</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V</i> %
				----- mmol _c dm ⁻³ -----							
T1	6,5	17	352	0	16	4	117	44	165	181	91
T2	6,7	19	304	0	15	4,6	90	38	133	147	90
T3	6,9	22	405	0	15	4,9	153	58	216	231	94
T4	6,9	22	279	1	18	4	89	40	133	151	88
T5	7,0	23	385	0	17	5,9	126	48	180	197	91
T6	7,0	19	309	0	14	3,2	84	38	125	139	90
T7	6,9	18	223	0	13	5,3	72	30	107	121	89
T8	6,9	22	289	0	15	4,8	92	34	131	145	90

Quadro 35 Resultados da análise química de solo (micronutrientes) dos diversos tratamentos (T) após o término do Ciclo IV.

	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
	----- mg dm ⁻³ -----				
T1	0,83	4,9	22	8,5	15,0
T2	0,76	5,4	21	8,7	12,8
T3	1,25	5,5	23	11,8	19,2
T4	0,47	5,5,	25	10,1	13,4
T5	1,33	6,4	24	12,3	14,0
T6	0,53	5,2	21	9,3	14,8
T7	0,59	3,9	21	8,0	9,8
T8	0,63	4,9	25	10,6	13,0

Os teores de cálcio e magnésio também sofreram aumento em seus teores, quando comparados aos ciclos anteriores. Isto se deve em grande parte a resposta a adubação realizada (termofosfato magnésiano e nitrato de cálcio). Os teores de ferro, cobre manganês e zinco sofreram um significativo decréscimo quando comparados ao ciclo anterior.

Os tratamentos que receberam água diretamente do ribeirão apresentaram teores de nutrientes levemente superiores em sua análise química, quando comparado aos demais. Supõe-se que, se o tanque reservatório retinha parte dos nutrientes presentes na água do Ribeirão Lavapés, no momento de seu reabastecimento havia uma mistura do material novo presente na água ao material depositado no fundo do tanque.

7.5.4 Análise Química da Água

Devido a alta variabilidade de nutrientes presentes na água do Ribeirão Lavapés, a análise química das amostras dessa água pode apresentar resultados diferentes para cada vez em que é realizada. Os resultados da análise realizada no início do Ciclo IV, estão apresentados no Quadro 36.

Quadro 36 Análise química da amostra de água do Ribeirão Lavapés (Início Ciclo IV).

<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
mg L ⁻¹									
70	12	5,53	3,62	1,98	31,2	0,03	0,45	0,12	0,01
pH = 6,20 Condutividade= 176µS									

7.5.5 Análises Biológicas

As análises microbiológicas e parasitológicas realizadas neste ciclo foram apenas para os canteiros irrigados com a água diretamente do Ribeirão Lavapés (tratamentos T3, T4, T5 e T6).

7.5.5.1 Análises Biológicas do Solo

7.5.5.1.1 Análise da Presença de Coliformes Fecais

O Quadro 37 apresenta os resultados das análises semanais da presença de coliformes fecais nas amostras de solo, realizadas durante o decorrer do Ciclo IV.

Quadro 37 Quantidade de coliformes fecais encontrados nas amostras de solo realizadas durante o quarto ciclo de cultivo.

<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>
NMP ml ⁻¹					
1 ^a semana	16/10/2002	2,20E+04	1,10E+03	4,60E+03	2,10E+04
2 ^a semana	22/10/2002	4,60E+01	2,40E+02	2,40E+02	4,30E+01
3 ^a semana	29/10/2002	9,00E+00	4,00E+00	4,00E+00	4,00E+00
4 ^a semana	05/11/2002	4,30E+01	1,50E+02	2,10E+02	4,30E+01
5 ^a semana	13/11/2002	3,00E+00	3,00E+00	4,30E+01	4,00E+00
6 ^a semana	19/11/2002	1,50E+01	4,30E+01	4,00E+00	7,00E+00
7 ^a semana	26/11/2002	1,30E+01	9,30E+01	2,00E+01	2,10E+02
8 ^a semana	03/12/2002	9,30E+01	9,30E+01	3,00E+00	9,00E+00

(NMP) Número Mais Provável (T) Tratamentos

A primeira semana apresentou quantidades elevadas de coliformes fecais, quando comparada as seguintes. A irrigação nesta semana era realizada diariamente, em dois períodos (manhã e tarde) para permitir o "pegamento" das mudas, e como pode ser observado nos gráficos de temperatura e precipitação, foi um período de altas temperaturas e nenhuma precipitação, o que pode ter causado a elevação na concentração de coliformes fecais.

Como já citado, nos sistemas de disposição por irrigação em solos de textura fina, a remoção de bactérias e parasitas é alta (99,9%) e acontece quase que completamente nos primeiros 150 cm de profundidade e as bactérias são eliminadas em duas fases, durante as primeiras 48 horas após a irrigação, 90 % delas morre; a quantidade remanescente de bactérias morre durante as duas semanas seguintes.

A persistência de agentes patogênicos em condições de reduzida umidade e elevada insolação, que caracterizam a superfície do solo é muito inferior aos ambientes úmidos e poucos sujeitos à radiação solar. Alguns vírus e bactérias não resistem mais que algumas horas, ou até minutos, às condições de clima quente e seco, sob forte insolação (ANDRADE NETO, 1992).

7.5.5.1.2 Análise da Presença de *Salmonella* spp

Nenhuma das análises realizadas nas amostras de solo durante o decorrer do experimento indicou a presença de *Salmonella* spp, o que já vinha sendo observado nos ciclos anteriores.

7.5.5.1.3. Análise da presença de Parasitos

O Quadro 38 apresenta os resultados das análises da presença de ovos (O) e larvas (L) de parasitos nas amostras de solo realizadas durante o decorrer Ciclo IV.

Quadro 38 Presença de ovos (O) e/ou larvas (L) de parasitos nas amostras de solo.

