

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO**

Meire Nikaido

**Uso de águas residuárias tratadas na cultura de hortaliças:
avaliação de enteroparasitas e metais pesados**

Ribeirão Preto
2009

Meire Nikaido

**Uso de águas residuárias tratadas na cultura de hortaliças:
avaliação de enteroparasitas e metais pesados**

Dissertação apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Enfermagem em Saúde Pública do Departamento de Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública

Área de concentração: Saúde Ambiental
Orientadora: Profa. Dra. Susana Inés Segura-Muñoz

Ribeirão Preto
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação
Serviço de Documentação da Enfermagem
Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto

Nikaido, Meire

Uso de águas residuárias tratadas na cultura de hortaliças: avaliação de enteroparasitas e metais pesados /

Meire Nikaido; orientadora: Susana Inés Segura-Muñoz.

-- Ribeirão Preto, 2009.

138f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem em Saúde Pública. Área de Concentração: Saúde Ambiental) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

1. Reúso de Água. 2. Enteroparasitas. 3. Metais Pesados. 4. Ribeirão Preto

FOLHA DE APROVAÇÃO

Meire Nikaido

Uso de águas residuais tratadas na cultura de hortaliças: avaliação de metais pesados e enteroparasitas e seu impacto na saúde

Dissertação apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre.
Área de Concentração: *Saúde Ambiental*

Aprovado em: ___/___/_____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais **José e Heico**, que tanto me ensinaram e apoiaram durante todas as fases de minha vida, exemplos de respeito, honestidade e dignidade.*

*Aos meus irmãos **Elaine, Adriana e André**, sempre presentes nos momentos mais difíceis da minha vida.*

*Ao meu namorado **Adriano**, por todo amor, compreensão e apoio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

À *Deus*, por permitir a concretização de mais um sonho e por guiar sempre meus passos, colocando pessoas maravilhosas em meu caminho;

Aos *meus pais*, por todo amor, carinho e dedicação; pela certeza de que sempre estarão ao meu lado por mais difíceis que sejam os meus dias;

Ao meu namorado *Adriano*, pelo amor e paciência, por sempre me compreender e ajudar em todos os momentos desta jornada;

À *Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (EERP-USP)*, pelo pleno apoio e colaboração para a realização deste estudo;

À *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)*, pela concessão da bolsa de mestrado, e por acreditar no futuro da pesquisa no país;

À minha orientadora, *Profa. Dra. Susana Inés Segura-Muñoz*, pessoa única que tive muita sorte em conhecer, profissional que um dia gostaria de ser. Agradeço por ter me ensinado tudo que sei, por toda paciência, carinho, apoio e compreensão; por ser meu norte quando estava sem direção;

À *Profa. Dra. Angela Maria Magosso Takayanagui*, por todos esses anos de convivência, por sempre me acolher e pela sabedoria compartilhada;

Aos professores doutores *Angela Maria Magosso Takayanagui* e *Fernando Mantellato*, pelas sábias contribuições no Exame de Qualificação, por enriquecerem este trabalho com seu conhecimento;

À biomédica *Tânia Maria Beltramini Trevilato*, do Laboratório de Pediatria, Setor de Metais, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, por tudo que me ensinou desde antes da realização deste projeto, pela colaboração na análise das amostras, por me acolher por todos esses anos;

Às aprimorandas *Gabriela* e *Juliana*, do Laboratório de Pediatria, Setor de Metais, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, pelo auxílio durante as análises de metais;

À *Ambient, Serviços Ambientais de Ribeirão Preto*, por abrir às portas para a realização deste, e de tantos outros projetos que já foram e estão sendo realizados na Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto;

Ao engenheiro *Carlos Ferreira*, gerente de operação da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto, por viabilizar a realização deste estudo, por sempre me atender nos momentos que precisei;

Ao coordenador de operações da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto *Felix*, pela valiosa colaboração na execução deste projeto, por disponibilizar seu tempo e sempre nos atender com atenção e carinho;

Às engenheiras *Karina* e *Taís*, do Laboratório de Análises da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto, por cederem seu espaço e pela rica colaboração nas análises;

Aos funcionários *Cido* e *Edvaldo*, pela simpatia e apoio na preparação e manutenção dos viveiros;

Ao pós-doutorando, *Sérgio Marcos Sanches*, pelos momentos de descontração, pela amizade e por ter realizado a dosagem de metais em minhas amostras;

À *Karina Aparecida de Abreu Tonani*, pela amizade e companheirismo durante todos esses anos, por tudo que me ensinou, e pela grande contribuição durante todas as fases deste projeto;

À *Fabiana Cristina Julião*, pelo auxílio durante minhas coletas, tornado-as menos exaustivas; pela amizade e por sempre se disponibilizar quando precisei;

Aos alunos de doutorado *Fabiana*, *Karina* e *Osmar*, de mestrado *Renato* e de iniciação científica, *Ariane*, *Glauco* e *Vitor*, do Laboratório de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental, pelo auxílio durante a pesquisa, pela rica convivência e pela amizade construída nos caminhos que percorremos;

Às alunas de mestrado e doutorado do Laboratório de Saúde Ambiental, *Janaína*, *Jamyle* e *Eliana*, pela amizade e pelos momentos compartilhados;

À *Profa. Dra. Evelyn Capellari Cárnio*, por ter cedido seu espaço para o preparo dos materiais de análise bacteriológica;

Aos alunos e funcionários do Laboratório de Fisiologia da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, *Rafael*, *Marcelo* e *Juliana*, pelo carinho, disponibilidade e auxílio nos momentos em que precisei;

Às minhas amigas, *Luciana*, *Marina* e *Mônica*, pela amizade e por compartilharem momentos de alegria e angústia no decorrer desses anos;

À todos os funcionários da *Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto*, da *Ambient* e do *Laboratório de Pediatria*, *Setor de Metais*, que direta ou indiretamente contribuíram para que este sonho se tornasse realidade.

RESUMO

NIKAIDO, M. **Uso de águas residuárias tratadas na cultura de hortaliças: avaliação de enteroparasitas e metais pesados.** 2009. 138f. Dissertação (mestrado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

A escassez de água é um problema vigente em todo o mundo, sendo o reaproveitamento de águas residuárias uma importante temática no que se refere a preservação dos corpos hídricos e utilização consciente dos recursos disponíveis. O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade do uso da água residuária tratada da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto (ETE-RP) no cultivo de hortaliças, através da caracterização e quantificação de parasitas, coliformes e metais pesados. Foram preparados 3 viveiros de iguais características, em espaço cedido pela ETE-RP, sendo o primeiro irrigado com efluente tratado/clorado à 0,2 mg/L, o segundo com efluente tratado e o terceiro com água potável, constituindo o grupo controle. As análises parasitológicas e bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Saúde Ambiental da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, sendo utilizado o Método de Sedimentação Espontânea para detecção de parasitas e o Teste P/A (Presença ou Ausência) para investigação de bactérias do grupo coliforme. A leitura de parasitas foi realizada em Câmara de Sedgwick-Rafter e a quantificação de coliformes pela Técnica dos Tubos Múltiplos. As análises de Cd, Cu, Cr, Pb e Zn, foram realizadas por Espectroscopia com Plasma Induzido (ICP) no Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. A dosagem de Hg foi realizada por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Geração de Hidreto no Laboratório de Pediatria-Setor de Metais do HCFMRP/USP. Verificou-se nas águas de irrigação, com exceção da água potável, a presença de *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Larva de nematóide, *Ascaris lumbricóides*, *Schistosoma mansoni* e *Entamoeba coli*, os valores encontrados superam os limites estabelecidos pela WHO de < 1 nematóide/L. Os resultados de coliformes fecais da água potável e do efluente tratado/clorado mostram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria CVS n.21 de 19 de dez. de 1991. Nas amostras de alface verificou-se a presença de *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Larva de nematóide e *Entamoeba coli*, sendo que a contagem de coliformes nas hortaliças não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os três tipos de irrigação. Os níveis de metais pesados do solo de cultivo das hortaliças, bem como das águas de irrigação encontram-se dentro dos limites máximos permitidos pela CETESB (2001) e EPA (2004), respectivamente. A concentração de metais pesados nas hortaliças encontra-se abaixo dos limites máximos permitidos pela WHO (1989).

Palavras-chave: Reúso de água, enteroparasitas, metais pesados, Ribeirão Preto.

ABSTRACT

NIKAIDO, M. **The use of treated residuary water to grow vegetables: assessment of enteroparasites and heavy metals.** 2009. 138f. Master's Thesis – University of São Paulo at Ribeirão Preto, College of Nursing in Ribeirão Preto.

Water shortage is a worldwide problem, and the use of residuary water is an important theme regarding the preservation of water bodies and conscious use of the resources available. This study aimed to evaluate the viability of using treated residuary water from the Biological Wastewater Treatment Plant of Ribeirão Preto (ETE-RP) to grow vegetables, through the characterization and quantification of parasites, coliforms and heavy metals. Three equal cultivation areas were prepared in a space given by ETE-RP, the first was irrigated with treated/chlorinated (0.2 mg/L) wastewater, the second with treated wastewater and the third with potable water, which was the control group. Parasitological and bacteriological analyses were carried out in the Environmental Health Laboratory in the University of Sao Paulo at Ribeirao Preto College of Nursing. The Spontaneous Sedimentation Method was used to identify parasites and the P/A Test (Presence or Absence) to investigate bacteria of the coliform group. Parasite count was done in Sedgwick-Rafter Chamber and coliform quantification by the Multiple Tubes Technique. Cd, Cu, Cr, Pb and Zn analyses were carried out by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS) at the Institute of Chemistry of São Carlos in the University of Sao Paulo. Hg dosage was done by Hydride Generation Atomic Absorption Spectrophotometry at the Pediatrics Laboratory, in the Metals Unit at *Hospital das Clínicas*, University of Sao Paulo at Ribeirao Preto Medical School (HCFMRP/USP). The presence of *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Nematode larvae, *Ascaris lumbricoides*, *Schistosoma mansoni* and *Entamoeba coli* was verified in irrigation waters, with except of potable water. Values found are higher than the limits established by the WHO, which are <1 nematode/L. Results of fecal coliforms in potable water and treated/chlorinated wastewater are within the limits established by CVS (Sanitary Vigilance Center) Decree n.21 from December 19th 1991. The presence of *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Nematode larvae and *Entamoeba coli* was verified in lettuce samples. Coliform count on vegetables did not show statistically significant difference among the three irrigation types. Levels of heavy metals in vegetable growing soil and in irrigation waters are within the maximum limits allowed by CETESB (2001) and the parameters recommended by EPA (2004), respectively. Concentration of heavy metals in vegetables does not represent significant risks to human health, according with recommended parameters by WHO (1989).

Key words: wastewater use; enteroparasites; metals, heavy; Ribeirão Preto.

RESUMEN

NIKAIDO, M. **Uso de aguas residuales tratadas en el cultivo de hortalizas: evaluación de enteroparasitas y metales pesados.** 2009. 138f. Disertación (maestría) – Escuela de Enfermería de Ribeirão Preto, Universidad de São Paulo, Ribeirão Preto.

La escasez de agua es un problema vigente en todo el mundo, siendo el reaprovechamiento de aguas residuales una importante alternativa para la preservación de los cuerpos hídricos y para la utilización consciente de los recursos disponibles. El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad del uso del agua residual tratada de la Estación de Tratamiento de Efluentes de Ribeirão Preto (ETE-RP) en el cultivo de hortalizas, a través de la caracterización y cuantificación de parásitos, coliformes y metales pesados. Fueron preparados 3 viveros de iguales características de lechuga e rúcula, en espacio cedido por la ETE-RP, el primero fue irrigado con efluente tratado/clorado a 0,2 mg/L, el segundo con efluente tratado sin clorar y el tercero con agua potable, constituyendo el grupo control. Los análisis parasitológicos y bacteriológicos fueron realizados en el Laboratorio de Salud Ambiental de la Escuela de Enfermería de Ribeirão Preto, por el Método de Sedimentación Espontánea para detección de parásitos y el Test P/A (Presencia o Ausencia) para investigación de bacterias del grupo coliforme. La lectura de parásitos fue realizada en Cámara de Sedgwick-Rafter y la cuantificación de coliformes por la Técnica dos Tubos Múltiples. Los análisis de Cd, Cu, Cr, Pb y Zn, fueron realizados por Espectroscopía con Plasma Inducido (ICP-OES) en el Instituto de Química de São Carlos de la Universidad de São Paulo. La cuantificación de Hg fue realizada por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generación de Hidretos en el Laboratorio de Pediatría-Sector de Metales del HCFMRP/USP. En el agua de irrigación, con excepción del agua potable, se verificó la presencia de *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Larva de nematóide, *Ascaris lumbricoides*, *Schistosoma mansoni* y *Entamoeba coli*, los valores encontrados superaron los límites establecidos por la WHO de < 1 nematóide/L. Los resultados de coliformes fecales del agua potable y del efluente tratado/clorado se encuentran dentro de los límites establecidos por la Portaria CVS n.21 de 19 de dez. de 1991. En las muestras de lechuga se verificó la presencia de *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Larva de nematóide y *Entamoeba coli*, siendo que el conteo de coliformes en las hortalizas no presentó diferencia estadísticamente significativa entre los tres tipos de irrigación. Los niveles de metales pesados de la tierra usada para el cultivo de las hortalizas, así como de las aguas de irrigación se encuentran dentro de los límites máximos permitidos por la CETESB (2001) e por la EPA (2004), respectivamente. La concentración de metales pesados en las hortalizas se encuentran dentro de los límites máximos permitidos por la WHO (1989).

Palabras claves: Reuso de agua, enteroparasitas, metales pesados, Ribeirão Preto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estimativa e Projeção da População Urbana no Mundo.....	29
Figura 2- Distribuição de água conforme seus usos.....	33
Figura 3- Formas potenciais de reúso de água residuária.....	38
Figura 4- Agentes potencialmente infecciosos presentes no esgoto doméstico.....	55
Figura 5- Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados.....	58
Figura 6- Vista aérea da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto.....	64
Figura 7- Etapas do processo de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados.....	66
Figura 8- Hortaliças adquiridas em viveiro de mudas (à esquerda alface, à direita rúcula).....	67
Figura 9- Canteiros das hortaliças (da esquerda para a direita o primeiro canteiro irrigado com efluente tratado/clorado à 0,2 mg/L, o segundo com efluente tratado sem adição de cloro e o terceiro com água potável).....	68
Figura 10- Coleta de amostras de solo.....	70
Figura 11- Bombas de teflon.....	70
Figura 12- Espectrofotômetro de Absorção Atômica com Gerador de Hidretos (EAA – VGA), Setor de Metais do Laboratório de Pediatria do Hospital das Clínicas da FMRP/USP.....	71
Figura 13- Exemplo da curva de calibração do ICP-OES.....	72
Figura 14- Exemplo da curva de calibração do EAA-VGA.....	72
Figura 15- Preparo das diluições decimais.....	74
Figura 16- Leitura de Coliformes totais e fecais pelo Método <i>Colilert</i> ® após 24 horas de incubação.....	75
Figura 17- Câmara de Sedgwick – Rafter.....	76
Figura 18- Frequência parasitária nas águas de irrigação.....	82
Figura 19- Parasitas encontrados nas águas de irrigação.....	83
Figura 20- Concentração de coliformes totais nas águas utilizadas para a irrigação das hortaliças.....	87
Figura 21- Concentração de coliformes fecais nas águas utilizadas para a irrigação das hortaliças.....	87

Figura 22- Concentração de coliformes totais nas amostras de alface.....	94
Figura 23- Concentração de coliformes fecais nas amostras de alface.....	94
Figura 24- Concentração de coliformes totais nas amostras de rúcula.....	95
Figura 25- Concentração de coliformes fecais nas amostras de rúcula.....	95
Figura 26- Níveis de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças irrigadas com água potável.....	99
Figura 27- Níveis de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado.....	99
Figura 28- Níveis de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças irrigadas com efluente tratado.....	99
Figura 29- Níveis de metais pesados na água potável.....	102
Figura 30- Níveis de metais pesados no efluente tratado /clorado.....	102
Figura 31- Níveis de metais pesados no efluente tratado.....	103
Figura 32- Níveis de metais na alface irrigada com água potável.....	106
Figura 33- Níveis de metais na alface irrigada com efluente tratado /clorado.....	106
Figura 34- Níveis de metais na alface irrigada com efluente tratado.....	107
Figura 35- Níveis de metais na rúcula irrigada com água potável.....	107
Figura 36- Níveis de metais na rúcula irrigada com efluente tratado/clorado.....	108
Figura 37- Níveis de metais na rúcula irrigada com efluente tratado.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados comparativos de produtividades (t/ha) agrícolas com usos de diferentes tipos de águas de irrigação.....	44
Tabela 2- Limites recomendados para águas de irrigação.....	78
Tabela 3- Frequência de parasitas, coliformes e parâmetros físico-químicos das águas de irrigação.....	81
Tabela 4- Média dos parâmetros físico-químicos das águas de irrigação e limites máximos recomendados pelas normas regulamentadoras CONAMA 357/2005 e EPA (2004).....	85
Tabela 5- Frequência de parasitas, coliformes, tamanho e peso das amostras de alface.....	89
Tabela 6- Frequência de parasitas, coliformes, tamanho e peso das amostras de rúcula.....	90
Tabela 7- Correlação entre o número de coliformes totais e fecais e o peso da hortaliça.....	96
Tabela 8- Concentração média de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças (em mg kg ⁻¹).....	98
Tabela 09- Concentração média de metais pesados nas águas de irrigação (em mg L ⁻¹).....	101
Tabela 10- Concentração média de metais pesados nas amostras de alface (em mg kg ⁻¹).....	104
Tabela 11- Concentração média de metais pesados nas amostras de rúcula (em mg kg ⁻¹).....	105
Tabela 12- Resultados referentes ao peso e tamanho da alface.....	110
Tabela 13- Resultados referentes ao peso e tamanho da rúcula.....	110

LISTA DE SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Association
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EAA-VGA	Espectrofotometria de Absorção Atômica com Geração de Hidreto
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
ETE-Caiçara	Estação de Tratamento de Esgoto Caiçara
ETE-RP	Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAO	Food and Agricultural Organization
HCFMRP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
IAC	Instituto Agrônomo
IARC	International Agency for Research on Cancer
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-MS	Espectroscopia com Plasma Induzido-Espectroscopia de Massas
ICP-OES	Espectroscopia com Plasma Induzido-Espectroscopia Óptica
P/A	Presença ou Ausência
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

USP	Universidade de São Paulo
USPHS	United States Public Health Service Commissioned Corps
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

Ar	Arsênio
B	Boro
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Es	Estanho
HCL	Ácido Clorídrico
Hg	Mercúrio
HNO ₃	Ácido Nítrico
Kh ₂ PO ₄	Fosfato de Monopotássio
MgCl ₂ 6H ₂ O	Cloreto de Magnésio
Mn	Manganês
Pb	Chumbo
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	27
1.1	A escassez de água no mundo, na América Latina e no Brasil.....	28
1.2	Conceito de reúso de água.....	32
1.3	Riscos a saúde e ao meio ambiente decorrente do uso de águas residuárias e aspectos socioculturais.....	38
1.4	Contextualização legal do reúso de água no Brasil.....	41
1.5	Reúso não potável: enfoque na agricultura.....	43
1.6	Cultura de hortaliças com reúso de água e sua interlocução com a saúde: enfoque para metais pesados e enteroparasitas.....	46
1.6.1	Hortaliças.....	48
1.6.2	Metais pesados e reúso de água.....	48
1.6.3	Enteroparasitas.....	54
1.7	Sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados.....	57
2	OBJETIVOS.....	61
2.1	Objetivo geral.....	61
2.2	Objetivos específicos.....	61
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.1	Delineamento da pesquisa.....	63
3.2	Local de estudo.....	63
3.3	Preparação de viveiro de mudas de hortaliças.....	67
3.3.1	Definição de amostras de hortaliças e água.....	68
3.4	Análise laboratorial.....	68

3.4.1	Análise de metais.....	68
3.4.2	Análise Bacteriológica e Parasitológica.....	73
3.5	Análise dos resultados.....	77
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.1	Concentração de parasitas.....	80
4.2	Hortaliças.....	88
4.3	Metais Pesados.....	97
5	CONCLUSÃO.....	113
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
7	REFERÊNCIAS.....	117
9	ANEXOS.....	130
	Anexo A. Metais pesados presentes no solo de cultivo das hortaliças (em mg kg ⁻¹).....	131
	Anexo B. Metais pesados presentes nas águas de irrigação (em mg L ⁻¹)	133
	Anexo C. Metais pesados presentes nas amostras de alface (em mg kg ⁻¹).....	135
	Anexo D. Metais pesados presentes nas amostras de rúcula (em mg kg ⁻¹).....	137

1 INTRODUÇÃO

1.1 A escassez de água no mundo, na América Latina e no Brasil

A falta da água foi sempre fator dominante e limitante para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico e social da população mundial ao longo da nossa história (SITTON, 2003).

A preocupação com problemas ambientais, principalmente com a degradação dos corpos d'água, ocupa uma posição de destaque no mundo inteiro. Há algum tempo estão sendo consideradas, como prioritárias, as questões relativas à preservação ou proteção da qualidade das águas, demandando respostas rápidas e adequadas aos problemas que se apresentam (SANTOS et al., 2000).

O aumento da urbanização em áreas de escassez hídrica aumenta, conseqüentemente, a demanda de água para o uso doméstico, industrial, comercial e agrícola. Estima-se que em 2020 mais de 4 bilhões de pessoas estejam vivendo em áreas urbanas (Figura 1), pressionando assim as poucas reservas de água destinadas para abastecimento.