<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>
Ovos / Larvas					
1 ^a semana	16/10/2002	---	---	---	---
2 ^a semana	22/10/2002	---	O/L	O/L	O/L
3 ^a semana	29/10/2002	---	---	L	L
4 ^a semana	05/11/2002	O/L	L	O/L	L
5 ^a semana	13/11/2002	O	O/L	---	O/L
6 ^a semana	19/11/2002	L	---	L	O
7 ^a semana	26/11/2002	O/L	L	L	L
8 ^a semana	03/12/2002	O/L	L	---	O/L

(---) Resultado negativo para presença de parasitas (O) Ovos (L) Larvas (O/L) Ovos e Larvas
(T) Tratamento

Em todas as amostras solo analisadas, não foi encontrado nenhum parasita humano. Porém foram detectados ovos e larvas de nematódeos não parasitas humanos na maioria das amostras avaliadas. Não é possível a identificação das espécies de nematódeos encontrados com base na morfologia das larvas e/ou ovos. Apesar disso, a morfologia destas formas evolutivas foram suficientes para excluirmos a possibilidade de serem parasitas humanos. É provável que estas larvas e ovos sejam parasitas de outros animais (anfíbios, répteis, aves ou mamíferos) que podem ter tido contato com o solo. Também é possível que as larvas e os ovos encontrados sejam de nematódeos de vida livre desse solo.

7.5.5.2 Análises Biológicas da Água

7.5.5.2.1 Análise da Presença de Coliformes Fecais

O Quadro 39 apresenta os resultados das análises da presença de coliformes fecais, nas amostras de água de irrigação, realizadas durante o decorrer do quarto ciclo.

Quadro 39 Concentrações de coliformes fecais encontrados nas amostras de água.

Período	Data	NMP ml ⁻¹					Ribeirão
		T1	T2	T3	T4		
1 semana	15/10/2002	2,40E+04	4,30E+05	4,30E+05	1,10E+04		4,30E+06
2 semana	21/10/2002	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06		2,10E+06
3 semana	28/10/2002	1,50E+05	4,60E+05	9,30E+06	7,50E+06		2,40E+06
4 semana	04/11/2002	4,60E+05	2,40E+05	1,10E+06	1,10E+06		4,30E+05
5 semana	12/11/2002	4,60E+05	9,30E+05	4,60E+06	1,10E+07		4,60E+06
6 semana	18/11/2002	2,40E+06	1,50E+06	2,40E+06	2,40E+06		1,10E+07
7 semana	25/1/2002	1,50E+06	4,60E+06	4,60E+06	9,30E+05		2,40E+06
8 semana	02/12/2002	4,60E+06	9,30E+05	2,40E+06	2,40E+06		1,50E+06

(NMP) Número Mais Provável (T) Tratamentos

A água de irrigação apresentou altas quantidades de coliformes fecais, tanto para as amostras coletadas diretamente no ribeirão como nas amostras de água coletadas nas mangueiras de irrigação (por onde passa pelo sistema de filtragem). A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que as águas utilizadas nas irrigações tenham um limite máximo de 1000 coliformes fecais em 100 ml de água.

7.5.5.2.2 Análise da Presença de *Salmonella* spp

Nenhuma das análises realizadas nas amostras de água de irrigação e água do rio durante o decorrer do experimento indicaram a presença de *Salmonella* spp.

7.5.5.2.3 Análise da Presença de Parasitos

O Quadro 40 apresenta os resultados das análises da presença de ovos (O) e larvas (L) de parasitos nas amostras de água realizadas durante o decorrer do quarto ciclo.

Quadro 40 Presença de ovos e/ou larvas de parasitas nas amostras de água.

<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>Ribeirão</i>
Ovos / Larvas						
1 ^a semana	16/10/2002	---	---	---	---	---
2 ^a semana	22/10/2002	L	L	L	L	L
3 ^a semana	29/10/2002	O/L	O/L	O	O	---
4 ^a semana	05/11/2002	L	--	L	L	---
5 ^a semana	13/11/2002	L	O/L	O/L	O/L	---
6 ^a semana	19/11/2002	--	---	L	---	L
7 ^a semana	26/11/2002	O	---	---	L	O/L
8 ^a semana	03/12/2002	L	L	O/L	L	L

(---) Resultado negativo para presença de parasitas (O) Ovos (L) Larvas (O/L) Ovos e Larvas
(T) Tratamento

Em todas as amostras de água analisadas, novamente não foi encontrado nenhum parasita humano. Porém foram detectados ovos e larvas de nematódeos não parasitas humanos na maioria das amostras avaliadas. A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que as águas utilizadas nas irrigações tenham menos de 1 ovo de nematóide por litro.

7.5.5.3 Análises Biológicas da Alfaca

7.5.5.3.1 Análise da Presença de Coliformes Fecais

O Quadro 41 apresenta os resultados das análises da presença de coliformes fecais, nas amostras de alfaca, realizadas durante o decorrer do quarto ciclo.

Quadro 41 Concentrações de coliformes fecais encontrados nas amostras da cultura.

<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
NMP . ml ⁻¹					
1 ^a semana	16/10/2002	9,00E+00	2,00E+01	4,30E+01	4,60E+01
2 ^a semana	22/10/2002	4,30E+01	9,30E+01	4,30E+01	9,00E+00
3 ^a semana	29/10/2002	4,00E+00	3,00E+00	4,00E+00	3,00E+00
4 ^a semana	05/11/2002	4,30E+01	9,30E+01	1,50E+02	9,00E+00
5 ^a semana	13/11/2002	3,00E+00	3,00E+00	7,00E+00	3,00E+00

Continuação...

6 ^a semana	19/11/2002	4,00E+00	4,00E+00	4,00E+00	4,00E+00
7 ^a semana	26/11/2002	3,00E+00	2,00E+01	3,00E+00	9,30E+01
8 ^a semana	03/12/2002	9,30E+01	2,10E+01	2,10E+01	7,00E+00

(NMP) Número Mais Provável (T) Tratamentos

Nos ciclos anteriores, não foram encontrados coliformes fecais nas amostras de alface que eram coletadas 48 horas após a última irrigação. Porém no campo, o produtor não aguarda todo este tempo pra levar o seu produto para vender, pois a cultura começa a perder água. Por isso foi proposto no Ciclo IV que as amostras fossem coletadas 24 horas após a última irrigação, que apesar de ainda não ser o ideal para o produtor, é uma maneira de se tentar reduzir possíveis contaminações causadas por agentes patogênicos.

A Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde aprovou em 19 de agosto de 1997 uma portaria de n.º 451 na qual estabelece que para hortaliças frescas, refrigeradas ou congeladas, consumidas diretamente, deve presença máxima de 200 coliformes fecais por grama.

7.5.5.3.2 Análise da Presença de *Salmonella* spp

Nenhuma das análises realizadas nas amostras de alface, durante o decorrer do experimento, indicaram a presença de *Salmonella* spp. Segundo Bastos e Mara (1993), após o término da irrigação, populações de *Salmonella* spp da ordem de 100 organismos/100g , sobrevivem no máximo por 5 à 7 dias em alfases e no solo.

Novamente segundo a Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (portaria de n.º 451, 19/08/97), em hortaliças frescas, refrigeradas ou congeladas, consumidas diretamente, deve haver ausência de *Salmonella* spp em 25 gramas de produto. Segundo Castro de Esparza e Sáenz (1990), não se encontrar *Salmonella* spp em verduras irrigadas com águas residuárias, o limite de coliformes fecais deve ser de 10⁴ organismos por 100 ml de água.

Portanto, no que diz respeito a presença de coliformes fecais e *Salmonella* spp, todas as amostras da cultura realizadas no decorrer desse experimento encontram-se dentro do permitido.

7.5.5.3 Análise da Presença de Parasitos

O Quadro 42 apresenta os resultados das análises da presença de ovos (O) e larvas (L) de parasitos, nas amostras de alface realizadas durante o decorrer do quarto ciclo.

Quadro 42 Presença de ovos e larvas nas amostras da cultura.

<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Ovos / Larvas					
1 ^a semana	16/10/2002	*	*	*	*
2 ^a semana	22/10/2002	L	L	L	L
3 ^a semana	29/10/2002	L	---	L	O/L
4 ^a semana	05/11/2002	L	O/L	O/L	---
5 ^a semana	13/11/2002	L	O/L	O/L	O/L
6 ^a semana	19/11/2002	L	L	O/L	L
7 ^a semana	26/11/2002	O/L	L	L	L
8 ^a semana	03/12/2002	L	O/L	O/L	O/L

* amostragem não realizada.

(---) Resultado negativo para presença de parasitas (O) Ovos (L) Larvas (O/L) Ovos e Larvas
(T) Tratamento

Em todas as amostras de alface analisadas, não foi encontrado nenhum parasita humano. Porém foram detectados ovos e larvas de nematódeos não parasitas humanos na maioria das amostras avaliadas

Apesar de se tratar de parasitas não humanos, as larvas de nematódeos podem causar quadros de larva migrans cutânea, que é conhecido popularmente como “bicho geográfico”. Neles, a larva de parasita penetra acidentalmente nos tecidos cutâneos de um indivíduo (o homem não é seu hospedeiro normal). Ela desloca-se no tecido, buscando dar

continuidade ao seu ciclo biológico, e como não encontra condições apropriadas para seu desenvolvimento, morre em pouco tempo.

No caso dos ovos presentes nas amostras, pode ocorrer o quadro de larva migrans visceral, que é bem semelhante ao anterior. Ao se ingerir ovos de espécies de parasitas nas quais o homem não é hospedeiro, as larvas que poderiam eclodir destes ovos poderiam perfurar o tubo digestivo e se instalar nos órgãos internos do indivíduo.

No Anexo 1 dessa tese, estão descritas algumas técnicas para a desinfecção de verduras destinadas ao consumo humano.

7.5.6 Avaliação da Uniformidade e Eficiência da Irrigação

Os valores do CUC em todos os tratamentos estão abaixo de 90%, e os valores de CUD em todos os tratamentos estão abaixo de 85%. Portanto eles se encontram fora das recomendações da FAO, para este sistema de irrigação. Os resultados da avaliação da uniformidade e da eficiência da irrigação em cada tratamento e os tipos de tratamentos são apresentados no Quadro 43.

Quadro 43 Avaliação da uniformidade e eficiência da irrigação (Ciclo IV).

	<i>CUC</i>	<i>CUD</i>	<i>Cloro</i>	<i>Água</i>	<i>Disposição dos Gotejadores</i>
T1	80,24%	68,29%	Sim	Tanque	Subsuperficial
T2	83,33%	69,25%	Sim	Tanque	Superficial
T3	81,89%	63,78%	Sim	Rio	Subsuperficial
T4	83,14%	68,65%	Sim	Rio	Superficial
T5	81,94%	63,89%	Não	Rio	Subsuperficial
T6	66,67%	34,83%	Não	Rio	Superficial
T7	80,05%	60,09%	Não	Tanque	Subsuperficial
T8	83,33%	68,18%	Não	Tanque	Superficial

Os tratamentos que apresentaram maiores valores de uniformidade e eficiência neste ciclo foram o T2 (que recebe água do tanque reservatório, é disposto superficialmente e recebe cloro) e o T8 (que recebe água do tanque reservatório e é disposto

superficialmente). Estes tratamentos utilizaram mangueiras gotejadoras dispostas superficialmente nos canteiros que receberam água do tanque reservatório.

A alta variabilidade da concentração de materiais em suspensão na água do Ribeirão Lavapés e a ação do filtro que uniformiza a quantidade de impurezas que chegava até as mangueiras gotejadoras dificulta a avaliação dos tratamentos. Pode ser que durante um determinado período, o sistema de irrigação pode ter estado mais exposto a uma quantidade maior de partículas que não foram retidas pelo filtro de areia e pelo filtro de tela do que em outro.

A eficiência dos filtros de areia tende a aumentar com o decorrer do tempo, devido a progressiva deposição de material, mesmo realizando-se retrolavagens periódicas.

7.6 Considerações Finais

A proposta principal dessa pesquisa foi avaliar a utilização da água do Ribeirão Lavapés, curso d'água que recebe os esgotos doméstico e industrial não tratados da cidade de Botucatu, São Paulo (Brasil), para utilização em sistemas de irrigação localizada por gotejamento. Entre outros fatores analisados, estudou-se a presença de coliformes fecais, *Salmonella* spp e formas evolutivas de parasitas humanos em amostras da cultura, da água (de irrigação e do ribeirão) e do solo.

7.6.1 Produção de Alface Americana

Verificou-se que os tratamentos propostos não influenciaram na produção. Mesmo diferindo significativamente entre si, houve grande variação dos resultados de um ciclo para o outro, impossibilitando o estabelecer um padrão. O motivo dessa grande variação foi a alta variabilidade do material presente na água do ribeirão. O que diferenciava um tratamento do outro era a disposição das mangueiras gotejadoras (superficialmente ou superficialmente) sobre o canteiro e a aplicação ou não de cloro após o término do ciclo. A

recomendação de adubação, a frequência de irrigação e a quantidade de água aplicada foram as mesmas para todos os tratamentos.