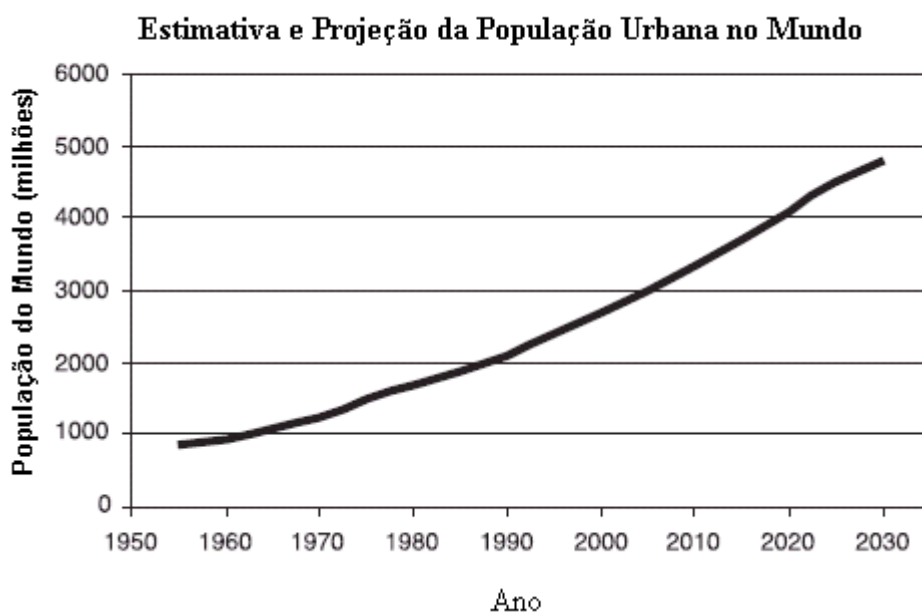


Figura 1. Estimativa e Projeção da População Urbana no Mundo
Fonte: (EPA, 2004)

Considerando que, da água existente no planeta, 97% são salgadas (mares e oceanos) ou não potáveis e que 2,5% estão nas geleiras inacessíveis, resta apenas 0,5% de água doce disponível no planeta, a qual se encontra armazenada em lençóis subterrâneos, sob a forma de chuva, rios, lagos e em instalações para armazenamento construídas pelo homem (ANA, 2006).

Considera-se que menos de 1000 m³ per capita/ano de água representa um estado relativo de falta de água, e que menos de 500 m³ per capita/ano um estado de absoluta escassez hídrica (FALKENMARK, 1986). Em 1990, em 18 países a disponibilidade de água nos rios era inferior a 1000 m³ per capita/ano, e segundo projeções, em 2025 serão 30 países enfrentando déficit de água.

O déficit hídrico está intrinsecamente atrelado à carência de alimentos. Em países, nos quais a falta de água é um fator limitante de crescimento, percebe-se a dependência externa de produtos agrícolas, como grãos, verduras, legumes e frutas, que requerem grande quantidade

de água para produção. Portanto, a questão de escassez de água representa um problema de escassez de alimentos (BERNARDI, 2003).

A evolução populacional entrará em conflito com a demanda no consumo de água para o abastecimento público, recreacional, atividades industriais e irrigação agrícola caso não se pratique o uso racional da água (EPA, 2004).

No futuro, os usuários da água para fins domésticos e industrial vão competir cada vez mais com a agricultura irrigada, particularmente em algumas regiões da Ásia e da África. Para se produzir uma tonelada de grãos são necessários mil toneladas de água, e para uma tonelada de arroz, duas mil toneladas de água. Além disso sistemas de irrigação mal planejados e/ou mal operados podem provocar a salinização e degradação dos solos (SALATI et al. 2002). De acordo com a Food and Agricultural Organization (FAO), a produção de alimentos está cada vez mais dependente da agricultura irrigada e a necessidade de alimentar uma população em crescimento deverá pressionar mais os recursos hídricos do que os solos (ALEXANDRATOS, 1995). Países como a Argentina, China, Egito, Peru, México, entre outros, vêm sofrendo com os problemas de escassez de água, sendo umas das soluções encontradas reutilizar efluentes tratados ou não tratados para a irrigação de culturas e outros fins diversos (EPA, 2004).

O Brasil situa-se entre as latitudes 5° N e 34° S e longitudes de 35° e 74° O, sendo cortado pela Linha do Equador e pelo Trópico de Capricórnio, possui um vasto território de cerca de 8.547.403,5 km², ocupando aproximadamente 47,7% da área do continente Sul Americano (REBOUÇAS, 2002). Os climas predominantes são o equatorial úmido, tropical e subtropical úmido e o semi-árido no nordeste brasileiro; sendo que o país apresenta uma descarga hídrica pluvial de cerca de 177.900 m³/s, representando 53 % da produção de água doce do continente Sul Americano e 12% do total mundial (REBOUÇAS, 2002). Apesar desse cenário relativamente abundante, salienta-se que na região Amazônica, onde a produção hídrica é de 78% do total nacional, a população é inferior a 5 hab/Km², restando apenas 22%

para o restante do país, onde se concentra a grande maioria da população (REBOUÇAS, 2002). O aumento da exploração e poluição irrestrita dos corpos de água diminui sua qualidade e quantidade, restringindo, assim, a possibilidade de usos múltiplos (MALINOWSKI, 2006).

O mau uso predominante das águas no mundo em geral, e no Brasil em particular, vem ocasionando a sua escassez relativa e a degradação da qualidade da água disponível, colocando-o, assim, na vala comum dos países desenvolvidos e periféricos que já enfrentam problemas de estoques de água. No novo paradigma da globalização, a disponibilidade de água doce torna-se cada vez mais um fator econômico competitivo do mercado (REBOUÇAS, 2001).

Cerca de 70% das águas no mundo são utilizadas na agricultura, sendo que nos países em desenvolvimento a demanda é ainda maior, alcançando 82% do consumo total de água (Figura 2).

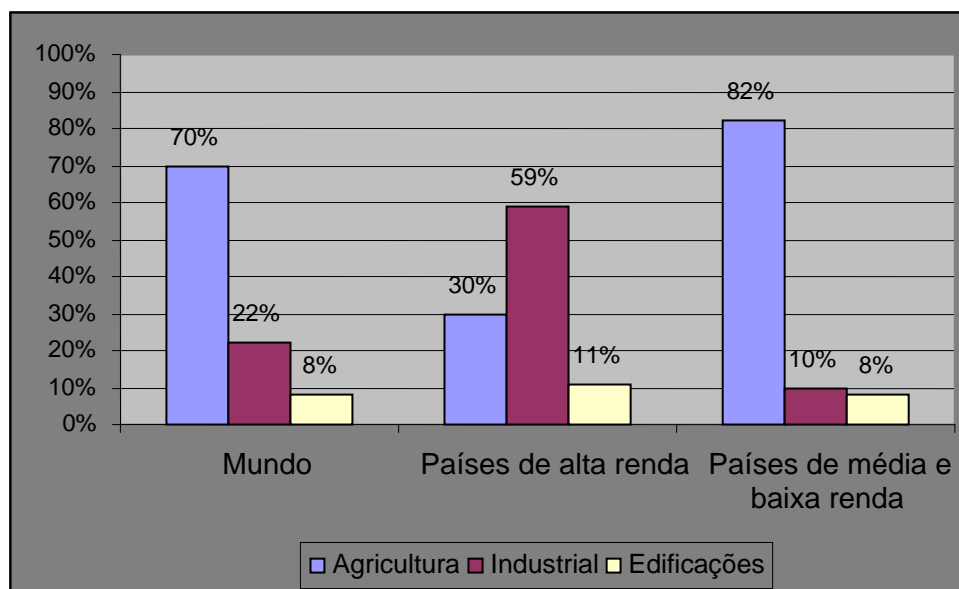


Figura 2. Distribuição de água conforme seus usos
Fonte: Relatório UNESCO (2003)

Cerca de 50 a 70% das águas utilizadas na irrigação são perdidas, sendo este o setor menos eficiente e que mais consome água no mundo (FAO, 1998). Estima-se que no Brasil, dos quase três milhões de hectares irrigados, mais de 95% utilizam métodos pouco eficientes como espalhamento superficial, pivô central e aspersão convencional (TELLES, 2002)

No Brasil, o meio rural vem sofrendo severamente os impactos das atividades desenvolvidas tradicionalmente nas cidades, à medida que são lançados cerca de 90% dos esgotos domésticos não-tratados nos rios, os quais degradam a qualidade das águas que fluem por centenas de quilômetros (REBOUÇAS, 2001). Rios e lagos através de um sistema de autodepuração conseguem processar pequenas quantidades de resíduos, porém uma alta carga de poluentes excede a capacidade de autodepuração de rios e lagos, levando, conseqüentemente, a águas de baixa qualidade que necessitam de um oneroso tratamento (ANA, 2006). Na perspectiva do mercado global atual, torna-se mais importante saber usar a água disponível – de chuva, rios, subterrânea e de reúso, principalmente – do que ostentar sua abundância (REBOUÇAS, 2001).

O aproveitamento planejado de águas residuárias tratadas na agricultura é uma alternativa para controle da poluição de corpos d'água, disponibilização de água para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento de produção agrícola (MEHNERT, 2003).

1.2 Conceito de Reúso de Água

Na antiguidade, há registros de reúso de água em sistemas de esgotamento sanitários associados a antigos palácios e a cidades da civilização Minoan, da ilha de Creta, na antiga Grécia (ASANO & LEVINE, 1996). Israel é o país pioneiro na prática de reúso de água, destacando-se também países como Tunísia, África do Sul, México e algumas localidades dos Estados Unidos, como Califórnia e Arizona (ANGELAKIS et al., 1999)

Essa prática centenária e corrente em muitos países possui registros desde o século XIX (ASANO & LEVINE, 1996), sendo a irrigação agrícola uma das formas mais comuns de utilizar águas residuárias (CRITES et al., 1998). Dessa forma, o uso das águas residuárias passou a contribuir com a economia do uso da água potável, ajudando a reduzir a demanda sobre os mananciais de água bruta, ficando estes reservados a usos mais nobres (SANTOS et al., 2000).

Segundo a World Health Organization (1973), o reúso de água pode ocorrer de forma direta ou indireta:

- *Reúso indireto*: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.
- *Reúso direto*: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável.
- *Reciclagem interna*: é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

No entanto, existem outras terminologias quanto ao reúso de água. Aperfeiçoando a definição da OMS, Lavrador Filho (1987) define reúso de água como “*o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas*”.

- *Reúso indireto não planejado de água*: ocorre quando a água já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesse caso, o reúso da água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito a

processos como autodepuração, sedimentação, entre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas.

- *Reúso planejado de água:* ocorre quando o reúso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reúso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água. O reúso planejado também pode ser denominado “reúso intencional da água”.
- *Reúso indireto planejado de água:* ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d’água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de alguma uso benéfico.
- *Reúso direto planejado de água:* ocorre quando os efluentes, após devidamente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso. Assim, sofrem em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não são, em momento algum, descarregados no meio ambiente.
- *Reciclagem interna:* é o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reúso direto.

Porém, Westerhoff (1984) classifica reúso de água em duas categorias, reúso potável (direto e indireto) e reúso não potável (para fins agrícolas, industriais e domésticos). Tal definição, pela sua praticidade e facilidade, foi utilizada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e por Mancuso et al. (2003), sendo assim, também adotada neste trabalho. De acordo com Mancuso et al. (2003) foram acrescentados outras

finalidades para o reúso não potável da água, as quais não constam no trabalho de Westerhoff (1984).

- *Reúso potável direto*: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- *Reúso potável indireto*: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.
- *Reúso não potável para fins agrícolas*: Refere-se à utilização de efluentes domésticos na irrigação de plantas comestíveis ou não. O desenvolvimento de uma agricultura sustentável depende da criação de novas fontes de suprimento e da gestão adequada dos recursos hídricos disponíveis (WHO, 1973). Segundo Hespanhol (1994), o aumento da utilização de esgoto para irrigação agrícola tem aumentado nas últimas décadas. Dentre as causas encontra-se a progressiva dificuldade em identificar fontes alternativas de águas para irrigação, alto custo de fertilizantes, aumento da segurança sobre os riscos ambientais e à saúde pública, aceitação sócio-cultural da prática do reúso agrícola e o reconhecimento pelos órgãos gestores de recursos hídricos do valor intrínseco da reutilização da água residuária.
- *Reúso não potável para fins urbanos*: caracterizado pela utilização de efluentes domésticos tratados para suprir as várias atividades urbanas que admitem qualidade inferior à potável. São exemplos de tipos de reúso a irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias; irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais; reserva de proteção contra incêndios; sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água; descarga sanitária em banheiros

públicos e em edifícios comerciais e industriais; lavagem de trens e ônibus públicos (HESPANHOL, 2003). Os problemas associados ao reúso urbano não potável são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público. Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia, localizados em regiões de escassez de água exercem, extensivamente, a prática de reúso urbano não potável (HESPANHOL, 2003).

- *Reúso não potável para fins industriais:* ocorre quando os efluentes tratados são utilizados em atividades industriais. Pode ser usado em torres de resfriamento, caldeiras, construção civil, irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças e processos industriais (GIORDANI et al., 2003). Na Região Metropolitana de São Paulo existe um grande potencial para uso de efluentes das estações de tratamento de esgotos em operação, para fins industriais. A estação de tratamento de esgotos de Barueri poderia abastecer, com efluentes tratados, uma área industrial relativamente importante, distribuída em Barueri, Carapicuíba, Osasco, e o setor industrial ao longo do Rio Cotia, nas imediações da rodovia Raposo Tavares. Da mesma maneira, a estação de Suzano poderia abastecer indústrias concentradas nas regiões de Poá, Suzano e, eventualmente, de Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes (HESPANHOL, 2003).
- *Reúso não potável para fins recreacionais:* ocorre quando o efluente é utilizado para abastecer locais destinados à recreação pública (lagos, rios e reservatórios; piscinas públicas) (GIORDANI et al., 2003).

- *Reúso não potável na aquicultura*: caracteriza-se pela utilização de efluentes de ETEs e seus nutrientes para produção de peixes e plantas aquáticas (GIORDANI et al., 2003).
- *Reúso não potável paisagístico*: utilização de efluentes na manutenção de espelhos d'água, irrigação de parques, chafarizes, entre outros (GIORDANI et al., 2003). O Parque de diversões Hopi Hari, em São Paulo, possui um moderno sistema de tratamento de efluentes que é processado em uma estação compacta de tecnologia canadense, a primeira a ser instalada no país, a água de reúso é bombeada para um reservatório no ponto mais alto do parque, sendo utilizada para irrigação de jardins e fins sanitários (BERNARDI, 2003).
- *Reúso não potável para recarga de aquíferos*: caracteriza-se pela utilização de efluentes domésticos tratados na recarga artificial de aquíferos. A tecnologia de recarga artificial, com a utilização de efluentes adequadamente tratados, foi desenvolvida pela engenharia de recursos com a finalidade de aumentar a disponibilidade de água e, eventualmente, resolver problemas localizados (CROOK et al., 1992). A recarga de aquíferos objetiva proporcionar tratamento adicional de efluentes, aumentar a disponibilidade de água em aquíferos potáveis ou não potáveis, proporcionar reservatórios de água para uso futuro, prevenir a subsidência do solo e a intrusão de cunha salina em aquíferos costeiros (GIORDANI et al., 2003).
- *Reúso não potável para manutenção de vazão dos cursos de água*: utilização de efluentes domésticos tratados na manutenção de vazão mínima em tempos de seca ou vazão ecológica, garantindo vazão para diluição de cargas poluidoras, manutenção da vida aquática e/ou condições de navegabilidade durante todo o ano (GIORDANI et al., 2003).

A Figura 3 demonstra esquematicamente os tipos básicos de usos potenciais de esgotos tratados que podem ser implementados tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

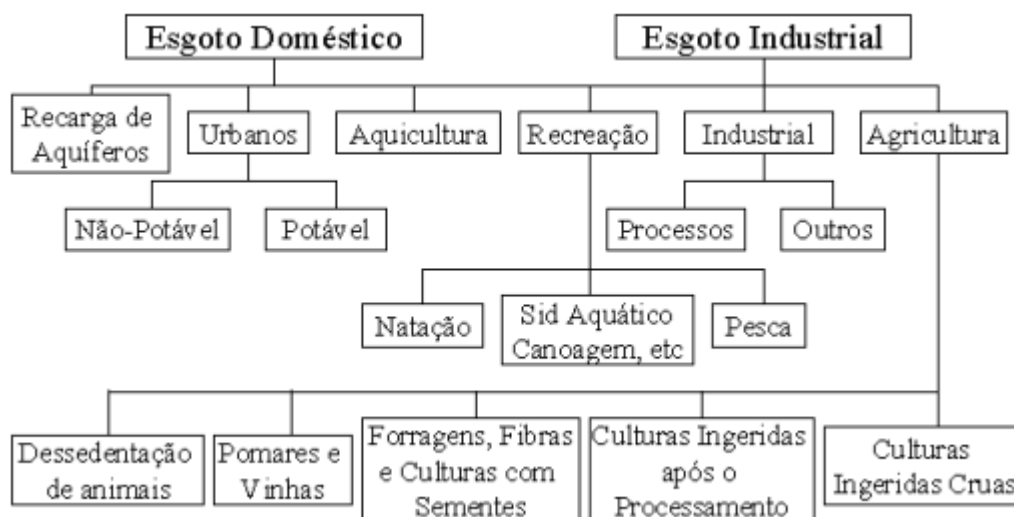


Figura 3. Formas potenciais de reúso de água residuária (Fonte: HESPANHOL, 1997)

1.3 Riscos a saúde e ao meio ambiente decorrente do uso de águas residuárias e aspectos socioculturais

Os riscos à saúde pública decorrente do uso de águas residuárias estão relacionados à presença de substâncias químicas, orgânicas e inorgânicas potencialmente tóxicas e de microorganismos patogênicos que quando encontrados acima de determinadas concentrações são prejudiciais ao homem (RODRIGUES, 2005).

O contato humano com a água de reúso pode ocorrer por ingestão direta da água, consumo de alimentos crus ou processados, pela pele através de banhos em lagos contendo água de reúso, por inalação de aerossóis formados em sistemas de irrigação (aspersão ou aeração superficial de lagoas), e por meio da visão e do olfato (descargas sanitárias) (BLUM, 2003).

A relação causa-efeito entre a presença de um determinado microorganismo na água e o desenvolvimento da doença correlata, é determinada por vários fatores como nível de contato, dose infectiva, patogenicidade e suscetibilidade relativa do indivíduo infectado (MAZARI-HIRIART et al., 2008). Sendo assim, o reúso não deve resultar em riscos sanitários à população, sendo que quanto maior a exposição ou nível de contato humano com a água recuperada, maior deve ser sua segurança. A fonte de água que será submetida a tratamento para posterior reúso deve ser quantitativa e qualitativamente segura, atendendo às especificações mínimas de qualidade, não causando nenhum tipo de objeção por parte dos usuários e atendendo as necessidades específicas do uso pretendido (BLUM, 2003).

Os padrões e orientações para reúso da água preocupam-se principalmente com a proteção da saúde pública, sendo geralmente baseados no controle de microorganismos patogênicos (BRADFORD et al., 2008). Os constituintes presentes nos esgotos que podem representar risco sanitário incluem substâncias químicas orgânicas e inorgânicas potencialmente tóxicas e microorganismos patogênicos, tais microorganismos representam um importante risco sanitário devido, principalmente, ao tempo relativamente curto de resposta entre a infecção e o desenvolvimento da doença.

A primeira consideração que deve ser feita em casos de reúso de água é com a presença de microorganismos patogênicos, garantindo que esses microorganismos não estejam presentes na água em densidades que representem risco significativo para a saúde dos usuários (MAZARI-HIRIART et al., 2008).

Torna-se necessário, também, considerar os benefícios diretos e indiretos quanto ao reúso não potável na agricultura. Dentre os benefícios diretos pode-se citar o aumento da produtividade ou da produção, economia no uso de fertilizantes comerciais, economia no uso de água, dentre muitos outros. Quanto aos benefícios indiretos, os quais são mais difíceis de quantificar, podemos citar o aumento do nível nutricional das populações mais pobres, por

meio do aumento da produção de alimentos, o aumento da disponibilidade de empregos e assentamentos populacionais nas áreas rurais, a redução de danos ao meio ambiente, a proteção de recursos subterrâneos contra depleção, a proteção dos recursos de água de boa qualidade contra a poluição e ao controle da erosão e redução da desertificação, dentre outros (O'CONNOR et al., 2008).

No entanto, mesmo com a garantia de padrões de qualidade aceitáveis para o reúso da água os projetos de reúso podem não obter êxito devido à influência religiosa e/ou sociocultural da população. Nas Américas, África e Europa, por exemplo, há uma forte objeção ao uso de excreta como fertilizante, enquanto em algumas partes da Ásia, notadamente na China, Japão e Indonésia, a prática é efetuada regularmente e considerada como econômica e ambientalmente recomendável (HESPANHOL, 2003).

Na maioria dos países, no entanto, não há objeção cultural ao uso do esgoto, principalmente tratado. O uso do esgoto é normalmente bem aceito onde outras fontes de água não são facilmente disponíveis, ou por razões econômicas, como é o caso dos países islâmicos, onde o reúso é bem aceito quando constatado que as impurezas foram removidas (HESPANHOL, 2003).

Em razão da grande variabilidade de crenças culturais, dogmas religiosos e do comportamento humano em geral, a aceitação ou rejeição da prática de reúso em uma determinada cultura não implica sua aceitação ou rejeição de maneira indiscriminada (HESPANHOL, 2003). Um levantamento completo do contexto sociocultural e crenças religiosas locais é sempre uma etapa preliminar necessária antes da implantação de projetos de reúso, envolvendo ativamente o público desde a fase de planejamento até a implementação definitiva do projeto (CROSS, 2003).

De acordo com a EPA (2004), a aceitação de sistemas de reúso depende do nível de sucesso com o qual as agências governamentais conseguem transmitir ao público alvo os seguintes aspectos:

- Uma idéia clara e completa do programa que se pretende implementar; um conhecimento adequado da qualidade dos esgotos tratados, e de como ele será utilizado;
- Confiabilidade na capacidade de gestão da agência encarregada dos serviços e na adequabilidade dos sistemas de tratamento propostos;
- Certeza de que o sistema envolve riscos mínimos de saúde e de degradação ambiental;
- Segurança na sustentabilidade do abastecimento e na adequação dos esgotos tratados para os tipos de cultura, estabelecidos os programas de reúso.

No processo de implantação de um programa de reúso torna-se necessário que ocorra adesão por parte da população. Segundo Mancuso et al. (2003), a experiência internacional demonstra que mesmo projetos tecnicamente viáveis, cuja qualidade da água produzida seja comprovadamente segura, não conseguem adesão da população.

Faz-se necessário que haja a conscientização da população quanto à limitação do poder de autodepuração dos rios e persistência de certos poluentes orgânicos e inorgânicos mesmo após o tratamento convencional de esgotos (MANCUSO et al., 2003). A percepção e opinião pública podem impulsionar o sucesso ou o fracasso de um programa de reúso (ASANO & LEVINE, 1996).

1.4 Contextualização legal do reúso de água no Brasil

Não existe no Brasil uma legislação específica que determine parâmetros quanto ao reúso potável e não-potável da água, porém, pode-se indicar fundamentos jurídicos e

condicionantes legais que futuramente poderão servir como um fio guia rumo a um reúso seguro e sustentável da água.