A produção apresentou uma queda geral do primeiro ao quarto ciclo. Porém esse último apresentou resultados de produção praticamente iguais ao do terceiro ciclo, mesmo havendo obstrução nas mangueiras gotejadoras (o que pode ser constatado pelos valores de CUC do Ciclo IV). Isto pode ser explicado pelo fato de que, com o aumento da precipitação total no Ciclo IV (291,10 mm) quando comparado ao ciclo anterior (105,30 mm), um eventual déficit de água na cultura causado pela obstrução dos gotejadores foi compensado com o aumento de precipitação.

Apesar da queda de produção, e baseado nos dados de literatura citados anteriormente, verificou-se que os pesos de massa fresca dos pés de alface cultivados nos ciclos I, II, III e IV, encontram-se dentro da faixa de peso de massa fresca que compreende o alface produzido pelos produtores do sul de Minas Gerais e o alface produzido em experimentos que envolvem doses de nitrogênio em fertirrigação (vide citações anteriores nesse texto). A utilização de águas receptoras de efluentes urbanos não prejudicou a produção.

Com base nos dados de produção obtidos, nas condições desse experimento, a utilização de mangueiras dispostas superficialmente (maior facilidade de instalação e mais fácil manejo) irrigados com a água do Ribeirão Lavapés e a não utilização de tanque reservatório são as melhores opções de instalação do sistema para o produtor.

7.6.2 Avaliação do Sistema de Irrigação

A mangueira gotejadora avaliada apresentou valores de coeficiente de uniformidade e de distribuição abaixo do que é recomendado pela FAO para esse tipo de sistema de irrigação, após o término dos Ciclos II e IV, sendo que em certos casos (em especial do Ciclo II) apresentou obstrução quase que total dos emissores em alguns dos tratamentos.

A disposição subsuperficial das mangueiras gotejadoras a princípio, pareceu apresentar melhores resultados de uniformidade e eficiência de irrigação, quando

comparados as mangueiras dispostas superficialmente, ao final do segundo ciclo. Porém com a substituição das mangueiras esta condição não se manteve, não se observando as mesmas características anteriores, ao final do quarto ciclo.

Do ponto de vista do produtor, a substituição das mangueiras gotejadoras após a utilização em apenas dois ciclos de cultivo de hortaliças é inviável, pois acarretaria num aumento do custo de produção da cultura. Isso então inviabiliza a utilização das águas do Ribeirão Lavapés em sistemas de irrigação localizada por gotejamento, sem que haja algum outro tipo de tratamento além dos filtros de areia e de tela.

Devido aos resultados observados, não se pode constatar influência do tanque reservatório e nem do cloro na melhoria das condições de uniformidade e eficiência das mangueiras. Portanto seu uso pode ser descartado para efeito de tratamento.

Vale a pena ressaltar que foi não avaliada nem o modelo e nem o fabricante das mangueiras gotejadoras, mas sim um sistema de irrigação por gotejamento utilizando águas receptoras de efluentes urbanos. A mesma afirmação é válida para os filtros e o tanque reservatório.

7.6.3 Condições Sanitárias da Cultura, do Solo e da Água

Nos três primeiros ciclos, as análises da presença de coliformes fecais e de *Salmonella* spp em amostras de solo e alface, que eram coletadas após 48 horas da última irrigação, não acusaram contaminação dos mesmos. Porém, como já foi discutido anteriormente, na prática o produtor não aguarda todo esse tempo para colher seu produto. Por isso propôs-se que no quarto ciclo, onde o tempo de coleta de amostras após a última irrigação fosse reduzido para 24 horas.

As amostras de água de irrigação e do Ribeirão Lavapés apresentaram praticamente a mesma concentração média de coliformes fecais, de $2,29 \times 10^6$ NMP ml⁻¹ e $3,59 \times 10^6$ NMP ml⁻¹, respectivamente, porém não apresentaram a presença de *Salmonella* spp. A resolução n.º 20/86 do CONAMA de 18/08/86 estabelece que para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e se desenvolvem rente ao solo, sendo ingeridas cruas sem remoção de película, as águas utilizadas não devem ser poluídas por excrementos humanos,

ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Conforme essa resolução, a água do Ribeirão Lavapés é inadequada para utilização em sistemas de irrigação por gotejamento para produção de hortaliças.

As amostras de alface coletadas 24 horas após a última irrigação apresentaram a contaminação por coliformes fecais (uma média de $2,9 \times 10$ NMP ml⁻¹ por amostras de 25 gramas da cultura) mas não por *Salmonella* spp. Segundo a Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS) do Ministério da Saúde aprovada em 19 de agosto de 1997, portaria de n.º 451, em hortaliças frescas, refrigeradas ou congeladas e consumidas diretamente deve haver ausência de *Salmonella* spp em 25 gramas de produto podem apresentar a presença máxima de 200 coliformes fecais por grama. Portanto a produção de alface americana irrigado por gotejamento, utilizando-se a água do Ribeirão Lavapés (que recebe todo o esgoto urbano não tratada do município de Botucatu - SP), é viável, isto é, atende a portaria n.º 451 da Secretaria de Vigilância Sanitária.

Apesar da resolução n.º 20/86 do CONAMA não permitir que corpos d'água poluídos por coliformes fecais sejam usados em irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e se desenvolvem rente ao solo, o alface produzido nas condições desse experimento atende a portaria n.º 451 da Secretaria de Vigilância Sanitária, podendo então ser consumido.

Não foram encontradas formas evolutivas de parasitas humanos (cistos de protozoários e ovos de helmintos), em nenhuma das amostras de solo, água e cultura realizados neste experimento, mas sim foram detectados a presença de ovos e larvas de nematódeos não parasitas humanos. Como explicado anteriormente, estes ovos e larvas podem causar quadros de larva migrans cutânea, conhecida com “bicho geográfico”. Estes ovos e larvas podem ser facilmente removidos pelos processos de desinfecção descritos no Anexo 1 dessa tese. A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que as águas utilizadas nas irrigações tenham menos de 1 ovo de nematóide por litro.