Segundo a Constituição Federal de 1988, é de responsabilidade da União instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definir critérios para a outorga de direitos de seus usos; bem como instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, incluindo o saneamento básico. Anterior à Constituição de 1988, o tratamento jurídico das águas no Brasil a considerava como um bem inesgotável, passível de utilização abundante e farta. Tal pensamento pauta a utilização de recursos ambientais no mundo até pouco mais da metade do século XX (MUFFAREG, 2003).

Em 1997 a Lei Federal nº 9.433 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual visa assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade às futuras gerações através da utilização racional e integrada dos recursos hídricos, e criou também o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), o qual determina que a água é um bem de domínio público, limitada e dotada de valor econômico, sendo que os usos prioritários são para consumo humano e dessedentação de animais. Segundo Muffareg (2003), a Lei que disciplina a PNRH, em vários trechos indica a necessidade de se racionalizar o uso da água como forma de garantir o abastecimento futuro da população.

Em relação ao enquadramento dos corpos de água pode-se citar a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, a qual estabelece parâmetros para a classificação dos corpos de água, bem como condições e padrões de lançamento de efluentes. Tal Resolução não trata diretamente a questão do reúso de água, pois para tal, necessitaria adequar-se questões relacionadas ao tipo de tratamento utilizado e às características do efluente. No entanto, ao estabelecer parâmetros para a utilização dos corpos de água (os quais se sabe, recebem muitas descargas de esgoto clandestinas, bem como sofrem influência da lixiviação, carreando para os corpos de água certas substâncias, muitas vezes, nocivas para a

saúde humana) indica uma tendência ao reúso indireto da água, desde que respeitados os parâmetros físico-químicos estabelecidos por lei.

1.5 Reúso não potável: enfoque na agricultura

A demanda de água no mundo aumenta rapidamente, sob a pressão das mudanças dos hábitos de higiene e da necessidade de se alcançar, principalmente, uma produtividade cada vez maior de alimentos e de produtos industriais (REBOUÇAS, 2001).

A irrigação intensifica a produção agrícola, aumenta a disponibilidade e os estoques de cultivares e permite uma produção na contra-estação. A irregularidade das chuvas, as quais são intermitentes e mais escassas a cada dia, pode limitar o potencial de desenvolvimento das culturas (BERNARDI, 2003).

Em função da relação entre escassez de água e escassez de alimentos, conforme relatório do International Food Policy Research Institute & International Water Management Institute (2002), projeta-se que em 2025 a escassez de água causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas na produção de alimentos, mais que a produção anual de grãos dos Estados Unidos. Caso não se alterem as políticas e prioridades, em vinte anos, não haverá água suficiente para cidades, domicílios, ambiente natural ou cultivo de alimentos. A crescente competição por água limitará severamente sua disponibilidade para a irrigação, que, por sua vez, restringirá seriamente a produção de alimentos no mundo. O declínio na produção de alimentos poderia provocar a elevação absurda de preços, que resultaria em significativo aumento da desnutrição, já que muitos povos pobres, em países em desenvolvimento, já gastam mais da metade de sua renda em alimento.

Desta forma, a gestão dos recursos hídricos – água de chuva, rios, subterrâneas e de reúso não potável no meio urbano, nas indústrias e na agricultura, principalmente, deve

considerar o uso cada vez mais eficiente da água disponível, ou seja, a obtenção de cada vez mais benefícios com o uso de cada vez menos água e proteção da sua qualidade (REBOUÇAS, 2001).

Segundo Metcalf & Eddy (1995), “o reúso planejado e controlado da água é definido como o uso das águas residuárias renovadas para fins benéficos como a irrigação agrícola e a recarga de aquíferos subterrâneos”, tema este estudado como alternativa de planejamento ambiental.

O reúso não potável de água na agricultura pode ser importante não apenas como fonte extra de água, mas também como fonte de nutrientes, visto que pode auxiliar no desenvolvimento da cultura. De acordo com Friedler & Juniaco (1996), a aplicação dos nutrientes contidos nos esgotos ou efluentes tratados pode reduzir, ou mesmo eliminar, a necessidade de fertilizantes comerciais. A Tabela 1 apresenta alguns resultados significativos em ganho de produtividade de acordo com a água de irrigação.

Tabela 1. Dados comparativos de produtividades (t/ha) agrícolas com usos de diferentes tipos de águas de irrigação

Água de irrigação	Água + N.P.K.	Efluente Primário	Efluente de Lagoa de Estabilização	Efluente Secundário
Cultura				
Trigo	2,7	3,45	3,45	S.D*
Batata	17,16	20,78	22,31	S.D*
Algodão	1,71	2,3	2,41	S.D*
Sorgo	9,1	8,7	S.D	8,6
Milho	8,1	8,9	S.D	8,6
Girassol	1,9	2,2	S.D	2,3

* Sem Dados

Fonte: BASTOS (1999)

Santos et al. (2000), observaram diferentes aspectos inerentes ao reúso de água, tais como a sua ocorrência em alguns países, opções de uso e critérios de qualidade da água. De acordo com os diversos tipos de reúso apresentados em seu trabalho, as águas residuárias

municipais adequadamente tratadas tornaram-se, em diversos países, uma fonte de água alternativa, beneficiando distintas regiões do mundo.

Em Portugal, diante das crescentes necessidades de recursos hídricos, os agricultores chegaram a perfurar tubulações das redes de drenagem urbanas para desviar as águas residuárias para as suas propriedades. Tal prática evidencia a percepção dos agricultores acerca do valor fertilizante dos esgotos ou águas residuais urbanas, porém a ela se devem, seguramente, as elevadas taxas de mortalidade associada a doenças propagadas por via hídrica, verificadas praticamente em todo o país (MARECOS DO MONTE & SOUSA, 1993).

Em Ribeirão Preto, Brasil, Nikaido et al. (2004), constataram a presença de Coliformes Totais e *E. coli* nas águas superficiais do córrego Monte Alegre e afluentes, as quais são utilizadas na irrigação de hortas situadas nas proximidades do córrego. Na cidade de Saskatchewan, Canadá, também foi verificado a presença de Coliformes Totais e *E. coli* no rio Qu'Appelle, cuja água é utilizada para a irrigação de produtos alimentícios, explicitando, assim, a necessidade do monitoramento constante da qualidade dessas águas (FREMAUX, 2008).

Tendo em vista a potencial implementação de um programa de reúso, devem ser considerados, entre outros, aspectos sócio-econômicos, de saúde pública e ambientais, além de um rigoroso controle na qualidade físico-química e bacteriológica da água residuária utilizada. Observou-se que, no Brasil, o reúso de água não é uma prática muito difundida. Isso permite concluir que é necessário que sejam realizados mais estudos e pesquisas para a utilização adequada das águas residuárias municipais tratadas (SANTOS et al., 2000).

Segundo Rose (1989), os padrões de qualidade físico-química e microbiológica de efluentes para irrigação só estarão revestidos de credibilidade definitiva após exaustivas demonstrações de sua suficiência como medida de proteção da saúde, tornando-se, assim, necessário testar sua validade sob diferentes condições, tais como qualidade de efluentes e

culturas irrigadas. Evidências conclusivas sobre riscos reais de saúde apenas poderão ser obtidas por meio de complexos estudos epidemiológicos e, assim sendo, a avaliação de riscos potenciais, como a qualidade de produtos irrigados, não deixa de representar uma ferramenta valiosa.

1.6 Cultura de hortaliças com reúso de água e sua interlocução com a saúde: enfoque para metais pesados e enteroparasitas

1.6.1 Hortaliças

Os vegetais são ricos em vitaminas, sais minerais e fibras alimentares, sendo recomendados como parte da alimentação diária da população. Cresce o interesse, principalmente, por aqueles que apresentam em sua composição substâncias com atividade antioxidante, a exemplo dos carotenóides, vitamina C e flavonóides, que caracterizam-se como alimentos funcionais (SILVA et al., 2005).

A alface (*Lactuca sativa*), de sabor agradável e refrescante, é a hortaliça folhosa de maior valor comercial cultivada no Brasil, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, sendo consumida com maior frequência em saladas cruas e sanduíches (VIGGIANO, 1990). Hortaliça da família *Cichoriaceae*, tem como centro de origem a região Asiática. Sabe-se, que desde 4.500 a.C. já era conhecida no antigo Egito e chegou ao Brasil no século XVI, através dos portugueses. Possui caule diminuto ao qual se prendem as folhas, estas são a parte comestível da planta e podem ser lisas ou crespas, sendo que a coloração pode variar do verde-amarelado até o verde escuro e também pode ser roxa, dependendo da cultivar (IAC, 2006).

É classificada comercialmente, segundo o Programa Horti & Fruti Padrão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, em Americana, Crespa, Lisa, Mímosa e Romana. Desses tipos, as mais consumidas são a alface Americana e a Crespa (IAC, 2006). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1996), o estado de São Paulo produz cerca de 131,739 ton/ano de alface.

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça originária da região mediterrânea, pertence à família *Brassicaceae*, sendo muito popular nas regiões de colonização italiana no Brasil, sendo também rica em sais minerais e vitaminas A e C (EMBRAPA, 2007). Apresenta folhas relativamente espessas e divididas, de cor verde clara e nervuras verde arroxeadas claras (MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998). Segundo dados da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) (2002), a comercialização de rúcula saltou de 140 mil dúzias de maços em 1997 para 448 mil em 2001, explicitando o aumento do consumo desta hortaliça pela população e sua importância econômica dentre as demais hortaliças folhosas.

A água utilizada no cultivo de hortaliças é um fator importante na determinação de metais pesados e na disseminação de enteroparasitas (OLIVEIRA & GERMANO, 1992), pois, sabe-se que, principalmente na periferia das cidades, ocorre grande descarga de dejetos sobre os remansos de água. Apesar de que a principal forma de contaminação das hortaliças se dá através do contato com matéria fecal de origem humana presente nas águas de irrigação (TAKAYANAGUI, 2001), a qualidade da hortaliça também depende de outros fatores como produção, armazenamento, transporte e manuseio.

Considerando a inclusão cada vez maior de hortaliças na dieta da população mundial, o controle de metais pesados e parasitas das mesmas torna-se um desafio, principalmente quando se verifica a globalização na distribuição de alimentos, a expansão nos serviços de

alimentos comercializados e o surgimento de novos métodos de produção de alimentos em larga escala (FALAVIGNA et al., 2005).

1.6.2 Metais pesados e reúso de água

Os metais pesados possuem efeito bioacumulativo no organismo humano, cujos efeitos tóxicos podem se expressar de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o metabolismo celular em geral (MULAK et al., 2008).

Pode-se citar algumas fontes antropogênicas de metais pesados, tais como resíduos sólidos de indústrias (mineradoras, metalúrgicas, eletrônicas, de baterias, tintas e pigmentos, e indústria plástica) e resíduos urbanos (compostos de lixo, lodo de esgoto, e águas residuárias). Além de resíduos de aterros sanitários, pesticidas, fertilizantes e combustão de combustíveis fósseis. Estes contaminantes podem se concentrar no ar, nas águas superficiais, no solo, nos sedimentos, ou nas águas subterrâneas; alterando suas características e das áreas circundantes (ZEITOUNI, 2003).

A maioria dos metais pesados ficam retidos no solo, sobretudo se ele for rico em matéria orgânica e tiver pH superior a 7,0. Entretanto, se o solo for ácido, ele perde a capacidade de reter estes elementos, e por lixiviação pode comprometer as águas do lençol freático. Elementos como zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B), em pequenas concentrações, são benéficos às culturas, contudo podem causar problemas de toxicidade devido ao seu poder acumulativo. Metais como chumbo (Pb), arsênio (As), mercúrio (Hg) e cádmio (Cd), os quais são altamente tóxicos não só para as plantas, mas também para o homem e os animais, contaminam a água, o solo e a cultura, e como consequência causam doenças como vários

tipos de câncer e degeneração múltipla dos tecidos, podendo ainda ser letal aos consumidores de culturas contaminadas (FOLEGATTI et al., 2005).

O uso de esgoto não tratado na agricultura é praticado, de modo geral, em todo o mundo devido à escassez de água de melhor qualidade e também pela carga nutritiva que este oferece às culturas. Porém, um longo tempo de utilização de esgoto não tratado pode causar acúmulo de metais pesados no solo, levando a presença de níveis tóxicos desses elementos. Quando a capacidade do solo em reter metais pesados estiver reduzida por repetidas aplicações de esgoto não tratado, pode ocorrer contaminação das fontes de água superficiais e subterrâneas, bem como das plantas cultivadas em solo contaminado. No entanto, a concentração de metais em plantas pode ser afetada por outros fatores como aplicação de fertilizantes e pesticidas, lodo de esgoto e água de esgoto (CHARY et al., 2007).

Em algumas situações em que os metais se encontram disponíveis no solo, a absorção e a translocação do elemento por meio dos tecidos das plantas podem ocorrer de forma reduzida ou mesmo não ocorrer. Isso se explica por meio de mecanismos de proteção das plantas, os quais bloqueiam o elemento quando esse ainda se encontra no solo (complexos formados com os exsudatos das raízes) ou mesmo quando o elemento já se encontra no interior das raízes onde são barrados por camadas de células que compõem a endoderme (MARQUES et al., 2002).

Apesar das possibilidades para a indisponibilidade dos metais no solo e dos mecanismos de proteção das plantas, a absorção de metais pesados, dependendo das condições, pode ocorrer em quantidades suficientes para o surgimento de sintomas de fitotoxicidade (CAMILOTTI et al., 2007). A alimentação é a principal fonte de contaminação humana por metais pesados, sendo que cerca de 70% da exposição ocorre por via oral. Tal contaminação pode ocorrer durante o uso de águas contaminadas na irrigação ou pelo solo contaminado (DEL RIO, 2004).

O Cd é um elemento relativamente raro, sendo encontrado na natureza associado, principalmente, a sulfetos em minérios de Zn, Pb e Cu. Sua primeira purificação ocorreu em 1817 e a sua produção comercial se tornou importante somente no início do século (WHO, 1992).

Em humanos e animais, há fortes evidências de que o rim é o principal órgão alvo da toxicidade do Cd (ROELS et al., 1993). Vários estudos indicam uma relação entre exposição ocupacional (respiratória) ao Cd e câncer de pulmão e de próstata (IARC, 1998).

O cromo (Cr) é muito utilizado em processos de coloração na indústria têxtil e curtimento de couro, sendo os três maiores usos industriais do Cr a metalurgia, refratário e compostos químicos (GRAHAM et al., 2008). Outras fontes de compostos derivados de Cr são encontradas em fitas magnéticas, cimento, papel, sínteses químicas orgânicas, processamento fotoquímico, tratamento de água industrial e em águas de resfriamento. É também utilizado contra a presença de lodos formados por bactérias e fungos em águas de processamento e de aquecimento em cervejarias. Em medicina, seus compostos são utilizados em adstringentes e anti-sépticos (MOORE & RAMAMMORTHY, 1984).

O Cr apresenta-se na maioria das vezes na forma trivalente, que é cerca de 100 vezes menos tóxica que a forma hexavalente, porém tais compostos são muito reativos biologicamente, ligando-se a ácidos nucleicos e iniciando processos carcinogênicos. A forma hexavalente é corrosiva e causa úlceras na passagem nasal e na pele, além de induzir reações de hipersensibilidade cutânea (LU, 1996). A exposição ocupacional a longo prazo a níveis de Cr no ar, maiores do que os do ambiente natural, foi associada à ocorrência de câncer de pulmão (USPHS, 1998).

A descarga mundial de rejeitos de mineração e poeira são a maior fonte sólida de Cu, seguida pela produção de fertilizantes, esgoto municipal e industrial. Esta fonte é importante por contaminar diretamente as águas superficiais. O Cu é muito utilizado como fungicida na

agricultura ou como pigmento para fabricação de tintas, estando presente em efluentes industriais e domésticos (ZHUANG et al., 2008; MOORE & RAMAMMORTHY, 1984). Este metal também é muito utilizado em indústrias elétricas, de construção, encanamentos e automotivas devido às suas propriedades de maleabilidade, ductilidade, condutividade e resistência à corrosão (ZHUANG et al., 2008).

Embora o Cu seja essencial para uma boa saúde, uma dose única muito grande, ou uma exposição elevada a longo prazo pode trazer problemas. A inalação de poeira ou vapores pode irritar o nariz, a boca e os olhos, e causar dores de cabeça, tontura, náusea e diarreia (USPHS, 1997).

O Pb não tem função nutricional, bioquímica ou fisiológica conhecida e é tóxico para a maioria dos organismos vivos. Quando o Pb é lançado no meio ambiente, ele tem um tempo de residência longo comparado à maioria dos poluentes (WEI et al., 2008). Os animais que se alimentam próximo a estabelecimentos de fundição frequentemente ingerem níveis de Pb que levam ao envenenamento e à morte. (USPHS, 1997). O Pb é utilizado em vários tipos de atividades como minerações, fundições, refinamentos, baterias, fertilizantes, indústrias químicas, pigmentos, cerâmica e plásticos (WEI et al., 2008).

O Pb ingerido vai inicialmente para o sangue, mas, em excesso, entra para os tecidos, incluindo os órgãos, particularmente o cérebro. Eventualmente, o Pb deposita-se nos ossos, tomando lugar do cálcio (Ca), pois Pb II e Ca II são íons similares no tamanho. A absorção de Pb pelo corpo aumenta em pessoas que têm deficiência de cálcio (Ca) e, é muito maior em crianças que em adultos (BAIRD, 1995).

O manganês (Mn) é muito utilizado na indústria do aço, fabricação de ligas metálicas e bateria e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes. Em quantidades excessivas, é indesejável nos mananciais de abastecimento público devido ao seu

efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo em depósitos em sistemas de distribuição (CETESB, 2004).

O excesso de Mn no organismo reduz a absorção de ferro provocando anemia, além de afetar os sistemas nervoso central, reprodutivo e respiratório. Em situações de intoxicação crônica, verifica-se o desenvolvimento de psicoses maníaco-depressivas, redução da resistência a infecções pulmonares e maior incidência de abortos espontâneos (ASLAM et al., 2008).

O Hg é um metal traço extremamente tóxico e não essencial, não tendo função bioquímica ou nutricional, e os mecanismos biológicos para a sua remoção são pobres (WHO, 1989). O Hg pode ser liberado pela atividade de indústrias que queimam combustíveis fósseis, produção eletrolítica de cloro-soda, produção de acetaldeído, incineradores de lixo, polpa de papel, tintas, pesticidas, fungicidas, lâmpadas de vapor de mercúrio, baterias, produtos odontológicos, entre outros (MICARONI et al., 2000).

A forma orgânica do Hg é extremamente tóxica, este composto pode entrar rapidamente na corrente sanguínea, causando danos irreparáveis ao sistema nervoso central. Os principais sintomas associados à toxicidade por mercúrio no homem incluem tremor, vertigem, entorpecimento, dor de cabeça, cãimbra, fraqueza, depressão, distúrbios visuais, dispnéia, tosse, inflamações gastrointestinais, queda de cabelo, náuseas e vômitos (MICARONI et al., 2000).

O Zn é um metal muito utilizado como cobertura protetora para outros metais como ferro e aço, ligas de bronze e latão, baterias e em componentes elétricos (SMITH et al., 1995). É um elemento essencial, no entanto, se plantas e animais são expostos a concentrações altas de Zn biodisponível, uma bioacumulação significativa pode resultar em possíveis efeitos tóxicos (USPHS, 1997). Uma exposição alimentar excessiva, tanto em humanos quanto em

animais, pode acarretar distúrbios gastrointestinais e diarreia, danos ao pâncreas e anemia (USPHS, 1997; WEI et al., 2008).

O acúmulo de metais pesados em plantas depende de vários fatores, como espécie, cultivar, órgão ou parte estudada. Segundo Simeoni et al. (1984), cereais, gramíneas, legumes e olerícolas tuberosas tendem a acumular menos metais do que plantas folhosas de crescimento rápido, como a alface.

A legislação brasileira, seja a ambiental ou mesmo a referente aos aspectos sanitários alimentares, ainda é pouco contundente com relação aos limites aceitáveis ou permitidos de metais pesados em águas e alimentos. Existe uma carência muito grande de dados nacionais que subsidiem os legisladores e órgãos ambientais sendo, muitas vezes, utilizado valores limites verificados e utilizados em outros países (FERNANDES et al., 2007).

No Brasil, a Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. De acordo com a mesma, é classificada como própria para irrigação de hortaliças ingeridas cruas apenas as águas classe 1. Denota-se, que as águas classe 1 são utilizadas para abastecimento de água potável, obedecendo assim, rigoroso controle de qualidade. Considerando que o potencial de bioacumulação em humanos decorrente dos metais pesados presentes nessas águas seja maior no consumo direto do que no consumo da hortaliça irrigada com a mesma, é relevante que se considerem níveis de metais específicos para águas de irrigação, mais contundentes com a realidade e disponibilidade da água no Brasil e no mundo.

Em relação aos níveis de metais pesados em hortaliças não há nenhuma legislação brasileira específica, porém adotam-se os níveis permitidos pelo Codex Alimentarius (CODEX STAN 193-1995). Tal norma especifica os níveis permitidos de Ar, Cd, Pb, Hg, metilmercúrio e estanho (Es) em alimentos. Porém, para hortaliças de folha, como a alface e a

rúcula, encontram-se valores permitidos apenas de Cd e Pb. Denota-se, assim, a necessidade de mais estudos referentes às concentrações de metais em hortaliças consumidas cruas, bem como dos riscos que estes podem causar à saúde humana.

1.6.3 Enteroparasitas

No Brasil, a falta de uma política de educação sanitária profunda e séria agrava o quadro de parasitoses intestinais – helmintíases e protozooses. A erradicação desse tipo de parasitas requer melhorias das condições sócio-econômicas, no saneamento básico e na educação sanitária, além de mudanças de certos hábitos culturais (DIAS & GRANDINI, 1999).

Os danos que os enteroparasitas podem causar a seus portadores incluem, entre outros agravos, a obstrução intestinal, desnutrição, anemia por deficiência de ferro e quadros de diarreia e de mal absorção, sendo que as manifestações clínicas são usualmente proporcionais à carga parasitária albergada pelo indivíduo (STEPHENSON, 1987).

As enteroparasitoses por possuírem sistemas infectivos com mecanismos de infecção oral e/ou ativo cutâneo, apresentam distribuição cosmopolita, com variação na prevalência (NEVES, 2005). Geralmente, tanto em áreas rurais quanto urbanas dos países de terceiro mundo devido às baixas condições sanitárias, as parasitoses intestinais são amplamente difundidas, sendo as hortaliças citadas como um dos veículos de suas estruturas infectantes (MARZOCHI et al., 1978; SILVA et al., 1995; SLIFKO et al., 2000). A principal forma de contaminação dessas hortaliças dá-se, principalmente, através da água contaminada por material fecal de origem humana, utilizada na irrigação das hortas ou ainda por contaminação do solo por uso de adubo orgânico com dejetos fecais (MARZOCHI, 1978; PATTOLI et al., 1966).

A Figura 4 apresenta alguns agentes potencialmente infecciosos que podem estar presentes no esgoto doméstico.

Organismo	Doença
Bactéria	Bacteriana
<i>Shigella sp</i>	Desintéria bacilar
<i>Salmonella sp</i>	Salmonelose e Febre tifóide
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite
<i>Yersinia sp</i>	Gastroenterite aguda
<i>Leptospira sp</i>	Leptospirose
<i>Campylobacter jejune</i>	Gastroenterite
Protozoário	Protozoose
<i>Entamoeba histolytica</i>	Enterite Aguda
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase (Gastroenterite)
<i>Cryptosporidium sp</i>	Criptosporidíase, diarreia, febre
<i>Baladum coli</i>	Diarreia e desintéria
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose
Helminto	Helmintose
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariíase
<i>Ancylostoma</i>	Ancilostomose
<i>Necator americanus</i>	Necatoriose
<i>Trichuris trichiura</i>	Diarreia e anemia
<i>Taenia saginata</i>	Teníase
<i>Taenia solium</i>	Teníase
Vírus	Virótica
Vírus da Hepatite A	Hepatite infecciosa
Adenovirus	Doenças respiratórias, infecção nos olhos, gastroenterite
Rotavirus	Gastroenterite
Parvovirus	Gastroenterite
Norovirus	Diarreia, vômito, febre
Astrovirus	Gastroenterite
Calicivirus	Gastroenterite

Figura 4. Agentes potencialmente infecciosos presentes no esgoto doméstico
Fonte: adaptado EPA (2004)

A infecção por parasitas se dá principalmente pela via fecal-oral. Os parasitas podem ser transmitidos pela ingestão de água sem tratamento ou deficientemente tratada, alimentos contaminados (verduras cruas e frutas mal lavadas), os quais, por sua vez, também podem ser contaminados por cistos veiculados por moscas e baratas, por pessoa a pessoa, através de

mãos contaminadas ou em locais de aglomeração humana (creches, orfanatos, entre outros) (NEVES, 2005).

No Brasil, de um modo geral, os helmintos possuem ampla distribuição geográfica, sendo encontrados em zonas rurais ou urbanas de vários estados, com intensidade variável, segundo o ambiente e espécie parasitária, prevalecendo geralmente, em altos níveis onde são mais precárias as condições socioeconômicas da população (VINHA, 1971). Dentre as doenças helmínticas mais prevalentes destacam-se a ascaridíase, tricuriíase, enterobiose, ancilostomose e estrogiloidose (SILVA, 1987). Dentre as protozooses intestinais pode-se citar, pela sua importância na infância, a giardíase e a amebíase, sendo a primeira bem mais freqüente (TONELLI, 1987).

As hortaliças consumidas cruas em saladas podem conter ovos e larvas de helmintos, bem como cistos de protozoários, proveniente de águas contaminadas por dejetos fecais tanto de humanos quanto de animais (SIMÕES, 2001).

Diversos trabalhos utilizam amostras de alface para detecção de enteroparasitas (GUIMARÃES et al., 2003; FALAVIGNA et al., 2005), pois os mesmos podem causar severos danos à saúde, constituindo um grave problema de saúde pública que ainda persiste nos países em desenvolvimento.

A cisticercose e a teníase, transmitidas pela *Taenia solium* e *Taenia saginata* respectivamente, estão muitas vezes relacionadas às condições precárias de saneamento e ao baixo nível socioeconômico, o que pode acarretar contaminação de verduras por irrigação com águas contaminadas e consumo, pela população, de carnes de má procedência (MENDES et al., 2005). Em Ribeirão Preto, a neurocisticercose é responsável por 7,5% das internações na enfermaria de Neurologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HCFMRP/USP), sendo ainda desconhecido os motivos os quais, levam à elevada endemicidade no município (TAKAYANGUI, 2001).

Segundo Blumenthal et al. (2000), na Alemanha, os consumidores de vegetais irrigados com água residuária tratada apresentaram menores taxas de infecção por *Ascaris* do que em Berlim, onde se consumia vegetais irrigados com água residuária não tratada. Em Darmstadt, também na Alemanha, onde era usado esgoto não tratado na irrigação de hortaliças, constatou-se infecção parasitária da maioria da população (BAUMHOGGER, 1949). A taxa de infecção foi maior entre as pessoas que residiam no subúrbio da cidade, local onde era realizado o plantio das hortaliças, sugere-se, assim, que o contato direto com o efluente não tratado pode aumentar as taxas de infecção parasitária.

A utilização de efluentes na irrigação de hortaliças consumidas cruas, como a alface e a rúcula, necessitam de monitorização contínua tanto do efluente utilizado quanto da hortaliça em questão. A supervisão destes cultivares tende a viabilizar uma possível prática futura e minimizar os riscos de contaminação por parasitas.

O tratamento do efluente tende a melhorar a qualidade da água de reúso através da remoção dejetos e impurezas, sendo o Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados o utilizado no município de Ribeirão Preto.

1.7 Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados

O Sistema de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados foi desenvolvido a partir de 1913 na Inglaterra, consiste em agitar uma mistura de águas residuárias com um certo volume de lodo biologicamente ativo, mantido em suspensão por uma aeração adequada e durante um tempo necessário para converter uma porção biodegradável daqueles resíduos ao estado inorgânico, enquanto que o remanescente é convertido em lodo adicional, o qual é separado por decantação secundária e, em grande parte, retorna ao processo sendo que a quantidade em excesso é disposta pelos meios usuais (BRASIL, 2006).

A Figura 5 apresenta o funcionamento de uma Estação de Tratamento por Lodos Ativados

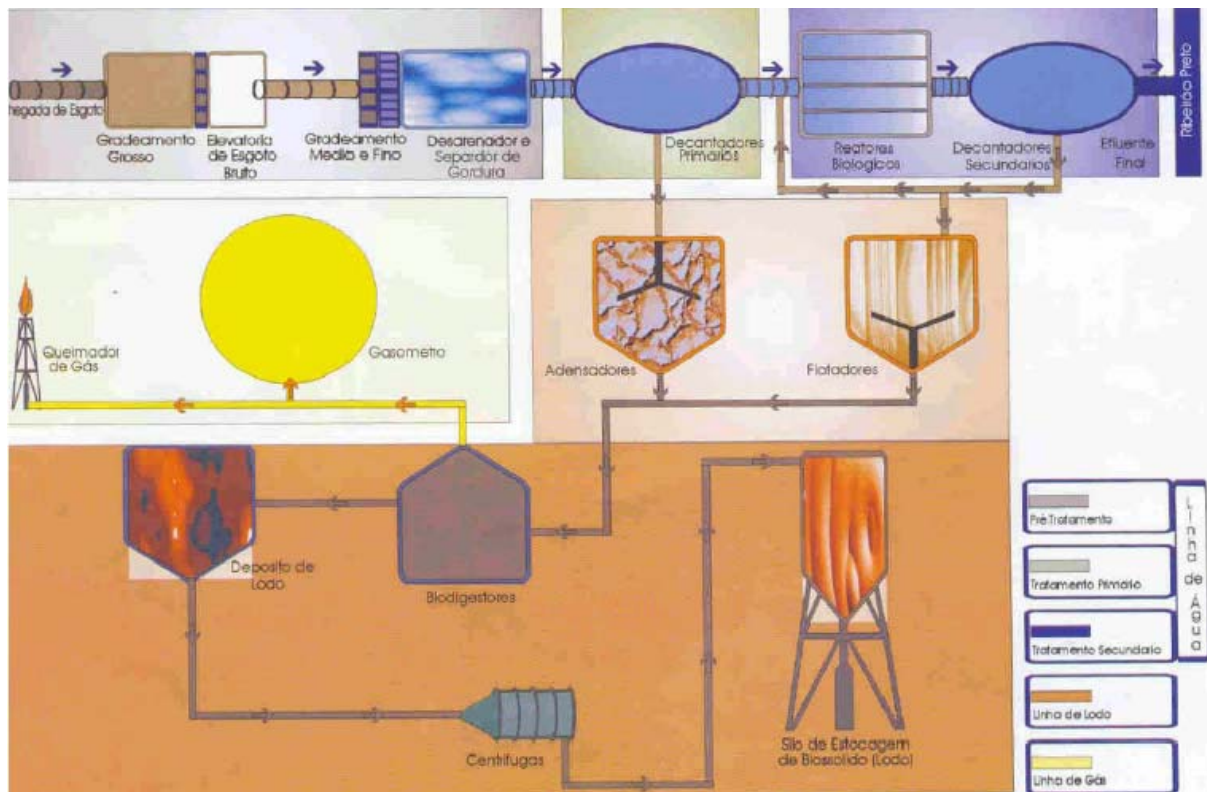


Figura 5. Fluxograma de uma Estação de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados
Fonte: (TONANI, 2008)

Os lodos ativados são agregados floculentos de microorganismos, materiais orgânicos e inorgânicos. Dentre os microorganismos encontram-se bactérias, fungos, protozoários e metazoários como rotíferos, larvas de insetos e alguns vermes. Tais microorganismos se relacionam através de uma cadeia de alimentação, em que bactérias e fungos decompõem o material orgânico complexo e por essa atividade se multiplicam servindo de alimento aos protozoários, os quais, por sua vez, são consumidos pelos metazoários que também podem se alimentar diretamente de bactérias, fungos e mesmo de fragmentos maiores dos flocos de lodos ativados (BRASIL, 2006).

Dentre as vantagens deste tipo de tratamento de esgoto pode-se citar a alta eficiência de tratamento, com remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 80-90%, e menor

área ocupada em relação à lagoa de estabilização. Em contrapartida, há um elevado grau de mecanização e elevado consumo de energia elétrica (TONANI, 2008).

Muitos lugares, no Brasil e no mundo, ainda permanecem sem um tratamento adequado de esgoto, gerando doenças e propagando enfermidades. O tratamento de esgoto constitui um grande avanço em prol a um desenvolvimento sócio-econômico e ambiental, e com a crescente escassez de água no mundo, em um futuro próximo, as águas de reúso serão uma das principais fontes de água disponíveis.

Nesse contexto, o presente projeto teve como finalidade realizar um estudo experimental avaliando padrões de qualidade microbiológica e química (bactérias, parasitas e metais pesados) em hortaliças irrigadas com água residuária tratada da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto (ETE-RP), no marco da saúde pública e ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a viabilidade do uso da água residuária tratada de uma Estação de Tratamento por Lodos Ativados no cultivo de hortaliças com a finalidade de gerar informação quanto ao reúso não-potável de água na agricultura.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar a concentração de Cd, Cu, Hg, Pb e Zn entre hortaliças produzidas em viveiro de mudas irrigado com água residuária tratada, água residuária tratada e clorada da ETE-RP e água potável, bem como das respectivas águas de irrigação e do solo utilizado para cultivo.
- Comparar qualitativamente e quantitativamente a possível presença de estruturas parasitárias, infectantes para o homem em hortaliças irrigadas com água residuária tratada, água residuária tratada e clorada da ETE-RP e água potável, bem como das respectivas águas de irrigação e do solo utilizado para cultivo.
- Determinar a concentração de coliformes totais e coliformes fecais em hortaliças irrigadas com água residuária tratada, água residuária tratada e clorada da ETE-RP e água potável, bem como das respectivas águas de irrigação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento da Pesquisa

Trata-se de um estudo analítico randomizado, no qual são avaliados grupos de características semelhantes, em que há um grupo-controle, formado simultaneamente com o grupo de estudo, com o intuito de comparar os resultados obtidos (PEREIRA, 2005). Especificamente, através da investigação de enteroparasitas e metais pesados, este trabalho analisou a potencial possibilidade do reúso não potável do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto, SP, na agricultura. Anteriormente, foi realizado um projeto-piloto, no qual verificou-se que a cloração do efluente tratado à 0,5 mg/L (ABNT, 1997) e a não adição de adubo orgânico ao solo de plantio impediu a produção de hortaliças de tamanho comercial, sendo então realizadas algumas adaptações no projeto de pesquisa.

Este estudo obteve autorização e colaboração da AMBIENT – Serviços Ambientais de Ribeirão Preto S.A., empresa responsável pela estação de tratamento de esgoto no município de Ribeirão Preto e recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 06/59920-8.

3.2 Local de Estudo

O município de Ribeirão Preto está localizado na região Nordeste do Estado de São Paulo, atualmente, possui uma população de cerca de 547.417 habitantes e uma área de 650 km² (IBGE, 2007). O município é tipicamente urbano, suas principais atividades estão centradas no comércio e na prestação de serviços. No entanto, o dinamismo dessas atividades sofre grande influência das atividades produtivas que se desenvolvem ao seu redor. Neste

sentido, a agricultura ganha um papel de destaque na região como um todo, sendo a principal atividade econômica em uma série de municípios vizinhos (RIBEIRÃO PRETO, 2006).

O município possui duas grandes Estações de Tratamento de Esgoto em operação, a Estação de Tratamento de Esgoto Caiçara (ETE-Caiçara) e a ETE-RP. A ETE-RP (Figura 6) começou a operar em novembro de 2002, possui uma vazão média de 130.000 m³/dia e capacidade de atendimento na 1^o etapa de 560.000 habitantes (AMBIENT, 2006). O método de tratamento do esgoto é o de lodos ativados convencionais, aerados por turbocompressores e difusores de membrana e sistema de digestão anaeróbia de lodos de alta carga; atualmente a ETE-RP recebe e trata cerca de 60% do esgoto gerado em Ribeirão Preto (AMBIENT, 2006), porém cabe destacar que a estação possui capacidade de tratar 100% do esgoto gerado no município.

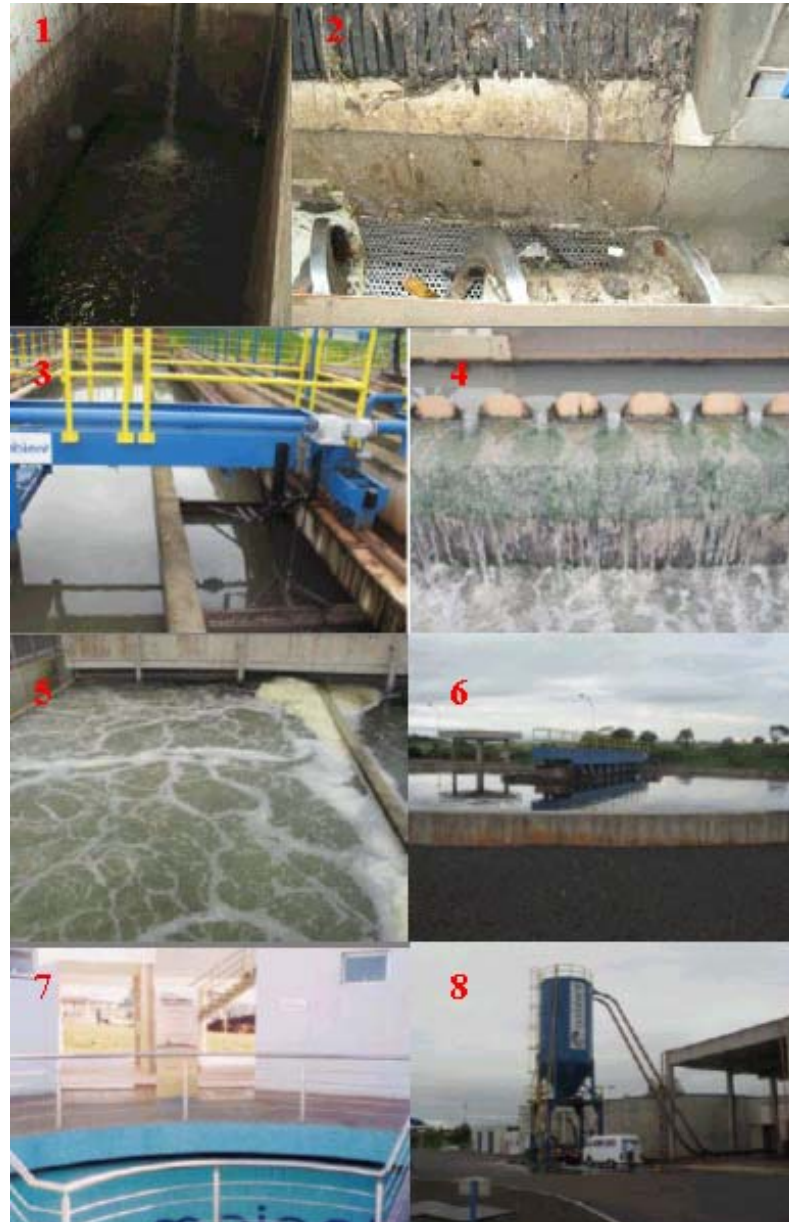


Figura 6. Vista aérea da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto (ETE-RP).

O esgoto coletado chega na ETE-RP através de interceptores e desembocam no Poço de Grossos (1) (Figura 7), em seguida passam pelo Gradeamento Intermediário e Fino (2), onde são retirados os sólidos intermediários, como cigarros, cotonetes, plásticos, entre outros. Após esta fase o esgoto é encaminhado para o Desarenador e Desengordurador (3), sendo

extraída toda a areia e gordura presente no esgoto; isento dos sólidos grosseiros, areia e gordura o esgoto vai para os Decantadores Primários (4), onde ocorre a sedimentação dos sólidos em suspensão. Como ainda persiste grande concentração de matéria orgânica, o esgoto passa pelo Reator Biológico (5), local onde os microorganismos presentes no esgoto são ativados por aeração, para que os mesmos se alimentem da matéria orgânica existente. Após o esgoto é encaminhado para o Decantador Secundário (6), onde parte da massa sólida que decanta retorna para o Reator Biológico a fim de manter o equilíbrio do processo de tratamento, o restante é encaminhado para os biodigestores, juntamente com os sólidos sedimentáveis que foram separados no Decantador Primário. Após todo esse processo de tratamento o esgoto sai limpo, passa pela Fonte de Saída (7) e desemboca no córrego Ribeirão Preto. O lodo de esgoto que foi encaminhado para os biodigestores passa por um processo de homogeneização e estabilização através de um tratamento biológico anaeróbico e segue para o Silo de Estocagem (8), sendo, posteriormente, transportado para o aterro sanitário.

Neste estudo foi utilizado o esgoto da Fonte de Saída, visando assim, no futuro, possibilitar o reúso seguro e sustentável do esgoto tratado da ETE-RP.



- 1- Poço de Grossos
- 2- Gradeamento intermediário e fino
- 3- Desarenador e desengordurador
- 4- Decantadores primários
- 5- Reatores biológicos
- 6- Decantador secundário
- 7- Fonte de saída
- 8- Silo de estocagem

Figura 7. Etapas do processo de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativados
Fonte: Adaptado de Tonani (2008)

3.3 Preparação de viveiro de mudas de hortaliças

Foram demarcados e preparados 3 viveiros de mudas, em replicata, de alface e rúcula na área da ETE-RP de 2 m x 3 m cada, espaço cedido pela ETE-RP, para o desenvolvimento da pesquisa e suficiente para o plantio de cerca de 120 plantas em cada viveiro (Figura 9). O solo utilizado para o plantio foi previamente preparado com adubo orgânico. Para o plantio das hortaliças, foram utilizadas mudas de alface do tipo americana e rúcula adquiridas em viveiros de mudas orgânicas (Figura 8).

Dos três canteiros, o primeiro foi irrigado com efluente tratado/clorado à 0,2 mg/L; o segundo com efluente tratado sem adição de cloro e o terceiro canteiro com água potável, constituindo, assim, o grupo controle (Figura 9).



Figura 8. Hortaliças adquiridas em viveiro de mudas (à esquerda alface, à direita rúcula)



Figura 9. Canteiros das hortaliças (da esquerda para a direita o primeiro canteiro irrigado com efluente tratado/clorado à 0,2 mg/L, o segundo com efluente tratado sem adição de cloro e o terceiro com água potável)

3.3.1 Definição de amostras de hortaliças e água

Para alface, a amostra constituiu-se por um pé, independentemente de peso ou tamanho e para rúcula um maço. As amostras de água foram coletadas em recipientes de 1 litro para as análises.

3.4 Análise laboratorial

3.4.1 Análise de metais

- Coleta de amostras

As amostras para determinação dos níveis de metais pesados, tanto das hortaliças como das de água e solo, foram coletadas em recipientes de polietileno (caixas, sacos e

garrafas coletoras), previamente lavados com solução de ácido nítrico (HNO_3) (30% v/v), para eliminação de interferentes. A coleta foi realizada de modo aleatório, sendo feito o rodízio entre os canteiros confeccionados em replicata.

- Preparação das amostras

Solo: Foram coletadas amostras em duplicata de cada canteiro de cerca de 500g cada (Figura 10). As mesmas foram mantidas à temperatura ambiente por 30 dias em caixas de polietileno, em local fresco e arejado, protegidas para evitar contaminação por agentes externos. Após a secagem, as amostras foram homogeneizadas manualmente utilizando-se morteiros de polietileno; a seguir, foram peneiradas para separação das partículas maiores ou restos vegetais, mediante a utilização de peneiras de polietileno com 1,5 mm de luz de malha (SHALLARI et al., 1998), no Laboratório de Saúde Ambiental da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP. Uma vez homogeneizada e peneirada foi separada uma amostra de solo de aproximadamente 200 g, através da técnica de quartejamento, que consiste em dividir a amostra em quatro partes iguais e tomar iguais quantidades de cada uma delas para compor a amostra a ser analisada.

Para a análise das amostras foi utilizado o método de “Extração de metais por Água Regia (HNO_3 ; HCL ; 3:1), em bombas de teflon, em que foi pesado aproximadamente 1,000 g de cada amostra e depois foram adicionados 10 mL de Água Regia. As bombas de teflon foram tampadas e deixadas em repouso por 8 horas à temperatura ambiente. Logo depois, as amostras foram levadas à estufa em temperatura de 80°C por mais 8 horas. Após o término da digestão e resfriamento as soluções foram filtradas com papel de filtro 12.5cm e diluídas a 25 mL com água Milli-Q (Figura 11).