Quanto a presença de coliformes fecais e parasitos nas amostras de solo, a literatura aponta que nos sistemas de disposição por irrigação em solos de textura fina, a remoção de bactérias e parasitas é alta (99,9%) e acontece quase que completamente nos primeiros 150 cm de profundidade e que as bactérias são eliminadas em duas fases, durante as

primeiras 48 horas após a irrigação, 90 % delas morre; a quantidade remanescente de bactérias morre durante as duas semanas seguintes.

Portanto recomenda-se que ao se irrigar hortaliças que irão ser consumidas cruas, com águas receptoras de efluentes urbanos (com sistemas de irrigação localizada por gotejamento), deve-se esperar pelo menos 24 horas após a última irrigação, com condições de tempo seco e ensolarado, para se proceder a colheita. Também recomenda-se coletar amostras para análise periodicamente.

7.6.4 Alterações Químicas do Solo

Os tratamentos que foram irrigados com água diretamente do Ribeirão Lavapés apresentaram em geral, um pequeno aumento no teor de nutrientes nas amostras de solo, quando comparados aos demais, apresentando também uma maior saturação de bases e uma maior capacidade de troca de cátions.

Os teores de ferro apresentaram valores praticamente constantes durante todo experimento, ocorrendo porém uma queda expressiva no Ciclo IV. Não há nenhuma associação que possa ser feita para explicar o ocorrido, pois nenhuma alteração na condução e no manejo foi realizada. Portanto pode ter ocorrido algum problema na amostragem ou na análise..

Os aumentos dos teores de fósforo, cálcio e magnésio se deram principalmente em resposta a adubação realizada. Como ao início de cada ciclo os canteiros foram adubados conforme recomendação, não é possível afirmar-se quanto do acúmulo de nutrientes nos canteiros se deve a concentração nas águas do Ribeirão Lavapés e quanto se deve a adubação. Por não ser objetivo do experimento, não se dosou ou balanceou a quantidade de adubo aplicado com o teor de nutrientes acumulados nos canteiros de um ciclo para outro e nem se comparou os resultados obtidos com os mesmos tratamentos utilizando-se água tratada.

O pH no solo apresentou um aumento crescente durante o desenvolvimento do experimento. As figuras 17 e 18 apresentam o aumento dos teores de pH

dos canteiros irrigados com água do tanque reservatório e com água diretamente do Ribeirão Lavapés. Respectivamente.

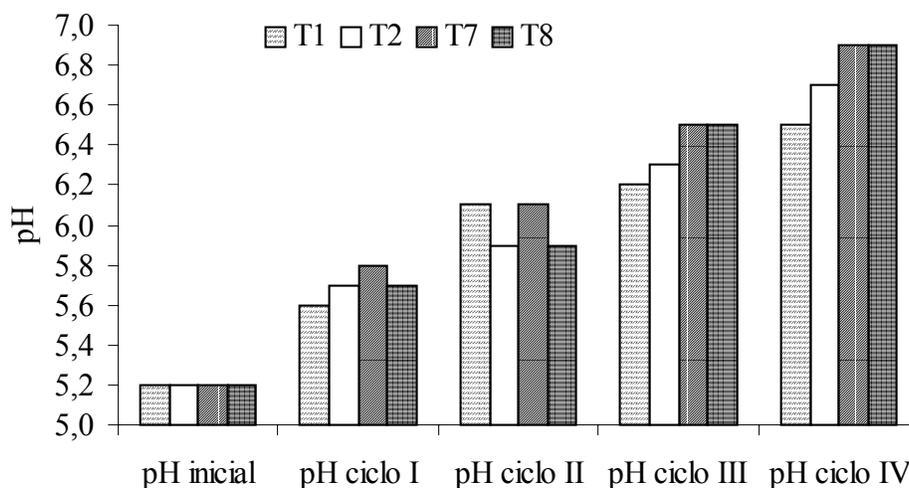


Figura 17 Aumento nos teores de pH nos canteiros irrigados com água do tanque reservatório.

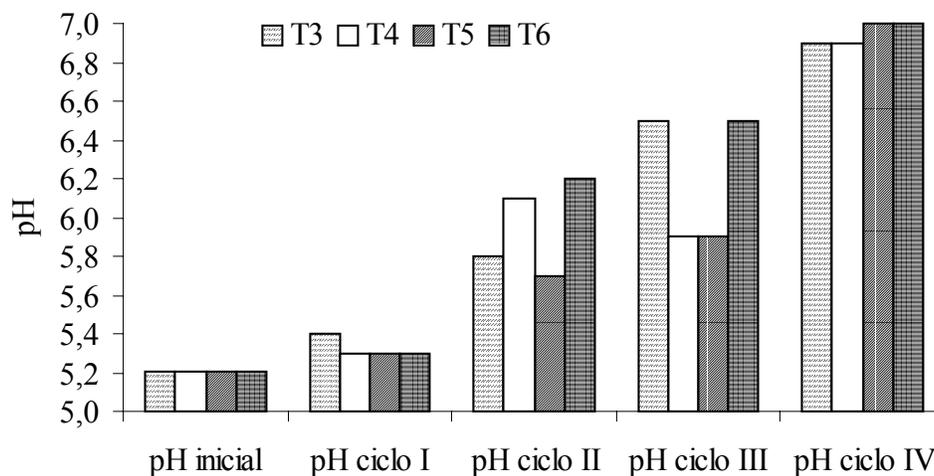


Figura 18 Aumento nos teores de pH nos canteiros irrigados com água do Ribeirão Lavapés.

A disposição das mangueiras gotejadoras, assim como a aplicação de cloro nada influenciaram nos resultados das análises químicas das amostras de solo. A utilização da água armazenada do tanque reservatório reduziu em média 18 % do teor de

fósforo, 29 % de boro, 22 % de manganês, 21 % de zinco, 22 % de cálcio e 26 % de magnésio nos canteiros dos tratamentos T1, T2, T7 e T8, quando comparados aos demais tratamentos.

8 CONCLUSÕES

A mangueira gotejadora avaliada apresentou valores de coeficiente de uniformidade e de distribuição abaixo do que é recomendado pela FAO para esse tipo de sistema de irrigação, após a utilização em apenas dois ciclos de cultivo de hortaliças, sendo necessário a substituição das mesmas. Isto inviabiliza, do ponto de vista financeiro, a utilização das águas do Ribeirão Lavapés em sistemas de irrigação localizada por gotejamento, sem que haja algum outro tipo de tratamento além dos filtros de areia e de tela.