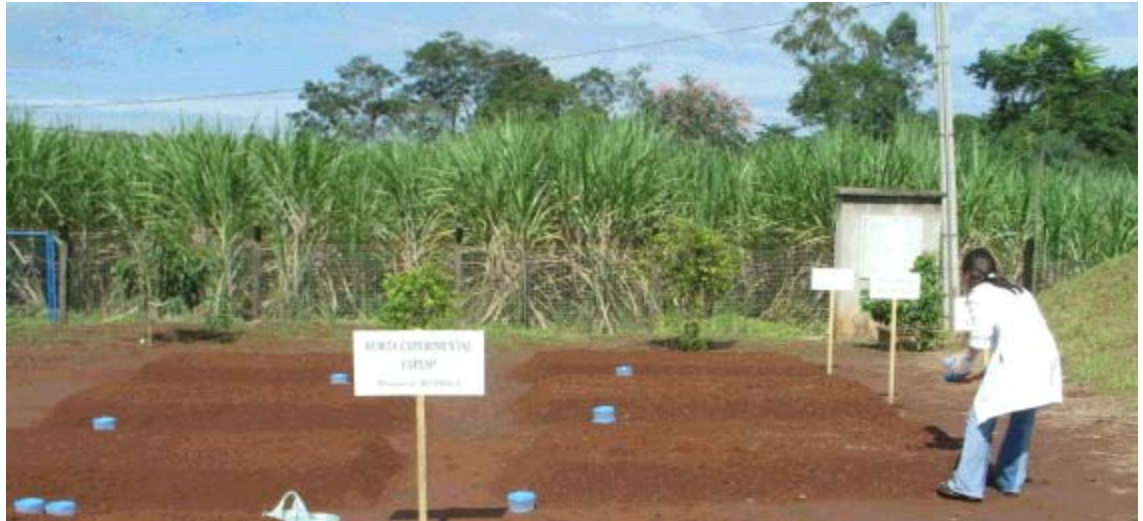


Figura 10. Coleta de amostras de solo



Figura 11. Bombas de teflon
Fonte: Segura-Muñoz (2005)

Águas de irrigação: Foram coletadas 10 amostras de cada água de irrigação, sendo as amostras coletadas duas vezes por semana em dias alternados. As amostras foram fixadas adicionando HNO_3 de alta pureza e mantidas a -18°C até o momento das análises. Para as análises as amostras foram centrifugadas e o sobrenadante separado para posterior leitura de metais pesados (APHA, 1998).

Hortaliças: Foram coletadas 10 amostras de alface e 10 de rúcula de cada canteiro, perfazendo um total de 30 amostras de cada hortaliça. Cerca de 2 gramas de cada amostra in

natura foi tratada à 90°C em bombas de teflon com HNO₃ Suprapur (E. Merck). Depois de refrigeradas as soluções foram filtradas e completado o volume até 25 mL com água deionizada em balões volumétricos (SEGURA-MUÑOZ et al., 2006).

- Leitura de metais

A concentração de Cd, Cu, Cr, Pb e Zn foram determinadas por Espectroscopia com Plasma Induzido-Espectroscopia Óptica (ICP-OES) (Perkin Elmer, Optima 3000 DV), sendo utilizado gás Argônio para a leitura dos metais. As dosagens foram realizadas na Central de Análises Químicas do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo.

A dosagem de Hg foi realizada por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Geração de Hidreto (EAA-VGA) num Espectrofotômetro VARIAN, modelo AA-200 no Laboratório de Pediatria-Setor de Metais do HCFMRP/USP (Figura 12). O limite de detecção do método utilizado para análise de Hg nas hortaliças, água tratada da ETE-RP e água potável foi de 0,00001 mg L⁻¹.



Figura 12. Espectrofotômetro de Absorção Atômica com Gerador de Hidretos (EAA – VGA), Setor de Metais do Laboratório de Pediatria do Hospital das Clínicas da FMRP/USP (Fonte: Oliveira, 2006)

- Curvas de calibração

A partir de uma solução estoque de cada metal, cuja concentração exata é de 1000 mg L⁻¹, foi preparada uma solução padrão para cada metal em concentrações específicas. A solução padrão permitiu o traçado automático da curva de calibração para cada metal, dentro das diferentes faixas de linearidade (Figura 13 e 14).

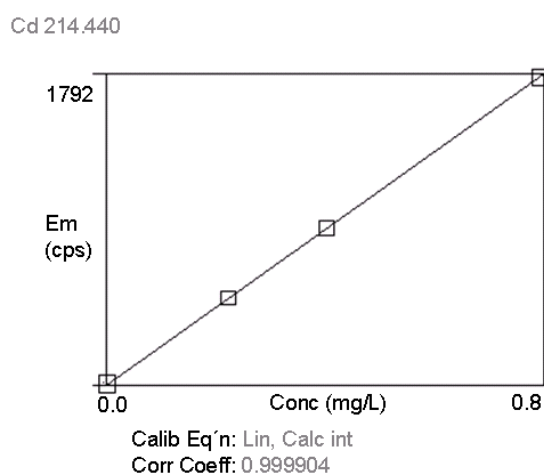


Figura 13. Exemplo da curva de calibração do ICP-OES

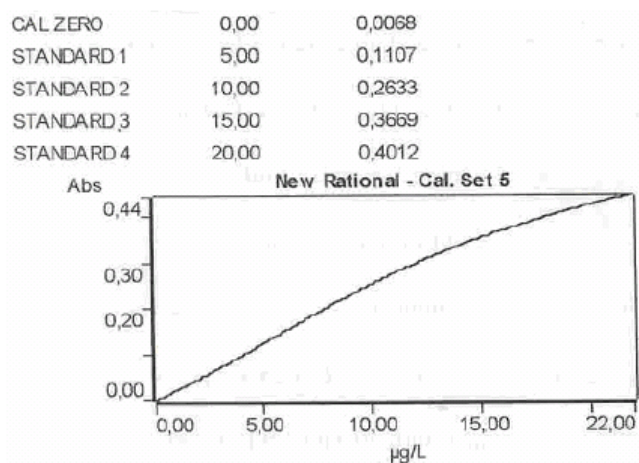


Figura 14. Exemplo da curva de calibração do EAA-VGA

3.4.2 Análise Bacteriológica e Parasitológica

- Coleta de amostras

As amostras para exame parasitológico e bacteriológico das águas de irrigação e hortaliças foram acondicionadas em coletores esterilizados tipo *Nasco*, ou frascos esterilizados, sendo levados ao laboratório onde foram mantidas sob refrigeração à 4°, até o momento das análises, que não ultrapassou as 24 horas.

- Preparação das amostras

Hortaliças: Após a identificação das amostras, cada hortaliça foi desfolhada, individualmente, em recipientes plásticos e lavada com 700 mL de água destilada, folha a folha (MESQUITA et al., 1999). Parte desta água foi utilizada para a realização do Teste P/A (Presença ou Ausência) denominado *Colilert*[®]. O restante desta água, após filtragem em tamis com gaze, foi transferida para um cálice de fundo cônico para decantar por uma hora. Após esse tempo o sobrenadante foi descartado e o sedimento do cálice homogeneizado, para o processamento da Técnica de Sedimentação Espontânea, segundo Lutz (1919).

Águas de irrigação: Foram coletadas 10 amostras de cada água de irrigação, sendo as amostras coletadas duas vezes por semana em dias alternados. As amostras foram mantidas refrigeradas à 4°C ± 2°C até o momento das análises que não ultrapassou as 24 h. Para a análise bacteriológica foi utilizado o Teste P/A denominado *Colilert*[®], e para a análise de parasitas foi utilizado a Técnica de Sedimentação Espontânea (LUTZ, 1919).

- Análise Bacteriológica

As amostras foram analisadas por meio do Teste P/A, com a utilização de um Kit denominado *Colilert*[®], utilizado para a detecção e confirmação simultânea de Coliformes totais e *Escherichia coli* em água (APHA, 1998).

Com uma pipeta esterilizada foi transferido 10 mL da amostra para um frasco contendo 90 ± 2 ml de água de diluição tamponada (Solução A: 34 g de $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ p.a em 1000 mL de água deionizada; Solução B: 81,1 g de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ p.a em 1000 mL de água deionizada; em 1000 mL de água deionizada, adicionar 1,25 mL da Solução A e 5 mL da Solução B). Preparou-se, assim a primeira diluição decimal (10^{-1}), sendo que 1 mL da mesma corresponde a 0,1 mL da amostra; procedendo nesta seqüência de diluições até que fossem obtidas as diluições desejadas (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , ...) (Figura 15).

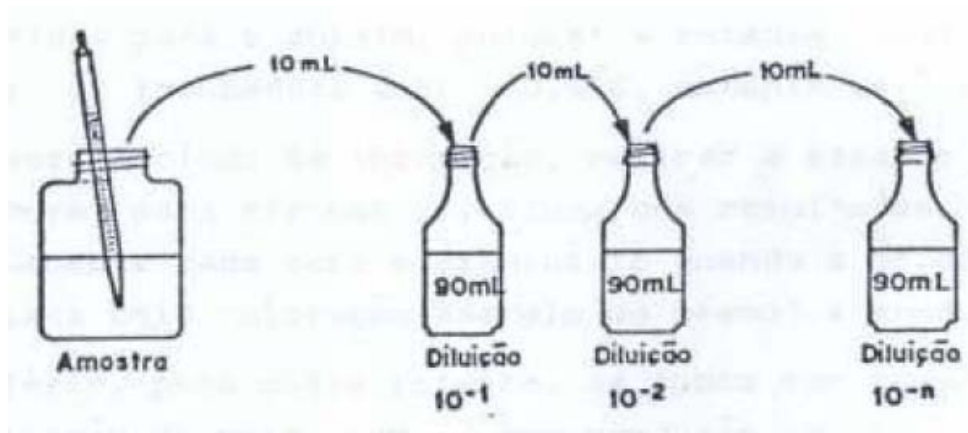


Figura 15. Preparo das diluições decimais (Fonte: CETESB, 1993)

O meio de cultura denominado *Colilert*[®], foi preparado diluindo um frasconete à 100 mL da solução tampão, a amostra foi vedada e agitada até que o reagente dissolvesse, cerca de 25 vezes. Foi utilizado uma seqüência de 5 tubos de ensaio com tampa para a realização das diluições, sendo que em cada tubo foi colocado 10 mL do meio de cultura.

Com uma pipeta de 5 mL foi inoculado 1 mL da amostra em cada um dos tubos correspondentes a essa quantidade de inoculo. Após a inoculação de todos os volumes da amostra e/ou das diluições requeridas para o exame, a estante contendo os tubos inoculados foi armazenada em estufa de cultura $35 \pm 0,5$ °C, durante 24 ± 2 horas. Após esse período foi realizada a leitura dos resultados, observando-se a coloração amarela, indicativa do desenvolvimento de Coliformes Totais e para a observação de *Escherichia coli* foi utilizado uma lâmpada UV de 6W de potência e 365 nm de comprimento de onda para a confirmação de fluorescência (Figura 16).

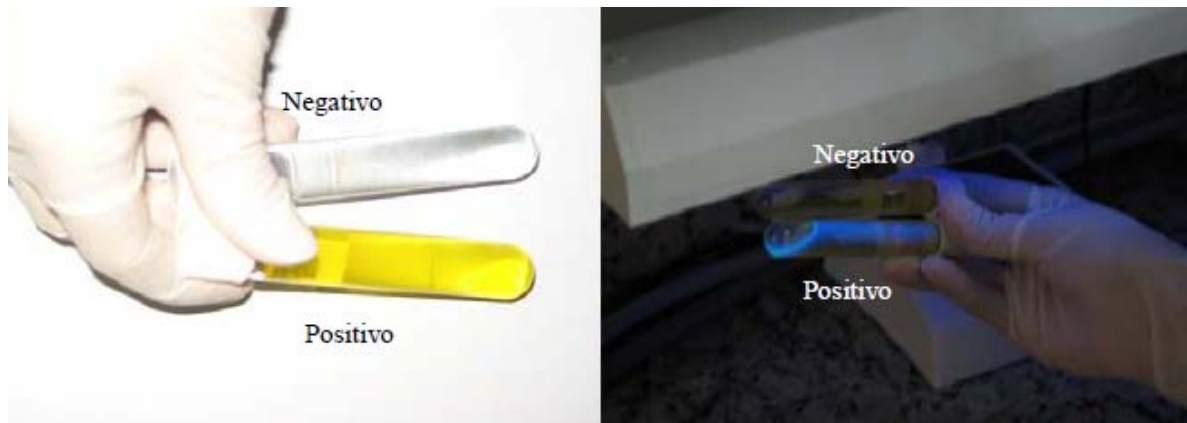


Figura 16. Leitura de Coliformes totais e fecais pelo Método *Colilert*® após 24 horas de incubação
(Fonte: Tonani, 2007)

É importante destacar que as bactérias não pertencentes ao grupo coliformes, tais com espécies do gênero *Aeromonas* e *Pseudomonas*, não produzem uma resposta positiva neste teste, a menos que estejam presentes em densidades superiores a 10^4 unidades formadoras de colônias m/L (APHA, 1998).

- Análise Parasitológica

Após a coleta, as amostras foram homogeneizadas lentamente e filtradas com auxílio de um funil e uma gaze cirúrgica, dobrada quatro vezes. A amostra foi deixada em repouso

para sedimentação durante um período de 2 a 24 horas. Após o período de sedimentação, foi coletada uma porção de 1 mL do material sedimentado com auxílio de uma pipeta de Pasteur, o qual foi depositado sobre uma lâmina e corado com uma gota de solução de lugol.

A leitura foi realizada com auxílio de um microscópio óptico, com aumento de 100 e 400 vezes (Nikon Eclipse E200). A análise quantitativa foi realizada através da utilização da câmara de Sedgwick – Rafter (Figura 17). Foi colocado 1 mL da amostra com pipeta de Pauster, evitando a formação de bolhas de ar. Antes do início da contagem, a amostra ficou em repouso durante 5 minutos para decantação. A contagem foi feita por campos, cada um corresponde à área do retículo de Whipple. Após a contagem foi realizado o seguinte cálculo para obter o resultado em microrganismos por mililitro de amostra:

$$\text{N}^\circ \text{ microrganismos/mL} = \frac{C \times 1000 \text{ mm}^3/\text{mL}}{A \times D \times F}$$

Onde: C=número de microrganismos contados; A=área de um campo (mm^2); D=profundidade de um campo – 1mm; F= número de campos contados (APHA, 1998).



Figura 17. Câmara de Sedgwick – Rafter

- Leitura do pH e temperatura

Foi realizado a leitura do pH e temperatura nas amostras de solo e água de irrigação coletadas, sendo utilizado um pHmetro com eletrodo combinado (modelo 206 – Digital Instruments).

- Leitura de Cloro Residual Livre

Para a leitura de cloro residual livre das águas de irrigação foi utilizado Kit Medidor de Cloro Livre & Cloro Total Gama Alta (HI 93734 – Hanna Instruments).

- Leitura da Demanda Bioquímica de Oxigênio

A leitura da DBO nas amostras de água de irrigação foram realizadas através de um aparelho DBO Trak (Hach, 26197.00), sendo realizadas três leituras de DBO, devido ao tempo requerido para a referida análise.

3.5 Análise dos resultados

Como guia de referência para a análise dos resultados foi utilizada a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005), a Portaria CVS n° 21 de 19/12/1991 (BRASIL, 1991), o Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2001) e parâmetros recomendados pela Environmental Protection Agency (EPA, 2004).

- **Resolução CONAMA n° 357/2005** - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU: 18/03/2005 (Tabela 2).
- **Portaria CVS n.21 de 19 de dez. de 1991**- Disciplina o padrão bacteriológico das águas de irrigação de plantações de hortaliças e frutas rasteiras. De acordo com esta portaria a água usada para a irrigação de plantações de hortaliças e frutas rasteiras não

poderá conter uma concentração superior a 1000 coliformes fecais em 100 mL de amostra.

Tabela 2. Limites recomendados para águas de irrigação

Parâmetros	CONAMA 357/2005	EPA (2004)	
		Uso a longo prazo	Uso a curto prazo
Cádmio	0,001 mg/L	0,01 mg/L	0,05 mg/L
Chumbo	0,01 mg/L	5,0	10,0
Cobre	0,009 mg/L	0,2 mg/L	5,0 mg/L
Cromo	0,05 mg/L	0,1 mg/L	1,0 mg/L
Manganês	0,1 mg/L	0,2 mg/L	10,0 mg/L
Mercúrio	0,0002 mg/L	————	————
Zinco	0,18 mg/L	2,0 mg/L	10,0 mg/L
DBO	5 mg/L	————	————
Ph	6 a 9	6	6
Coliformes termotolerantes	1000 colif. term/100ml	————	————
Cloro Residual Livre	————	<1 mg/L	

Fontes: Tabela adaptada CONAMA 357/2005 (BRASIL. CONAMA, 2005) e EPA (2004).

Para a análise estatística dos resultados obtidos foi utilizado Programa Estatístico Graph Pad Prism (Version 3,02 for Windows, Graph Pad Software, San Diego, CA, USA), através do teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis. Para verificar se houve diferença entre os tipos de irrigação foi realizado o Teste de Comparações Múltiplas. O nível de significância utilizado foi $\alpha = 0,05$ (ZAR, 1990).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo foram caracterizados e quantificados enteroparasitas, coliformes totais, coliformes fecais e analisados os níveis de metais pesados em culturas de alface e rúcula submetidas a três diferentes tipos de irrigação. Os resultados das análises, tanto da água de irrigação quanto das hortaliças são apresentados a seguir.

4.1 Águas utilizadas na irrigação das hortaliças

O uso de efluente doméstico na irrigação de diversas culturas é comumente praticado em todo o mundo (SCOTT et al., 2004). Tal fato, se deve tanto à crescente escassez de água que assola muitos países, quanto ao teor nutritivo do esgoto e economia deste tipo de tratamento (HAMILTON et al., 2006), pois a utilização do esgoto na irrigação diminui ou substitui o uso de adubos e fertilizantes, evitando que os mesmos sejam lançados nos cursos de água, o que resultaria na contaminação das mesmas.

Para cada tipo de irrigação foram confeccionados três canteiros em duplicata, sendo que cada um foi submetido a um diferente tipo de irrigação: o primeiro irrigado com efluente tratado/clorado à 0,2 mg/L de cloro, o segundo com efluente tratado, e o terceiro com água potável (Figura 9). Os dados referentes à análise parasitológica e bacteriológica, bem como os parâmetros físico-químicos constam na Tabela 3.

Tabela 3. Frequência de parasitas, coliformes e parâmetros físico-químicos das águas de irrigação

Águas de Irrigação	Parasitas (n° de parasitas/mL)						Coliformes (NMP/100mL)		pH	°C	CRL* (mg/L)
	Larva de nematóide	Entamoeba coli	Enterobius vermicularis	Hymenolepis nana	Ascaris lumbricóides	Schistosoma mansoni	Totais	Fecais			
Efluente Tratado/Clorado	0	0	0	3	0	1	<2x10 ⁴	<2x10 ⁴	6,98	25,4	0,5
	7	0	0	6	1	0	13x10 ²	<2x10 ²	6,97	25,3	0,39
	13	0	0	5	0	0	<2x10 ²	<2x10 ²	6,65	21,0	0,47
	5	0	0	0	1	0	20	<20	6,71	21,1	0,47
	23	0	0	9	0	0	16x10 ⁴	3x10 ⁴	7,3	21,8	0,39
	14	0	1	15	0	0	40	<20	7,07	21,8	0,24
	6	0	0	5	0	0	5x10 ²	<20	7,17	22,0	0,37
	23	1	0	5	0	0	80	<20	7,08	23,5	0,55
	1	0	0	5	0	0	3x10 ³	40	7,22	23,5	0,37
	7	0	0	2	0	0	23x10 ²	<20	6,93	21,2	0,5
Efluente Tratado	5	0	2	4	1	0	11x10 ⁵	8x10 ⁵	6,89	25,8	-----
	16	0	1	9	2	0	4x10 ⁵	4x10 ⁵	6,95	26,1	-----
	7	0	0	7	2	0	3x10 ⁵	5x10 ⁴	6,83	20,8	-----
	4	0	0	1	3	0	8x10 ⁴	17x10 ⁴	6,67	21,1	-----
	34	0	1	15	0	0	5x10 ⁶	8x10 ⁵	7,21	22,3	-----
	16	2	0	36	2	0	13x10 ⁵	3x10 ⁵	7,01	22,0	-----
	13	0	0	5	0	0	5x10 ⁵	13x10 ⁴	7,19	21,0	-----
	10	0	0	2	0	0	3x10 ⁶	13x10 ⁵	7,03	22,6	-----
	2	2	0	2	0	0	7x10 ⁶	8x10 ⁵	7,18	23,2	-----
	4	0	0	0	0	0	13x10 ⁵	13x10 ⁴	6,93	21,2	-----
Água Potável	0	0	0	0	0	0	<20	<20	6,1	25,6	0,12
	0	0	0	0	0	0	20	<20	5,9	25,2	0,21
	0	0	0	0	0	0	20	<20	5,52	21,2	0,2
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	5,38	21,0	0,2
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	5,97	21,0	0,27
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	6,18	21,6	0,08
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	6,27	21,9	0,46
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	5,78	21,7	0,2
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	5,91	22,1	0,19
	0	0	0	0	0	0	<20	<20	5,78	21,2	0,11

*Cloro Residual Livre

- Análise parasitológica das águas de irrigação

Os resultados evidenciaram a presença de *Hymenolepis nana*, *Enterobius vermicularis*, Larva de nematóide, *Ascaris lumbricóides*, *Schistosoma mansoni* e *Entamoeba coli* no efluente tratado/clorado utilizado para irrigação, todos esses parasitas, com exceção do *Schistosoma mansoni*, também foram encontrados no efluente tratado. Embora a cloração do efluente tenha diminuído o número de parasitas, quando comparado o efluente tratado/clorado com o efluente tratado não se obteve diferença estatisticamente significativa no número de parasitas encontrados nas amostras analisadas. Na amostras de água potável não foi verificada a presença de estruturas parasitárias (Figura 18).

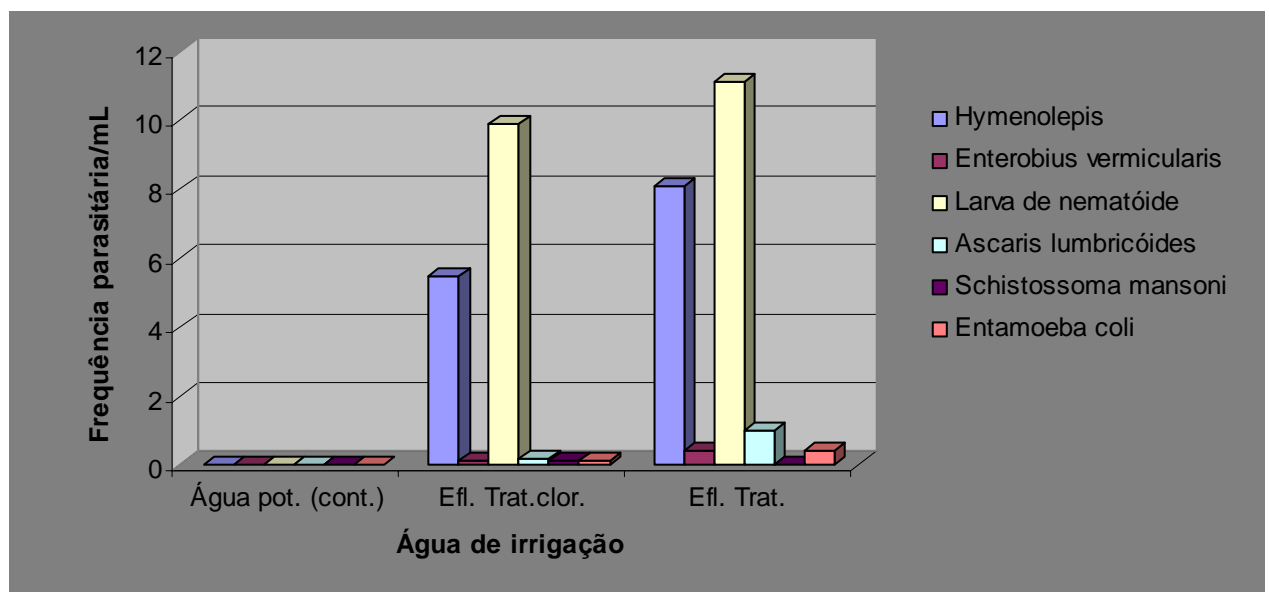


Figura 18. Frequência parasitária nas águas de irrigação

Na Figura 18, pode ser observada uma maior prevalência de Larvas de nematóide e *Hymenolepis nana* no efluente tratado/clorado e efluente tratado utilizado na irrigação das hortaliças, no entanto, cabe destacar a identificação de parasitas como *Ascaris lumbricóides* e *Schistosoma mansoni* (Figura 19), os quais, apesar de identificados em menor frequência, merecem atenção especial sob o ponto de vista da saúde pública.

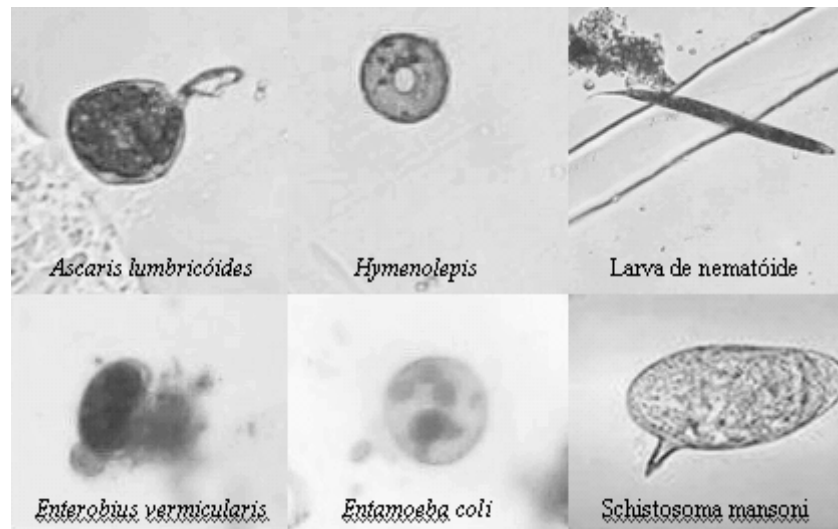


Figura 19. Estruturas parasitárias encontradas nas águas de irrigação

Em Faisalab, Paquistão, foi verificada a presença de *Ascaris lumbricoides*, *Escherichia coli*, *Trichuris trichiura*, *Hymenolepis nana* e *Taenia solium* em efluente doméstico não tratado utilizado na irrigação de hortaliças (ENSINK et al., 2007).

No município de Ribeirão Preto, Brasil, verificou-se a presença de *Ascaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Hymenolepis* e Larvas de nematóide no efluente não tratado e tratado da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto; supondo que as águas residuárias podem ser consideradas um nicho na transmissão desses agentes parasitários, uma vez que os mesmos sobrevivem em condições extremas de poluição hídrica (TONANI, 2008).

A WHO (1989) estabelece que as águas de irrigação devem conter ≤ 1 ovo de nematóide/L, os dados obtidos neste trabalho evidenciaram que no efluente tratado/clorado e no efluente tratado, o número de parasitas superam o limite máximo permitido, sendo necessário que se adote medidas criteriosas quanto ao uso do efluente na irrigação.

A presença de estruturas parasitárias no efluente tratado/clorado e efluente tratado utilizados na irrigação das hortaliças pode ocasionar perigosas infecções, no entanto, deve-se

considerar a presença de outros agentes potencialmente patogênicos como vírus, bactérias e outros tipos de parasitas, os quais não foram investigados neste trabalho.

A cloração da água promove a destruição ou inativação de organismos patogênicos e de outros organismos indesejáveis, os quais podem sobreviver na água por várias semanas. Porém, a sobrevivência desses organismos depende de fatores como temperatura, pH, turbidez, oxigênio, nutrientes, competição com outros microorganismos, resistência a substâncias tóxicas, habilidade na formação de esporos, dentre outros (MEYER, 1994).

De acordo com os dados referentes à análise da DBO e do pH, pode-se constatar que a cloração do efluente tratado foi eficaz para a redução da DBO de 7.47 para 4.57 mg L⁻¹ (Tabela 4), e diminuição do número de estruturas parasitárias do efluente tratado/clorado em relação ao efluente tratado.

Quando a água utilizada para a irrigação apresenta pH muito ácido ou básico, podem ocorrer sérios problemas de nutrição e toxicidade para as plantas, bem como problemas de corrosão e incrustação nos sistemas de irrigação (DUARTE, 2006). A média dos resultados de pH obtidos nas análises do efluente tratado/clorado e efluente tratado se revelaram acima dos parâmetros recomendados pela EPA (2004), no entanto, se apresentam dentro do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 4), portanto o pH das águas de irrigação não interferiu na nutrição e desenvolvimento da alface e da rúcula.

Tabela 4. Média dos parâmetros físico-químicos das águas de irrigação e limites máximos recomendados pelas normas regulamentadoras CONAMA 357/2005 e EPA (2004)

Água de irrigação	pH	Temperatura (em °C)	DBO* (em mg L ⁻¹)	Cloro Residual Livre (em mg L ⁻¹)
Água pot. (cont.)	5.88	22.18	1.83	0.20
Efl. Trat/Clor.	7.00	22.66	4.57	0.43
Efl. Trat.	6.99	22.61	7.47	-----
Normas				
CONAMA 357/2005	6 a 9	-----	5.00	-----
EPA (2004)	6.00	-----	-----	< 1.00

*Média corresponde a três valores obtidos

Países tropicais, com temperaturas entre 20 e 23°C, propiciam a reprodução de enteroparasitas nas águas, no entanto, muitos deles, podem sobreviver por várias semanas e até por meses em temperaturas próximas ou inferiores a 21°C (MEYER, 1994). A elevação da temperatura reduz a concentração de oxigênio dissolvido na água, interferindo nas reações bioquímicas e nas atividades dos microorganismos que promovem a degradação da matéria orgânica presente no esgoto, principalmente os de origem doméstica (DUARTE, 2006). A temperatura verificada tanto no efluente tratado/clorado, quanto no efluente tratado e água potável (Tabela 4) apresentou-se dentro do esperado para países tropicais, como o Brasil. Apesar de indicar um ambiente favorável à reprodução de parasitas devem ser considerados outros fatores como o tipo de parasita e o método de tratamento do esgoto.

- Concentração de coliformes totais e coliformes fecais das águas de irrigação

Nas amostras de água potável utilizadas para a irrigação do grupo controle, verificaram-se concentrações de coliformes totais e fecais inferiores à 20 NMP/100 mL (Tabela 3), constatando a eficácia do tratamento de água para consumo humano no município de Ribeirão Preto.

A concentração de coliformes totais e fecais do efluente tratado apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) quando comparado com os dados obtidos do efluente tratado/clorado e da água potável, pode-se, portanto, presumir que a cloração do efluente tratado promoveu a diminuição da concentração de coliformes totais e fecais das amostras analisadas (Figura 20 e 21), sendo que no efluente tratado constataram-se valores máximos de coliformes totais e fecais de 7×10^6 e 13×10^5 NMP/100 mL, respectivamente. Valor semelhante foi verificado em Faisalab, Paquistão, sendo encontradas concentrações de coliformes fecais de $1,8 \times 10^7$ NMP/100 mL no efluente não tratado utilizado na irrigação de diversas culturas (ENSINK et al. 2007).

Diversos estudos sugerem que o tratamento do esgoto, atrelado à cloração do efluente diminuem a concentração de coliformes fecais na água, minimizando os riscos associados à presença de outros microorganismos potencialmente presentes nessas águas (YOUN-JOO et al., 2007; ASANO et al., 1998; TANAKA et al., 1998).

Os resultados de coliformes fecais referentes ao efluente tratado/clorado e água potável mostraram-se, no geral, dentro do limite máximo permitido pela Portaria CVS n.21 de 19 de dez. de 1991 (Figura 21), a qual estabelece que as águas de irrigação não devem conter uma concentração superior a 1000 coliformes fecais em 100 mL de amostra.

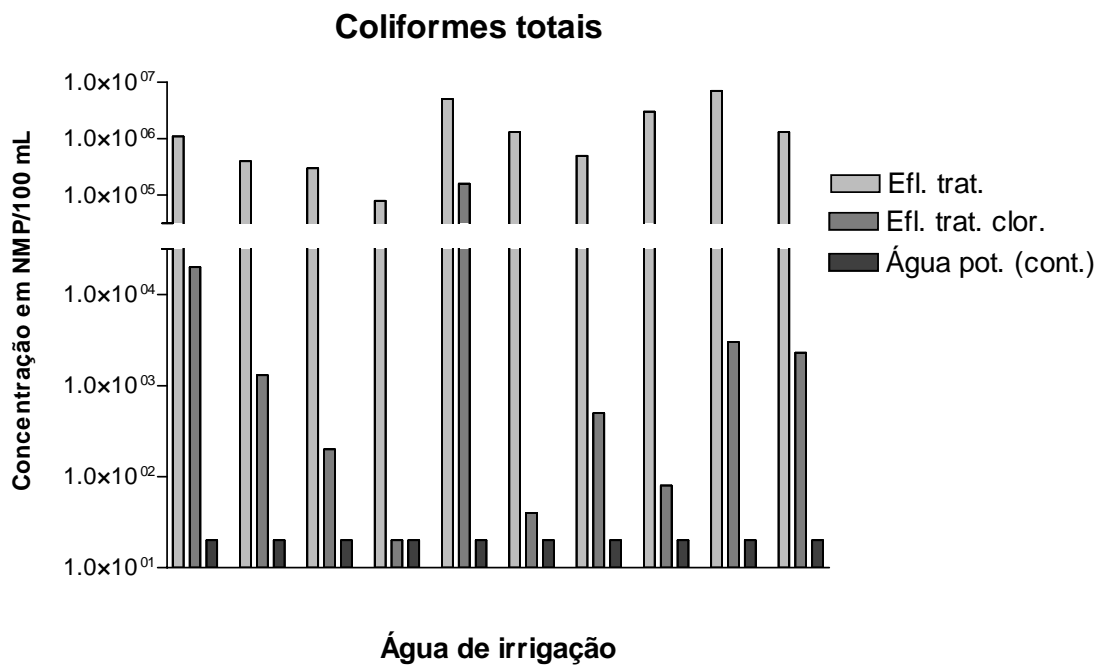


Figura 20. Concentração de coliformes totais nas águas utilizadas para a irrigação das hortaliças

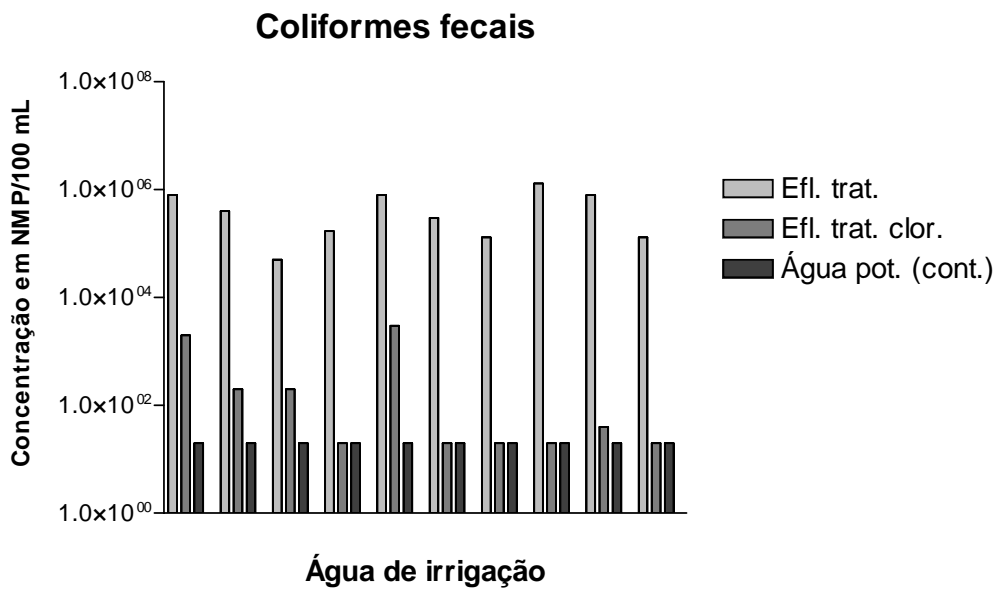


Figura 21. Concentração de coliformes fecais nas águas utilizadas para a irrigação das hortaliças

Em três cursos de água utilizados para irrigação em Viçosa, MG, Brasil, foram encontradas concentrações de coliformes fecais entre $1,5 \times 10^3$ e $1,8 \times 10^4$ NMP/100 mL (BASTOS & PERIN, 1995), na Paraíba, Brasil, também foi observado que as águas utilizadas para a irrigação de hortaliças em cinco hortas apresentavam concentração de coliformes fecais muito acima do limite máximo permitido (BARROS, 1999). Esses resultados superam os valores encontrados no efluente tratado/clorado utilizado na irrigação da alface e rúcula, pode-se, portanto, inferir que o efluente tratado/clorado apresenta melhores condições de utilização na irrigação de culturas que muitos outros cursos de água existentes no país, os quais recebem, muitas vezes, descargas clandestinas de esgotos domésticos e industriais. Muitos cursos de água permanecem sem uma adequada fiscalização dos órgãos gestores, e são, na maioria das vezes, utilizados indiscriminadamente pelos ribeirinhos, podendo expor a riscos maiores a população adscrita.

4.2 Hortaliças

A utilização de efluentes domésticos na irrigação de diversas culturas visa promover uma atividade sustentável, tendo em vista a carência de alimentos em diversas partes do mundo, e a crescente degradação dos recursos hídricos (DUARTE, 2006).

São apresentados a seguir os resultados referentes à análise de parasitas, coliformes totais e fecais, tamanho e peso da alface e rúcula (Tabela 5 e 6), tais hortaliças foram obtidas em três canteiros distintos, confeccionados em replicata, sendo cada um submetido a um diferente tipo de irrigação (Figura 9).

Tabela 5. Frequência de parasitas, coliformes, tamanho e peso das amostras de alface

Amostras de Alface	Parasitas (n° de parasitas/mL)				Coliformes (NMP/100 mL)		Comp. (cm)	Larg. (cm)	Peso (gramas)
	Larva de nematóide	Entamoeba coli	Enterobius vermicularis	Hymenolepis nana	Totais	Fecais			
Irigada com Efluente Tratado/ Clorado	2	0	0	0	11x10 ²	<2x10 ²	14,50	15,83	130,91
	8	0	0	0	17 x10 ⁴	2 x10 ²	15,83	17,00	153,08
	4	0	0	0	3 x10 ⁴	<2 x10 ²	12,83	15,66	120,34
	1	1	1	0	8 x10 ⁴	<2 x10 ²	15,83	17,83	162,97
	1	0	0	0	13 x10 ⁴	<2 x10 ²	14,50	17,16	202,56
	0	0	0	0	3 x10 ⁴	<2 x10 ²	16,83	15,83	205,62
	2	0	0	0	8 x10 ⁴	<2 x10 ²	13,83	14,83	157,45
	2	1	0	0	8 x10 ²	<2 x10 ²	13,33	16,00	94,44
	0	0	0	0	11 x10 ⁴	<2x10 ³	13,33	16,16	232,02
	0	0	0	0	3x10 ⁵	<2 x10 ³	14,50	19,00	183,25
	4	0	0	0	3 x10 ⁵	<2 x10 ²	15,16	18,00	178,45
	6	0	0	0	23 x10 ³	<2 x10 ²	15,33	16,66	186,28
	Irigada com Efluente Tratado	5	0	0	0	28 x10 ⁴	13 x10 ²	14,83	16,83
4		0	0	0	33 x10 ³	13 x10 ²	16,16	20,66	191,36
3		0	0	0	5 x10 ⁵	14 x10 ²	17,16	20,50	241,43
1		0	0	0	3 x10 ⁵	5 x10 ³	14,16	19,00	184,44
4		0	0	0	3x10 ⁶	2 x10 ³	17,33	20,66	226,58
0		0	0	0	17x10 ⁵	4 x10 ³	15,50	18,33	207,26
3		0	0	0	9 x10 ⁶	2 x10 ³	16,66	20,50	226,23
1		0	0	1	3 x10 ⁵	<2 x10 ³	17,83	21,16	241,68
2		0	0	0	8 x10 ⁵	3x10 ⁴	18,33	22,83	377,01
0		1	0	0	3 x10 ⁵	2 x10 ²	17,00	18,83	210,59
4		0	0	0	5 x10 ⁶	<2 x10 ³	17,66	21,16	346,41
1	0	0	0	23 x10 ⁴	2 x10 ³	16,16	21,83	330,83	
Irigada com Água Potável	3	0	0	0	3 x10 ⁵	<2 x10 ²	15,33	18,66	174,70
	1	0	0	0	5 x10 ⁵	<2 x10 ²	14,33	17,16	188,85
	3	2	0	0	16 x10 ⁵	<2 x10 ²	14,66	19,16	185,45
	3	0	0	0	16 x10 ⁴	<2 x10 ²	16,33	19,50	215,00
	1	0	0	0	14 x10 ⁴	<2 x10 ³	15,83	20,16	241,67
	5	0	0	0	<2 x10 ³	<2 x10 ³	15,66	20,16	178,07
	1	0	0	0	24 x10 ⁴	<2 x10 ³	13,83	20,33	177,81
	2	0	0	0	8 x10 ⁵	13 x10 ³	16,33	19,00	204,55
	7	0	0	0	14 x10 ⁵	<2 x10 ³	17,66	19,16	238,83
	8	0	0	0	17 x10 ⁴	<2 x10 ³	15,83	20,00	281,51
	23	0	0	0	13 x10 ⁵	<2 x10 ⁴	15,66	20,00	305,71
2	0	0	0	5 x10 ⁵	<2 x10 ³	17,50	21,33	293,55	

Tabela 6. Frequência de parasitas, coliformes, tamanho e peso das amostras de rúcula

Amostras de Rúcula	Parasitas (n° de parasitas/mL)				Coliformes (NMP/100 mL)		Comp. (cm)	Larg. (cm)	Peso (gramas)
	Larva de nematóide	Entamoeba coli	Enterobius vermicularis	Hymenolepis nana	Totais	Fecais			
Irigada com Efluente Tratado/Clorado	0	0	0	0	17x10 ²	<20	18	6,83	77,08
	0	0	0	0	8x10 ³	20	19,83	6,16	64,17
	1	0	0	0	5x10 ⁴	5 x10 ⁴	20,5	6,33	127,28
	8	1	0	0	8 x10 ³	<20	17,83	8,00	96,05
	1	0	0	0	11 x10 ⁴	<2 x10 ²	26,33	8,00	108,34
	6	0	0	0	22 x10 ³	<2 x10 ²	24,5	7,33	138,21
	3	0	0	1	13 x10 ³	<2 x10 ²	20,00	7,16	113,77
	2	0	0	0	23 x10 ³	2 x10 ²	25,50	8,16	136,38
	0	0	0	0	14 x10 ⁴	<2 x10 ²	25,83	8,50	170,14
	0	0	0	0	5 x10 ⁴	<20	26,66	7,16	132,75
	0	0	0	0	3x10 ⁵	<2 x10 ²	23,00	8,16	131,17
	0	0	0	0	22 x10 ³	<2 x10 ²	22,50	7,83	175,11
Irigada com Efluente Tratado	4	0	0	0	5 x10 ⁴	<2 x10 ³	24,00	8,16	210,68
	1	0	0	0	3 x10 ⁵	<2 x10 ³	25,33	7,50	207,05
	3	0	0	1	11 x10 ⁴	8 x10 ³	19,5	8,66	154,81
	1	0	0	1	8 x10 ³	<2 x10 ²	23,33	8,33	113,13
	0	0	0	0	35 x10 ³	<2 x10 ²	22,33	7,83	114,28
	2	1	0	0	8 x10 ⁴	2 x10 ²	28,33	8,33	225,78
	1	0	0	0	28 x10 ³	<2 x10 ²	24,5	8,33	181,41
	0	0	0	0	5 x10 ⁴	2 x10 ²	22,16	7,00	204,36
	1	0	0	0	16 x10 ⁵	11x10 ³	29,83	8,50	238,95
	1	0	0	0	16 x10 ⁴	<20	23,33	7,50	184,39
	2	0	0	0	5 x10 ⁵	<2 x10 ²	32,83	7,83	259,2
	0	0	0	0	14 x10 ⁴	<2 x10 ²	27,66	9,16	244,28
Irigada com Água Potável	7	0	0	0	11 x10 ³	5 x10 ³	23,33	6,50	198,26
	3	0	0	0	3 x10 ³	<2 x10 ²	23,16	7,16	126,89
	0	0	0	0	16 x10 ⁵	2 x10 ²	22,33	6,83	139,13
	7	0	0	0	5 x10 ⁴	<2 x10 ²	21,50	6,83	89,90
	2	0	0	0	13 x10 ³	<2 x10 ²	26,66	7,66	150,33
	4	0	0	0	3 x10 ⁴	8 x10 ²	24,66	7,33	209,63
	0	0	0	0	5 x10 ⁵	<2 x10 ²	23,66	8,16	147,36
	0	0	0	0	16 x10 ⁴	<2 x10 ²	23,33	6,83	232,69
	0	0	0	0	5 x10 ³	<2 x10 ²	25,33	8,00	182,21
	1	0	0	0	7 x10 ⁴	22 x10 ²	30,00	7,50	266,76
	0	0	0	0	13 x10 ⁴	<2 x10 ²	22,50	8,16	77,51
	0	0	0	0	11 x10 ⁵	<2 x10 ³	27,00	8,33	327,79

- Análise parasitológica das hortaliças

Nas amostras de alface analisadas foi identificada a presença de Larvas de nematóide, *Entamoeba coli*, *Enterobius vermicularis* e *Hymenolepis*, tais parasitas também foram encontrados nas amostras de rúcula, com exceção do *Enterobius vermicularis*.