Nos três primeiros ciclos, as análises da presença de coliformes fecais e de *Salmonella* spp em amostras de solo e alface, que eram coletadas após 48 horas da última irrigação, não acusaram contaminação dos mesmos. As amostras de água de irrigação e do Ribeirão Lavapés apresentaram praticamente a mesma concentração média de coliformes fecais, de $2,29 \times 10^6$ NMP ml⁻¹ e $3,59 \times 10^6$ NMP ml⁻¹, respectivamente. Em nenhuma das amostras de solo, alface e água, coletas nos Ciclos I, II, III e IV, foi encontrada a presença de *Salmonella* spp. Também não foram encontradas formas evolutivas de parasitas humanos (cistos de protozoários e ovos de helmintos), mas sim detectados a presença de ovos e larvas de nematódeos que não são parasitas humanos.

As amostras de alface coletadas 24 horas após a última irrigação apresentaram a contaminação por coliformes fecais (uma média de $2,9 \times 10$ NMP ml⁻¹ por amostras de 25 gramas da cultura). A produção de alface americana irrigado por gotejamento, utilizando-se a água do Ribeirão Lavapés (que recebe todo o esgoto urbano não tratada do

município de Botucatu - SP), é viável, isto é, atende a portaria n.º 451 da Secretaria de Vigilância Sanitária.

Apesar da resolução n.º 20/86 do CONAMA não permitir que corpos d'água poluídos por coliformes fecais sejam usados em irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e se desenvolvem rente ao solo, o alface produzido nas condições desse experimento atende a portaria n.º 451 da Secretaria de Vigilância Sanitária, podendo então ser consumido.

Portanto recomenda-se que ao se irrigar hortaliças que irão ser consumidas cruas, com águas receptoras de efluentes urbanos (com sistemas de irrigação localizada por gotejamento), deve-se esperar pelo menos 24 horas após a última irrigação, com condições de tempo seco e ensolarado, para se proceder a colheita.

Devido aos resultados observados, não se pode constatar influência do tanque reservatório e nem do cloro, na melhoria das condições de uniformidade e eficiência das mangueiras. Portanto seu uso pode ser descartado para efeito de tratamento.

Verificou-se que os tratamentos propostos não influenciaram na produção, sendo que esta apresentou uma queda geral do primeiro ao quarto ciclo. A utilização de águas receptoras de efluentes urbanos não prejudicou a produção.

Com base nos dados de produção obtidos, nas condições desse experimento, a utilização de mangueiras dispostas superficialmente (maior facilidade de instalação e mais fácil manejo) irrigados com a água do Ribeirão Lavapés e a não a utilização de tanque reservatório são as melhores opções de instalação do sistema para o produtor.

Os tratamentos que foram irrigados com água diretamente do Ribeirão Lavapés apresentaram em geral, um pequeno aumento no teor de nutrientes nas amostras de solo, quando comparados aos demais, apresentando também uma maior saturação de bases e uma maior capacidade de troca de cátions. O pH no solo apresentou um aumento crescente durante o desenvolvimento do experimento.

Após as avaliações e análises realizadas neste trabalho, concluiu-se que os tratamentos propostos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, sendo então que a melhor combinação do ponto de vista de facilidade de instalação, manejo e menor custo, na utilização de águas receptoras de efluentes urbanos em sistemas de irrigação

localizada, foi a disposição superficial das mangueiras gotejadoras, a aplicação de cloro e a utilização da água diretamente do Ribeirão Lavapés, sem necessidade do tanque reservatório.

9 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DAS PESQUISAS

Algumas sugestões de continuidade para esta linha de pesquisa:

- Avaliação das alterações das propriedades físicas do solo e do potencial de salinização;
- Estudar o balanceamento de fertilizantes químicos aplicados ao solo, quando se utiliza águas residuárias como fonte de água e nutrientes, com base no teor de nutrientes presentes na água;
- Determinar quais as melhores dosagens e frequências de aplicação de cloro ou de outro produto para desobstrução dos gotejadores.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIN, A.; SACKS, M. Water quality and emitter clogging relationship in wastewater irrigation. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE ISRAELI SOCIETY FOR ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL QUALITY SCIENCE, 1987, Ohalo.

ANDRADE, L. Cloração: para cada caso, temos que encontrar a solução mais adequada. Scarcelli Irrigação: **Informativo em Gotas**, Avaré, p. 20-21, 1999.

ANDRADE NETO, C. O. O uso de esgotos sanitários e efluentes tratados na irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1991, Natal. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1992. p. 1961-2006.

ANDREWS, W. H. et al. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: Apha, 2001. p. 357-380.

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal: engineering and ecology in pollution control**. New York: Marcel Dekker, 1981. 892 p.

ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (Lactuca sativa L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio**

aplicados via foliar. 1999. 117f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1999.

AYARS, J.E. et al. Impact of bed location on the operation of subsurface drip irrigation systems. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5, Microirrigation for a **Changing World: Conserving Resources / Preserving the Environment.** Orlando, Florida, 1995, p.141-146.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba UFPB, 1991. 217 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO 29. 1985).

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO: CITRUS, FLORES, HORTALIÇAS, 1, 1999, Guaíba. **Anais...** Agropecuária, 1999, p. 279-291.

BASTOS, R. K. X.; MARA, D. D. Avaliação dos critérios e padrões de qualidade microbiológica de esgotos sanitários tendo em vista sua utilização na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, 1993, Natal-RN. **Anais...**

BENAMI, A.; OFEN, A. **Irrigation engineering.** Haifa: International, Irrigation Information Center, 1984. 257 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 5. ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa Impr. Univ., UFV, 1989, 596 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6. Ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657 p.

BLUNDI, C. E. **Aplicação de métodos alternativos para determinação de matéria orgânica e biomassa em águas residuárias**. 1988. 229 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1988.

BOUWER, H.; IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.113, n.4, p.510-535, 1987.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASSCETESB, 1986. 620 p.

BUENO, C. R. **Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para alface americana em ambiente protegido**. 1998. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

CABRAL JR., D. **Caracterização de esgotos domésticos e avaliações da contribuição per capita, no conjunto residencial cidade Vista Verde**. São Paulo: Cetesb, 1976.

CAMARGO, O. A. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94 p.