Tanto na alface quanto na rúcula, foi verificado uma maior ocorrência de Larvas de nematóide, no entanto não houve diferença estatisticamente significativa entre o número de parasitas e o tipo da água de irrigação utilizada. Portanto, o número de estruturas parasitárias obtidas com as hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado e efluente tratado não divergiu dos resultados encontrados para as hortaliças irrigadas com água potável.

Também, não foi verificado existência de correlação entre o peso das hortaliças e o número de parasitas. Verifica-se que não foram encontrados ovos de *Ascaris lumbricoides* e *Schistosoma mansoni* nas amostras analisadas, os quais foram observados no efluente tratado/clorado e efluente tratado utilizados na irrigação das hortaliças.

Embora o *Ascaris lumbricoides* e o *Schistosoma mansoni* não tenham sido encontrados nas hortaliças analisadas deve-se considerar a patogenicidade desses parasitas, os quais podem causar, respectivamente, a ascaridíase e a esquistossomose, causando graves infecções em indivíduos suscetíveis.

Em Ribeirão Preto, SP, Brasil, Takayanagui et al. (2001), verificou contaminação por enteroparasitas em 33% das amostras de alface analisadas, dentre os parasitas encontrados destacam-se *Entamoeba coli*, ancilostomídeos, *Ascaris lumbricoides*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*, *Hymenolepis nana* e *Toxocara*. Esse percentual de contaminação das alfaves analisadas por Takayanagui et al. (2001), cujos pontos de coleta foram feiras-livre, sacolões, supermercados e quitandas, poderia ser ainda maior, pois sabe-se que muitos

lugares, antes da venda, fazem um enxágüe das hortaliças para retirar a sujidade, o que pode diminuir a concentração de parasitas.

Em Florianópolis, SC, Brasil, na alface e rúcula comercializadas no varejo, verificou-se elevado grau de contaminação por Larvas de nematóide, *Entamoeba coli*, *Enterobius vermicularis*, *Hymenolepis nana* e outros parasitas, sendo que o percentual de contaminação foi de 60% e 56%, respectivamente (SOARES et al. 2006). Tais resultados estão próximos dos encontrados nas hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado (Tabela 5 e 6), sugere-se, então, que outros fatores, além da qualidade da água utilizada na irrigação, podem influenciar na contaminação das hortaliças, como transporte, manuseio e conservação das mesmas.

Tendo em vista que a água potável, utilizada para a irrigação das hortaliças, não apresentou nenhuma estrutura parasitária e que as hortaliças irrigadas com água potável apresentaram presença de estruturas parasitárias, presume-se que a contaminação das mesmas pode ter ocorrido por meio do solo, dos ventos e insetos do ambiente.

Os enteroparasitas podem causar obstrução intestinal (*Ascaris lumbricóides*), desnutrição (*Ascaris lumbricóides* e *Trichuris trichiura*), anemia por deficiência de ferro (ancilostomídeos) e quadros de diarréia e má absorção (*Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*), sendo as manifestações clínicas usualmente proporcionais à carga albergada pelo indivíduo (BRASIL, 2005). Infecções causadas por *Cryptosporidium* e *Giardia Lamblia* podem causar quadros de diarréia persistente podendo acarretar sérias conseqüências sobre o estado nutricional e desenvolvimento físico e mental, principalmente de crianças (BRASIL, 2005).

Sendo assim, torna-se de extrema importância o monitoramento das hortaliças, o qual não deve ser pautado somente no tipo de irrigação empregado, tendo em vista outros fatores que podem levar à contaminação dessas hortaliças, desde o plantio até a mesa do consumidor,

como se verifica em vários trabalhos existentes na literatura (SOUTO, 2005; PAULA et al., 2003; TAKAYANAGUI et al., 2001).

- Concentração de coliformes totais e coliformes fecais das hortaliças

Nas amostras de alface e rúcula irrigadas com efluente tratado/clorado, foi verificado, no geral, variação da concentração de coliformes fecais de <200 a <2000 NMP/100 mL (Tabela 5 e 6). Não houve diferença estatisticamente significativa entre o número de coliformes fecais das hortaliças submetidas aos diferentes tipos de tratamento, embora as hortaliças irrigadas com efluente tratado tenham apresentado valores maiores de coliformes totais e fecais (Figura 22, 23, 24 e 25).

A análise de correlação entre o número de coliformes totais e fecais e o peso das hortaliças não seguiu uma distribuição uniforme, sendo assim não se pode afirmar que houve aumento ou diminuição do número de coliformes de acordo com o peso da hortaliça (Tabela 7).

Pode-se observar que, mesmo as hortaliças irrigadas com água potável apresentaram contaminação por matéria de origem fecal, o qual foi proveniente do meio ambiente, tendo em vista que as concentrações de coliformes totais e fecais foram inferiores à 20 NMP/100 mL na água potável utilizada na irrigação do grupo controle.

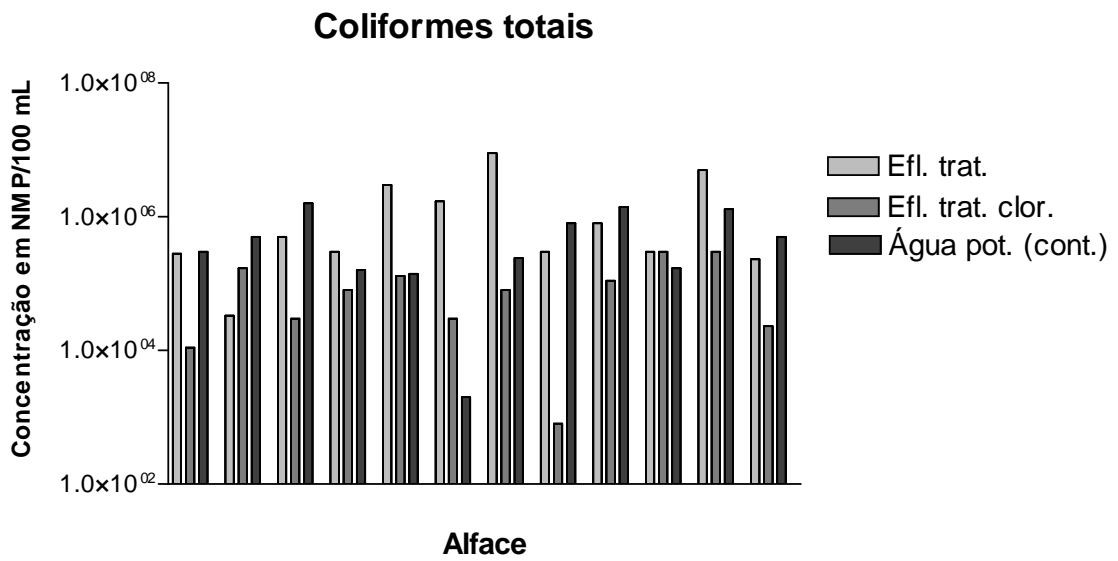


Figura 22. Concentração de coliformes totais nas amostras de alface

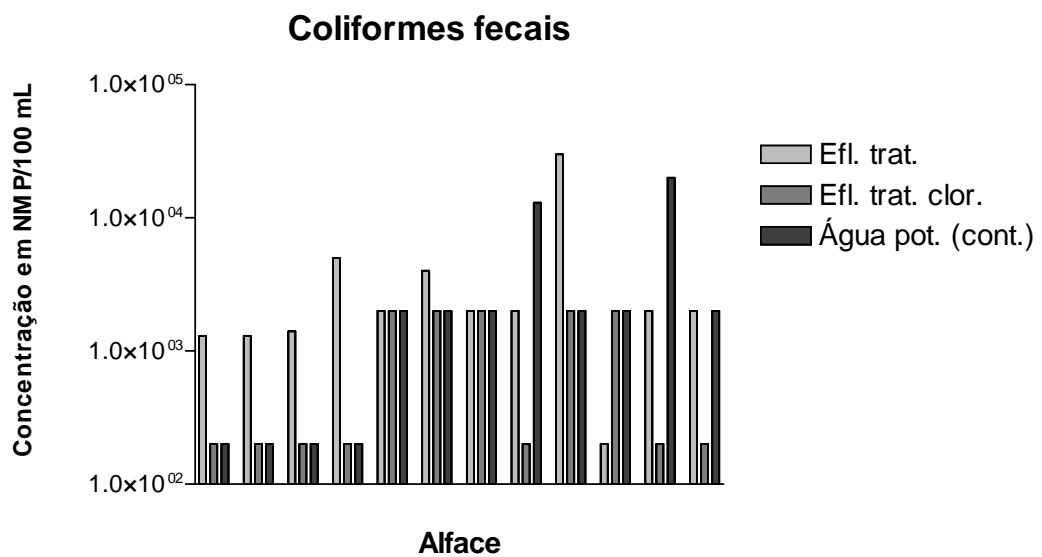


Figura 23. Concentração de coliformes fecais nas amostras de alface

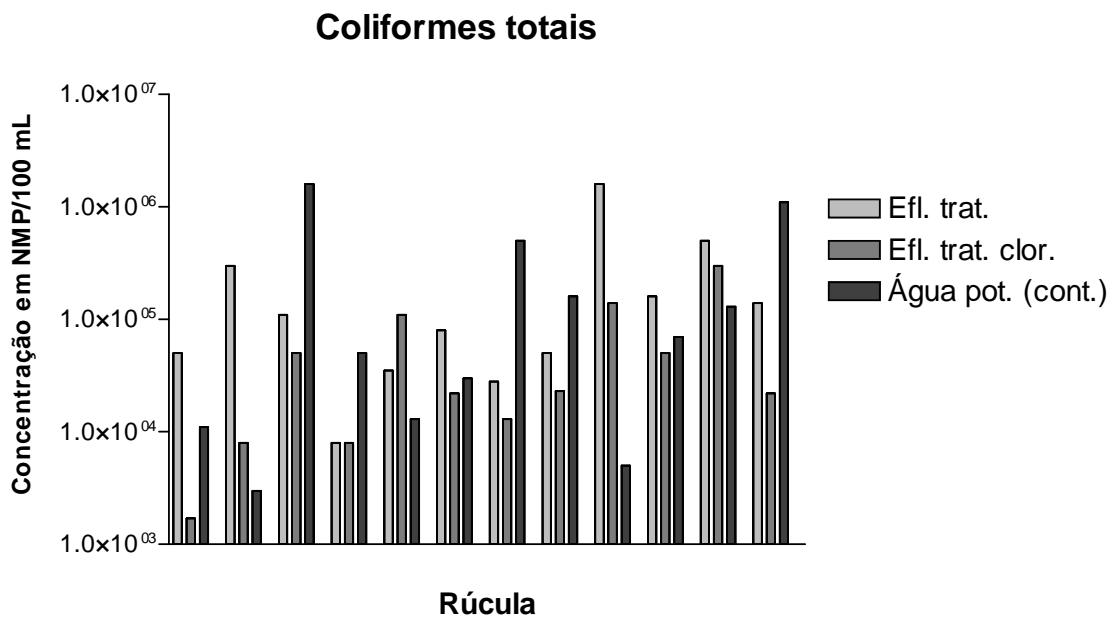


Figura 24. Concentração de coliformes totais nas amostras de rúcula

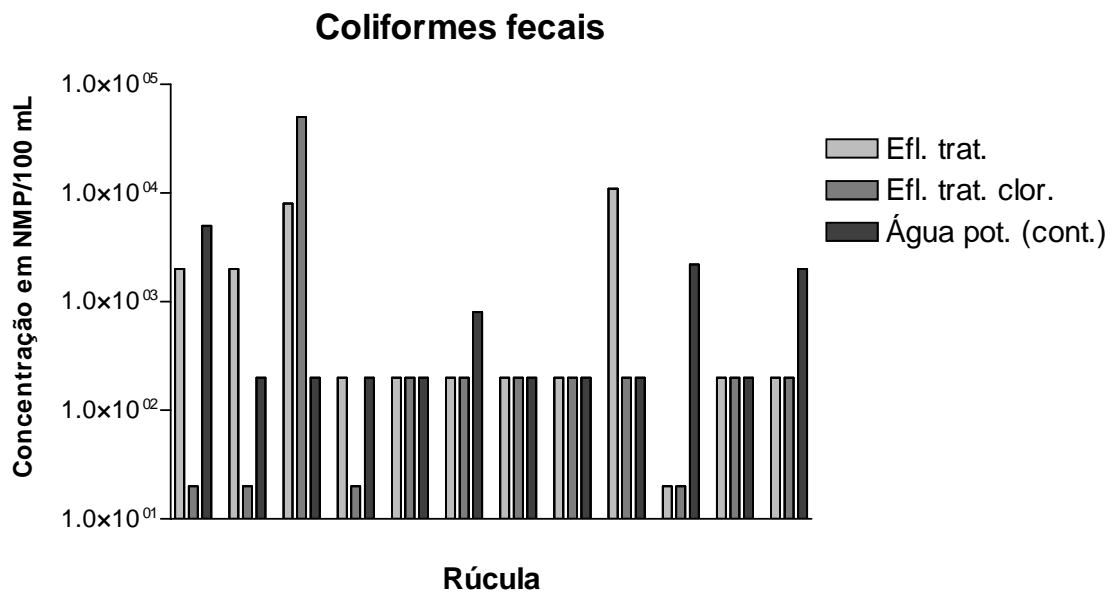


Figura 25. Concentração de coliformes fecais nas amostras de rúcula

Tabela 7. Correlação entre o número de coliformes totais e fecais e o peso da hortaliça

ALFACE		RÚCULA	
Irrigada com Efluente Tratado			
Colif. Totais	Colif. Fecais	Colif. Totais	Colif. Fecais
r=0.1408	r=0.1271	r=0.6200	r=0.1055
NS	NS	S	NS
Irrigada com Efluente Tratado/Clorado			
r=0.3902	r=0.6610	r=0.5132	r=0.5103
NS	S	NS	NS
Irrigada com Água Potável			
r=0.2172	r=0.4799	0.1399	r=0.6823
NS	NS	NS	S

No Brasil, principalmente em cidades mais afastadas dos grandes centros comerciais, é comum a existência de pequenas hortas que não passam por nenhum tipo de fiscalização, cujo plantio de legumes e verduras acontece em âmbito familiar e a distribuição desses produtos abastece somente o comércio local. Muitos desses horticultores preparam o solo com dejetos de animais, devido à alta eficácia e aumento da produtividade, tal prática pode levar à contaminação dos legumes e verduras por matérias de origem fecal, propiciando a ocorrência de enteroparasitoses nos consumidores locais.

Em um estudo realizado em Ghana, África, foram encontrados níveis de coliformes fecais superiores à $1,5 \times 10^5$ NMP/100 mL em amostras de alface irrigadas com efluente não tratado (KERAITA et al., 2007). Em Lavras, MG, Brasil, verificou-se alto índice de contaminação de coliformes fecais em alfaces comercializadas em sacolões, feiras-livres e supermercados, sendo respectivamente $3,8 \times 10^5$, $8,6 \times 10^5$ e $3,2 \times 10^5$ NMP/100 mL (GUIMARÃES et al., 2003).

Tais valores superam os encontrados nas alfaces irrigadas com efluente tratado/clorado, cujo valor máximo obtido foi de $<2 \times 10^3$ NMP/100 mL. Em Ribeirão Preto, SP, Brasil, também foram encontrados altos níveis de coliformes fecais em amostras de alface

e almeirão, mesmo após implantação de um sistema de fiscalização de hortas (TAKAYANAGUI et al., 2007).

4.3 Metais Pesados

Os metais pesados possuem efeito bioacumulativo, em concentrações elevadas podem ocasionar riscos tanto ao desenvolvimento das plantas, bem como à saúde humana (SEGURA-MUÑOZ et al., 2006), as principais vias de exposição do homem são o consumo de água e vegetais (CETESB, 2001). Neste trabalho foi avaliada a concentração de metais pesados no solo, águas de irrigação (efluente tratado, efluente tratado/clorado e água potável), bem como na alface e rúcula, os dados constam nos Anexos A, B, C e D, respectivamente, os resultados obtidos são apresentados a seguir.

- Níveis de metais pesados no solo de cultivo

A dosagem dos níveis de metais pesados foi realizada no solo de cada canteiro, sendo três no total, os quais foram confeccionados em réplica (Figura 9). As concentrações médias de metais pesados (Anexo A) obtidas se revelam dentro dos valores máximos estabelecidos pelo Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solo e águas subterrâneas do Estado de São Paulo (Tabela 8) (CETESB, 2001).

Tabela 8. Concentração média de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças (em mg kg⁻¹)

Irrigada com água potável					
	Cd	Cu	Cr	Pb	Zn
Média	0.250	38.680	3.430	1.180	31.430
Máximo	0.250	41.250	7.250	1.500	35.500
Mínimo	0.250	35.500	0.500	0.750	27.750
Desvio Padrão	0.000	2.400	2.860	0.370	3.270
Irrigada com efluente tratado/clorado					
Média	0.250	43.750	5.750	1.370	36.560
Máximo	0.250	49.250	8.750	1.750	42.000
Mínimo	0.250	40.500	2.250	0.750	28.500
Desvio Padrão	0.000	4.170	3.020	0.470	5.780
Irrigada com efluente tratado					
Média	0.062	47.310	8.870	4.437	37.810
Máximo	0.250	48.500	11.000	16.750	53.250
Mínimo	0.000	45.500	6.250	0.000	30.750
Desvio Padrão	0.125	1.370	2.020	8.221	10.590
Norma Reguladora					
CETESB (2001)	<0,5 ^a	35 ^a	40 ^a	17 ^a	60 ^a
	10 ^b	100 ^b	300 ^b	200 ^b	500 ^b

^a Valores de Referência^b Valores de Intervenção

De acordo com a análise dos dados não houve correlação significativa ($p < 0.05$) entre os níveis de metais pesados e o pH das amostras de solo.

Os níveis de Cu, Cr, Pb e Zn no solo de plantio das hortaliças irrigadas com efluente tratado mostram-se superiores aos verificados no solo de plantio das hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado (Figura 26, 27 e 28). No entanto, apenas o Cu apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) quando comparado com os solos de plantio das hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado e água potável.

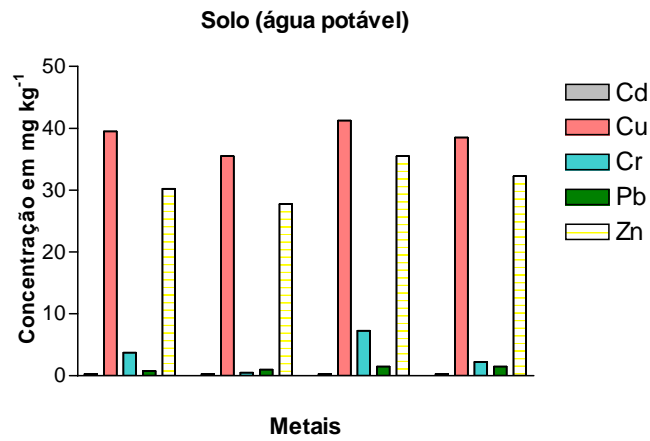


Figura 26. Níveis de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças irrigadas com água potável

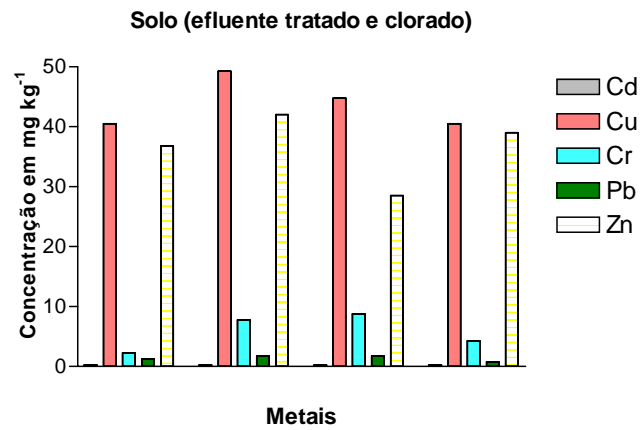


Figura 27. Níveis de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado

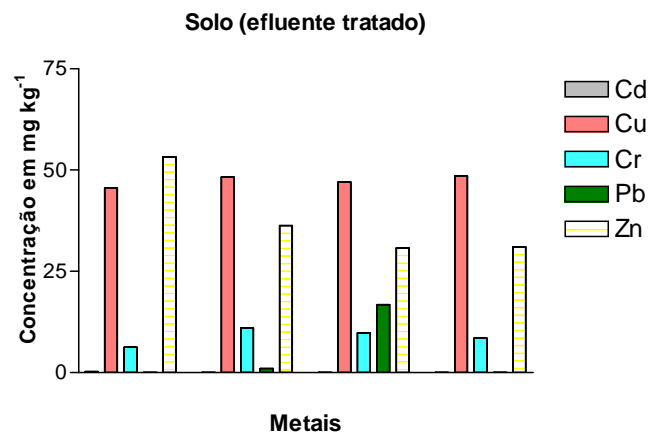


Figura 28. Níveis de metais pesados no solo de cultivo das hortaliças irrigadas com efluente tratado

Em um estudo realizado na Grécia, foi verificado níveis de Cd, Cu, Cr, Pb e Zn de 0.22, 14.5, 0.14, 13.1 e 12.8 mg kg⁻¹, respectivamente (STALIKAS et al., 1997). Tais valores, apesar de estarem abaixo do limite máximo permitido, indicam que muitos lugares do mundo vêm se preocupando com os efeitos tóxicos à saúde humana decorrentes da exposição excessiva por metais pesados.