CAMP, C.R.; SADLER, E.J.; BUSSCHER, W.J. A comparison of uniformity measures for drip irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseply, v.40, n.4, p 1013-1020, 1997.

CAMPOS, J.R. et al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. São Paulo: 1999. 464 p. (Projeto PROSAB).

CAMPOS, S. **Diagnóstico físico conservacionista da Bacia do Ribeirão Lavapés - Botucatu**, 1997. 140 f. Dissertação (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CASTRO DE ESPARZA, M. L.; SÁENZ, R. F. **Evaluación de riegos para la salud por el uso de águas residuales en agricultura**. Vol. 1. Aspectos Microbiológicos. CEPIS, Lima-Peru. 1990

CHATEAUBRIAND, A. D. et al. Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulcos, na cultura do milho (*Zea Mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988, p.1255-1278.

COGGER, C.G.; RUBIN, A.R. General guidelines for subsurface treatment of wastewater. Raleigh, **Water Resources Reach**. Institute of the University of North Caroline, 1983 (Land Treatment Series Report, 4).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, RESOLUÇÕES, LEIS, ETC. 1984/86. 2.ed. Brasília: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 98 p.

COUTO, F. A. A.; BRANCO, A. A. Efeito de fontes de azoto na fertilização do alface. **Revista de Olericultura**, v.3, p.5-11, 1963.

CONTE, M. L. **Espécies químicas dissolvidas no Ribeirão Lavapés, Botucatu-SP**. 1992, 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista, 1999. p.487-491.

DALRI, A. B. **Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2001. 71f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DELMANTO JÚNIOR, O. **Irrigação por gotejamento superficial e subterrâneo na produção de pepino (*Cucumis sativus* L) conduzido em ambiente protegido.** 1999. 55 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DENÍCULI, W. et al. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v .27, n. 50, p.155-162, 1980

DE LUCA, S. J. Alternativas de controle da poluição. In: **HIDROLOGIA AMBIENTAL /** Samuel Murgel Branco et al., coleção Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Editora USP, p.331-339, 1999.

DUFOUR, A. P. *Escherichia coli*: the fecal coliform. In: **Bacterial Indicators: Health Hazards Associated With Water.** Philadelphia, American Society for testing and materials, 1977. p 48-58.

ELDBERG, S. C.; PISCITELLI, V.; CARTTER, M. Phenotypic characteristics of coliform and noncoliform bacteria from a public water supply compared with regional and national clinical species. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 52, p. 474-78, 1986.

EVANS, D. R. et al. **Water reuse. Manual of practice.** Alexandria: Water Pollution Control Federation, 1991. 243 p. (Manual of Practice SM-3).

EVANS, J. O. Soil as sludge assimilators. **Compost Science**, n.15, p.16-21, 1973.

FEACHEM, R. G. et al. **Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management.** New York: John Wiley, 1983. 510 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**. São Paulo: Ceres, 1982. 357 p.

GARCIA, L. L. C. et al. Nutrição mineral em hortaliças. Concentração e acúmulo de micronutrientes em alface (*Lactuca sativa L.*) cvs. Brasil-48 e Clause's Aurélia. **Anais...** Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, n.39, p.485-504, 1982.

GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. de A.; SANTANA, M. J. de Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p. 125-128, Departamento de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

GOMES, E. P. **Produtividade de alface (*Lactuca sativa L.*) sob diferentes lâminas de água aplicadas por meio de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial**. 2001. 70 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GUTIERREZ, A. S. D. A contribuição de água pelo agricultor. **Frutas e Legumes**, v.I, n.4, p.20-21, 2000.

HILLER, E. A.; HOWELL, T. A. Grain sorghum response to trickel and subsurface irrigation. **ASAE**, v.16, n.4, p.799-803. 1973.

IMHOFF, C. **Manual de tratamento de águas residuárias**. Editora Blücher Ltda. 21. ed. 1966, 227 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.

KELLER, J; KARMELI, D. Evaluation of a trickler irrigation system. In: PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS. Riverside, p.287-292, 1974.

KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

KÖNIG, A. Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 19, 1999. **Anais...**Vitória - ES: ABES, p. 2072-79, 1999.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. *Enterobacteriaceae*, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: COMPENDIUM OF METHODS FOR THE MICROBIOLOGICAL EXAMINATION OF FOODS. Washington: Apha, p. 69-80. 2001.

LÉON, S. G.; MOSCOSO, J. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 110p.

LEOPOLDO, P. R. Aspectos hidrológicos da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1, 1989, Botucatu. **Anais...**Botucatu: Núcleo de extensão de serviços à comunidade, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, p. 57-70, 1989.

LÓPEZ, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego Localizado**. Madrid, España: Mundi - Prensa, 1992. 405 p.

MACEDO, J. A. B. **Águas e águas**. São Paulo: Varela Editora e Livraria, 2001, 505p.

MACIEL, C. F. **Migração ascendente no solo de larvas infectantes de nematóides gastrointestinais de ovinos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1984. 69p.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações.** Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

MALUF, W. R. Produção de sementes de alface (*Lactuca Sativa* L.). **Produção de sementes de hortaliças.** Lavras. Universidade Federal de Lavras, 1994. 118p. (Apostila).

MARA, D. D.; CAIRNCROSS, S. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture.** Geneva: World Health Organization, 1989, 187p.

MAROVELLI, W. A.; SILVA, H. R. da, SILVA, W. L. C. **Manejo da irrigação em hortaliças.** 3^a Ed. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/CNPQ, 1989, 16p, (Circular Técnica, 2).

MELO, H., N., de S. et al. Salinização no pós-tratamento de esgotos por disposição controlada no solo. Coletânea de Trabalhos Técnicos, v.2. **Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** p. 39-48, 2002.

MELO, J. A. S. Aplicação de águas residuárias no solo como um método de tratamento, disposição final e reciclagem das águas usadas. **Revista de Engenharia Sanitária**, v.17, p. 82-91, 1978.

METCALF & EDDY Inc. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse.** 2.ed. Boston: New Delhi, Tata Mc Graw-Hill, 1991. 920 p.

MOURA, M. V. T. **Simulação da distribuição espacial da água em irrigação localizada subsuperficial,** 1998. 94fl. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Trickle irrigation of crop production. **Elsevier Science Publishers B. V.** 1986. 383p.

NAKAYAMA, F. S. et al. Reclaiming partially clogged trickle emitters. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 20, n.2, p.278-280, 1977.

NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2000. 428p.

OLIVEIRA, E. L. de. **Gotejadores de bambu para utilização em sistemas de irrigação subsuperficial: uma solução para pequenos produtores**. 1997. 133 fl. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu

ORON, G. et al. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. **Water Science and Technology**, v.26, n.7-8, p.1593-1601, 1992.

ORON, G.; SHELEF, G.; ZUR, B. Stormwater and reclaimed effluent in trickle irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v.105, n.1R4, p.299-310, 1980.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície**. São Paulo, SP, Fundo Editorial da AESABESP, 1997, 232p.

PARR, J. F. Chemical and biological considerations for land application of agricultural and municipal wastes. In: **ORGANIC MATERIALS AS FERTILIZERS**. FAO soils Bulletin, 27, Roma, p. 227-251, 1975.

PESSOA, A. C.; JORDÃO, P. E. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro, RJ, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1982.

PEREIRA, C. Z. et al. Comportamento da alface tipo americana no verão, com diferentes tipos de cobertura de solo. **Revista da Sociedade de Olericultura**. Brasil, v. 13, p. 491-492, 2000.

PHENE, C. J.; RUSKIN, R. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5. Microirrigation for a Changing World: Conserving Resources/Preserving the Environment. Orlando, Florida, p.155-167. 1995.

PHENE, C. J. et al. Research successes, applications, and needs of subsurface drip irrigation. In: PROCEEDINGS, WATER MANAGEMENT IN THE 21ST CENTURY. Transactions of the 15th Congress on Irrigation and Drainage, Workshop on Microirrigation World-wide, p. 249-267, 1993.

PHILLIPS, K. P. Long-term operation of microirrigation filtration systems; successes, failures and operational solutions. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5. Microirrigation for a Changing World: Conserving Resources/Preserving the Environment. Orlando, Florida, p.579-585. 1995.

PIZARRO-CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF):** goteo, microaspersión, exudación. Ediciones Mundi-Prensa. Espanha. 1996, 513p.

QUASIN, S. R. **Waste water treatment plants:** planning, design and operation. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1985.

SANTOS, L. R. Efeitos da disposição dos excretas humanos e esgotos sanitários sobre as helmintoses intestinais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 19, 1999. **Anais...** Vitória, ABES, p. 1245-1252, 1999.

SCALOPPI, E. J.; BAPTISTELLA, J. R. Considerações sobre a aplicação de efluentes ao solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, v.7, p. 1049-1066, 1989.

SHELEF, G. Wastewater reclamation and water resources management in Israel. **Water Science and Technology**, v.24, n.9, p.251-265, 1991.

SILVA, J. C. de C. et al. Desenvolvimento e avaliação de um fotorreator simplificado de radiação UV para inativação de coliformes e ovos de helmintos em esgotos tratados. Coletânea de Trabalhos Técnicos, Volume 2,. **Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. p. 229-240, 2002.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamentos biológicos de águas residuárias**: lagoas de estabilização. Rio de Janeiro, ABES, 1979. 140 p.

SOUZA, C. F. **Desempenho do regime de vazão continuamente reduzida em irrigação por sulcos**. 1997. 50 fl. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu

TAYLOR, H. D. et al. Drip irrigation with waste stabilization pond effluents: solving the problem of emitter fouling. **Water Science and Technology**, v.31, n.12, 1995.

TCHOBANOGLIOUS, G; SCHRODER, E. D. **Water quality**: characteristics, modeling, modification. Addison-Wesley, Reading, MA, 1985.

TESTEZLAF, R.; RAMOS, J. P. da S. Sistema automatizado para determinação de perda de carga em filtros de tela e disco usados na irrigação localizada. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 30, n.º. 8, 1995.

VAN RAIJI, B.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1983, 31p. (Boletim Técnico, 81).

VAN RAIJI, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1997, 285 p., 2 ed. (Boletim Técnico, 100)

VARGAS, S. V. Reutilização de efluentes para irrigação, uma alternativa para zonas áridas. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, Recife, p. 625-37. 1990.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 240 p.

YURI, J. E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do sul de Minas Gerais**. 2000. 51fl. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ZANINI, J. R. Distribuição de água e de ion K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento: I - Formação do bulbo molhado. **ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna**. Ed. n° 45, p. 13-24. 1991.

ZOLDOSKE, D. F. **Subsurface drip irrigation**: the future of irrigation is underground. Disponível em: <<http://www.geoflow.com/agriculture/zoldoske.htm>>. Acesso em 20 abr. 1999.

ANEXO I

Técnicas Para a Desinfecção de Verduras

Após lavar as verduras em água corrente potável, uma a uma, folha por folha, retirando todos os resíduos, deve-se iniciar a desinfecção por meio de imersão em uma das soluções abaixo descritas:

- Solução clorada de 200 mg L⁻¹, durante 20 à 30 minutos, podendo ser a concentração estendida até 250 mg L⁻¹. É permitido apenas o uso de produtos a base de cloro inorgânico (Hipoclorito de Na, Li, Ca);
- Solução clorada de 200-250 mg L⁻¹, na qual mistura-se 10,0 ml (1 colher de sopa rasa) de água sanitária para uso geral a 2,0-2,5% em um litro de água ou 20,0 ml (2 colheres de sopa rasa) de hipoclorito de sódio a 1% em 1 litro de água. O tempo de contato dos alimentos com a solução diluída deve ser de 15 à 30 minutos.

Podem ser utilizadas outras soluções, observando sempre as recomendações do fabricante e a concentração dos produtos que deverão ser registrados no Ministério da Saúde. Se utilizar água sanitária indicada para uso geral, esta deve ser a 2,0-2,5% e pH= 13,5; no caso de ser a 1% o pH deverá ser de 11,5. Os ovos de vermes, *Ascaris spp*, *Taenia spp*, *Trichuris spp* e *Hymenolepis spp*, são sensíveis a tintura de Iodo, utilizando-se 3 gotas de iodo em 1 litro de água durante 10 minutos. Também pode-se utilizar uma solução de permanganato de potássio, utilizando-se 0,03 gramas misturados em 10 litros de água potável, durante 10 minutos.

Após realizada a desinfecção deve-se retirar os alimentos da imersão e enxaguá-los em água potável. Evitar escorrer o sobrenadante, deixando os resíduos sedimentados aderidos aos alimentos.