Em Ribeirão Preto, SP, Brasil, foi realizado um estudo na área de influência do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos, cujos valores de Cd, Cu, Cr, Pb e Zn superaram os valores estabelecidos pela CETESB (2001) (SEGURA-MUÑOZ, 2002). Os níveis de metais pesados nos solos podem sofrer influência da deposição atmosférica, atividades urbano-industriais e práticas agrícolas (como uso de agroquímicos) (PERIS et al., 2007), portanto a contaminação nesta área pode ser resultante das atividades prévias realizadas nos arredores.

Tendo em vista que os níveis de Cd, Cu, Cr, Pb e Zn no solo dos canteiros analisados encontram-se dentro dos valores máximos permitidos, pode-se inferir ausência de contaminação por metais pesados no solo de plantio das hortaliças. No entanto, outros estudos se tornam necessários para avaliar os mecanismos de transferência do poluente do solo para águas e vegetais, assim como a quantidade de vegetais produzidos e consumidos na área contaminada (CETESB, 2001).

- Níveis de metais pesados nas águas de irrigação

No efluente tratado/clorado, efluente tratado e água potável, foram analisados os níveis de Cd, Cu, Hg, Pb e Zn, os valores médios constam na Tabela 9. Nas análises estatísticas verificou-se diferença estatisticamente significativa entre as concentrações de Zn da água potável ($p < 0.001$) e o efluente tratado/clorado e efluente tratado. Denota-se também, diferença estatisticamente significativa entre a concentração de Cu da água potável ($p < 0.05$) e

do efluente tratado; e entre a concentração de Hg do efluente tratado ($p < 0.001$) e do efluente tratado/clorado.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, todos os metais, com exceção do Zn, encontram-se acima do limite máximo permitido para águas de irrigação de hortaliças consumidas cruas. No entanto, segundo parâmetros recomendados pela EPA (2004), todos os metais, com exceção do Hg, o qual não possui valor máximo estabelecido, encontram-se dentro do limite máximo permitido.

Tabela 9. Concentração média de metais pesados nas águas de irrigação (em mg L^{-1})

Água potável					
	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Média	0.008	0.454	0.001	0.027	0.185
Máximo	0.010	2.765	0.002	0.103	1.012
Mínimo	0.007	0.081	0.000	0.008	0.030
Desvio Padrão	0.001	0.815	0.000	0.027	0.185
Efluente tratado/clorado					
Média	0.007	0.222	0.002	0.026	0.009
Máximo	0.009	0.377	0.003	0.057	0.049
Mínimo	0.005	0.018	0.001	0.002	0.000
Desvio Padrão	0.001	0.111	0.001	0.018	0.017
Efluente tratado					
Média	0.007	0.094	0.001	0.015	0.002
Máximo	0.009	0.255	0.002	0.040	0.023
Mínimo	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
Desvio Padrão	0.001	0.071	0.001	0.014	0.007
Normas Reguladoras					
Conama 357/2005	0.001	0.009	0.0002	0.010	0.180
EPA (2004)	0.050	5.000	-----	10.000	10.000

Observa-se que não houve correlação significativa entre os níveis de metais pesados e o pH das águas de irrigação ($p > 0.05$), portanto, pode-se inferir que o pH não interferiu nos níveis de metais pesados das águas utilizadas na irrigação das hortaliças.

O efluente tratado/clorado apresenta níveis de metais pesados inferiores aos encontrados na água potável analisada, com exceção do Hg (Figura 29,30 e 31). O fato de a água potável apresentar níveis de metais pesados mais elevados pode ser atribuído tanto à substâncias presentes no material de confecção da torneira, quanto à propriedades da própria mangueira utilizada na irrigação.

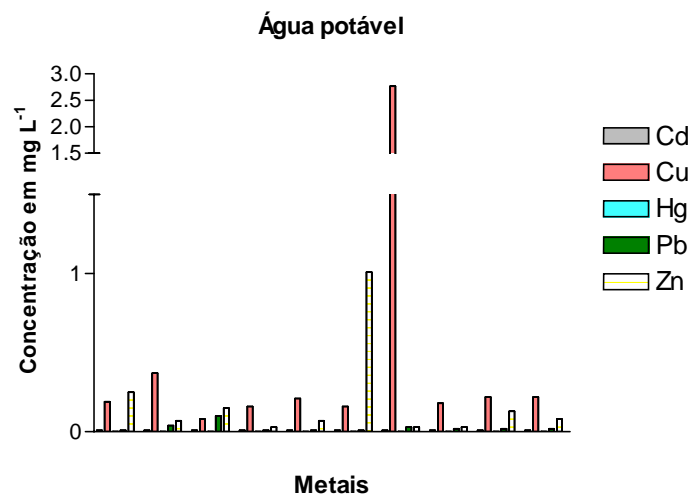


Figura 29. Níveis de metais pesados na água potável

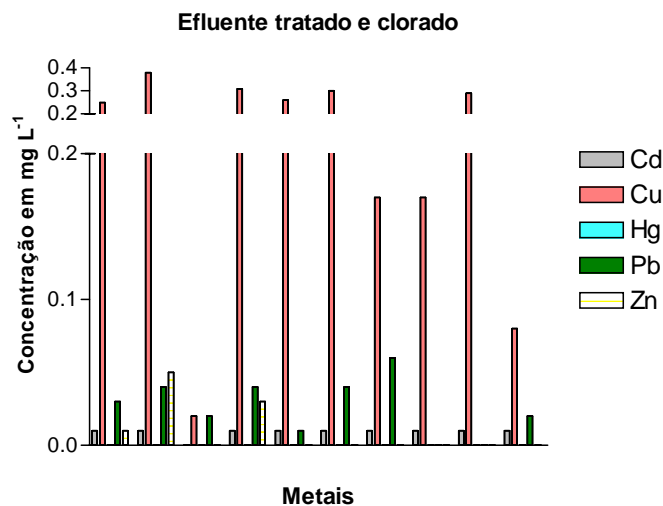


Figura 30. Níveis de metais pesados no efluente tratado/clorado

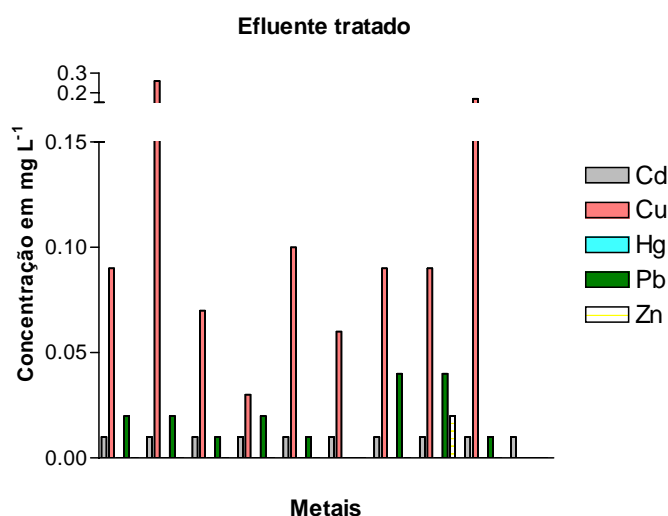


Figura 31. Níveis de metais pesados no efluente tratado

O Canadá estabelece níveis máximos de Cd, Cu, Pb e Zn de 0.01, 0.2, 0.01 e 2 mg L⁻¹, respectivamente (MILLER et al., 2004). Os valores verificados nas águas de irrigação das hortaliças, com exceção do Pb, encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pelo Canadá.

Muitos países estabelecem diferentes concentrações máximas permitidas de metais pesados em águas de irrigação, portanto, não há um consenso em relação aos níveis realmente permissíveis que não acarretem prejuízos ao homem. Tendo em vista, que o Brasil não possui legislação específica quanto ao reúso não potável de água na agricultura, torna-se plausível considerar os parâmetros estabelecidos pela EPA (2004), os quais indicam que as águas utilizadas na irrigação das hortaliças, em especial o efluente tratado/clorado, encontram-se dentro dos limites máximos permitidos.

- Níveis de metais pesados nas hortaliças

Os níveis médios de metais pesados verificado nas hortaliças submetidas aos diferentes tipos de irrigação constam nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Concentração média de metais pesados nas amostras de alface (em mg kg⁻¹)

Irrigada com água potável					
	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Média	0.030	0.740	0.000	0.150	1.740
Máximo	0.110	2.060	0.000	0.690	2.600
Mínimo	0.000	0.230	0.000	0.000	1.200
Desvio Padrão	0.050	0.700	0.000	0.230	0.490
Irrigada com efluente tratado/clorado					
Média	0.110	1.550	0.010	0.030	2.350
Máximo	0.630	4.18	0.040	0.110	13.250
Mínimo	0.000	0.330	0.000	0.000	0.800
Desvio Padrão	0.190	1.470	0.020	0.040	3.840
Irrigada com efluente tratado					
Média	0.050	0.290	0.000	0.170	1.470
Máximo	0.120	0.510	0.000	0.490	1.950
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.620
Desvio Padrão	0.060	0.190	0.000	0.160	0.42

Na Bolívia, foram analisadas amostras de alface em região próxima ao Rio Pilcomayo, os níveis de Cd, Cu, Hg, Pb e Zn foram de 0.091, 1.36, 0.110, 0.810 e 10.4 mg kg⁻¹, respectivamente (MILLER et al., 2004). Dentre os metais analisados, apenas o Cd apresenta níveis inferiores aos verificados na alface irrigada com efluente tratado/clorado.

Tabela 11. Concentração média de metais pesados nas amostras de rúcula (em mg kg⁻¹)

Irrigada com água potável					
	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Média	0.000	1.466	0.001	0.026	1.501
Máximo	0.000	3.880	0.015	0.110	2.140
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	1.196
Desvio Padrão	0.000	1.610	0.005	0.044	0.289
Irrigada com efluente tratado/clorado					
Média	0.001	0.175	0.002	0.124	1.440
Máximo	0.010	0.410	0.010	0.410	1.750
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.920
Desvio Padrão	0.003	0.164	0.004	0.154	0.285
Irrigada com efluente tratado					
Média	0.000	0.838	0.005	0.071	1.911
Máximo	0.000	2.190	0.030	0.380	7.210
Mínimo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Desvio Padrão	0.000	0.836	0.009	0.124	1.960

As hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado apresentaram níveis de Cu, Hg e Zn inferiores aos encontrados nas hortaliças irrigadas com efluente tratado, no entanto, não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0.05$) entre os valores obtidos nas hortaliças submetidas aos diferentes tipos de irrigação. A distribuição de metais pesados na alface pode ser verificada nas Figuras 32, 33 e 34 e na rúcula nas Figuras 35, 36 e 37.

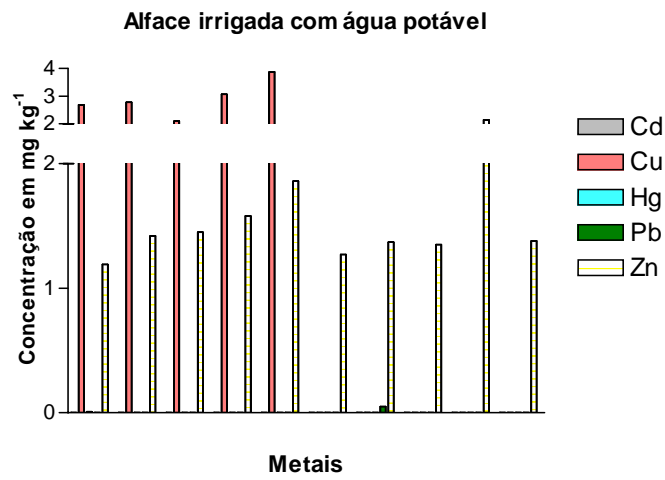


Figura 32. Níveis de metais na alface irrigada com água potável

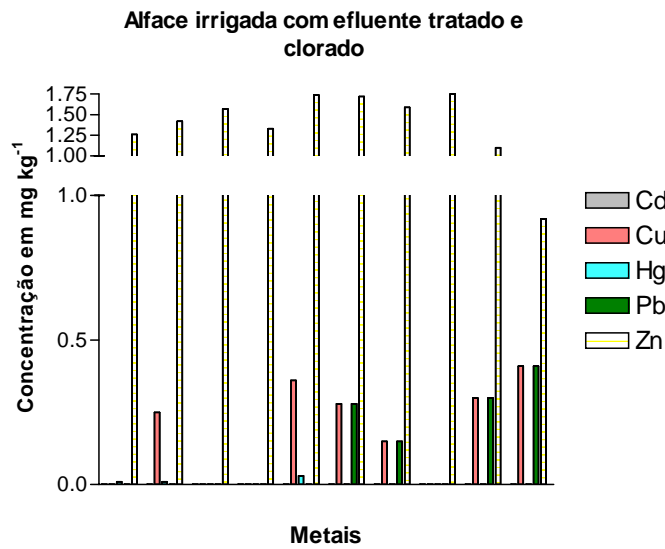


Figura 33. Níveis de metais na alface irrigada com efluente tratado/clorado

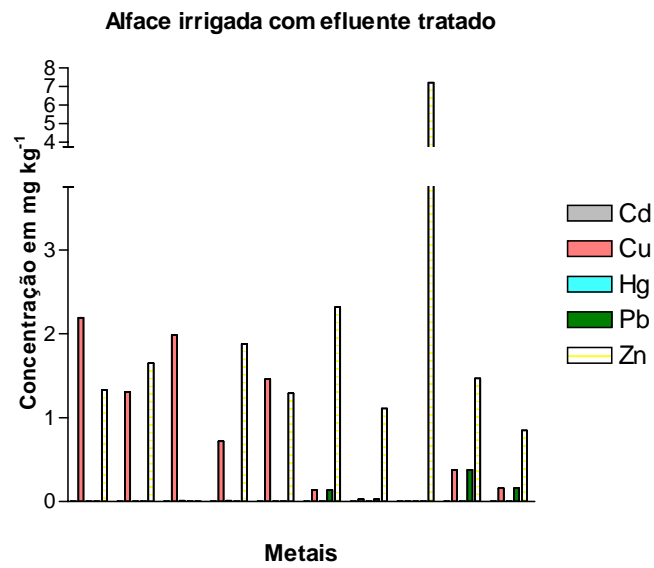


Figura 34. Níveis de metais na alface irrigada com efluente tratado

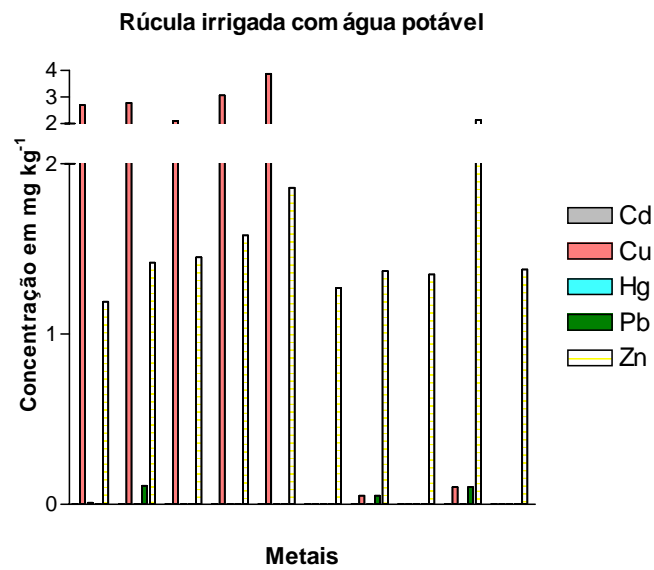


Figura 35. Níveis de metais na rúcula irrigada com água potável

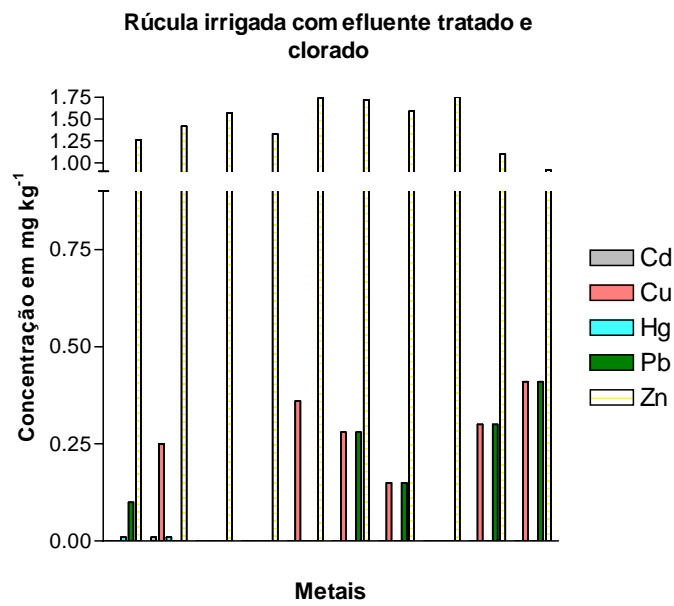


Figura 36. Níveis de metais na rúcula irrigada com efluente tratado /clorado

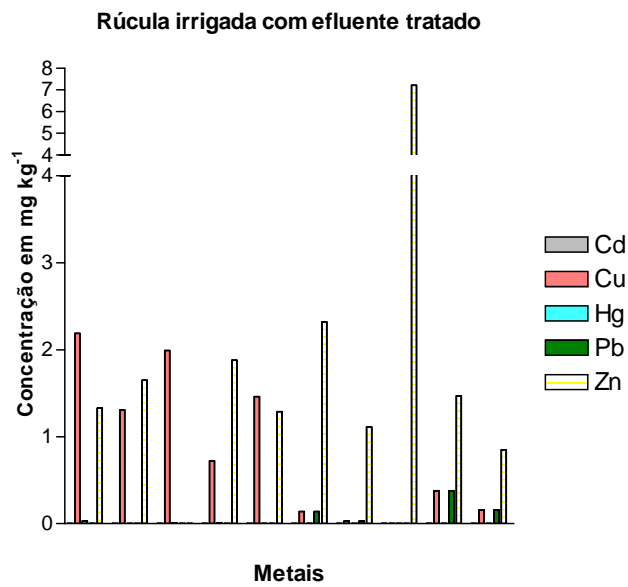


Figura 37. Níveis de metais na rúcula irrigada com efluente tratado

De acordo com os dados, verifica-se que Stalikas et al. (1997) encontrou valores de Cu, Pb e Zn inferiores aos verificados neste trabalho. A WHO (1989) estabelece

recomendações diárias de ingestão de Cu e Zn de 2-4 mg/dia e 15 mg/dia, respectivamente; e limite máximo de ingestão de Cd e Pb de 0.07 e 0.43 mg/dia, respectivamente. Ou seja, para que os níveis desses metais se tornem prejudiciais à saúde humana, seria necessário consumir, no mínimo, mais de 2.5 kg de alface ou rúcula por dia, durante um longo período.

Portanto, pode-se considerar que o consumo das hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado, bem como das irrigadas com água potável e efluente tratado, não representam risco significativo à saúde humana.

- Viabilidade Comercial

Denota-se que, além de obedecer determinados parâmetros parasitológicos, bacteriológicos e tóxicológicos as hortaliças também devem apresentar viabilidade comercial .

No projeto piloto, realizado antes deste estudo, a alface irrigada com efluente tratado/clorado à 0.5 mg/L de cloro apresentou peso médio inferior à 50 gramas, e a rúcula peso médio inferior à 90 gramas, evidenciando um retardo no crescimento e desenvolvimento foliar. Foi então definida a diminuição da concentração do cloro no efluente tratado para 0.2 mg/L, para a fase subsequente. Após o desenvolvimento do projeto, verificou-se que a diminuição da concentração de cloro adicionada ao efluente tratado permitiu o aumento do peso das hortaliças (Tabela 12 e 13), sem afetar sua potencial viabilidade comercial, assegurando, também, a qualidade microbiológica.

Tabela 12. Resultados referentes ao peso e tamanho da alface

	Alface irrigada com Efluente Tratado			Alface irrigada com Efluente Tratado/ Clorado			Alface irrigada com Água Potável		
	Peso (gramas)	Comp. (cm)	Larg. (cm)	Peso (gramas)	Comp. (cm)	Larg. (cm)	Peso (gramas)	Comp. (cm)	Larg. (cm)
Média	253.74	16.57	20.20	167.29	14.65	16.67	221.56	15.75	19.55
Máximo	377.01	18.33	22.83	232.03	16.83	19.00	305.72	17.67	21.33
Mínimo	184.45	14.17	16.83	94.45	12.83	14.83	174.70	13.83	17.17
Desvio Padrão	63.45	1.25	1.66	30.07	1.20	1.18	47.59	1.15	1.04

Tabela 13. Resultados referentes ao peso e tamanho da rúcula

	Rúcula irrigada com Efluente Tratado			Rúcula irrigada com Efluente Tratado/Clorado			Rúcula irrigada com Água Potável		
	Peso (gramas)	Comp. (cm)	Larg. (cm)	Peso (gramas)	Comp. (cm)	Larg. (cm)	Peso (gramas)	Comp. (cm)	Larg. (cm)
Média	197,73	25,26	8,10	122,54	22,54	7,47	181,91	24,46	7,43
Máximo	259,20	32,83	9,17	175,11	26,67	8,50	327,79	30,00	8,33
Mínimo	113,13	19,50	7,00	64,17	17,83	6,17	77,51	21,50	6,50
Desvio Padrão	47,01	3,75	0,59	33,20	3,24	0,76	73,25	2,43	0,64

Através da análise dos dados, verifica-se que o peso das hortaliças foi maior nas irrigadas com efluente tratado, seguido pelas irrigadas com água potável e, por fim, pelas irrigadas com efluente tratado/clorado. Muitos estudos sugerem que a matéria orgânica presente no esgoto, geralmente rica em nitrogênio e fósforo, substitui a utilização de adubos, otimizando a produção de diversas culturas (MAZARI-HIRIART et al., 2008; CAMPOS, 2008; KERAITA et al., 2007). A análise dos dados revelou diferença estatisticamente significativa entre o peso da alface irrigada com efluente tratado/clorado e o peso da alface irrigada com efluente tratado ($p < 0.001$) e água potável ($p < 0.05$). Também foi verificada diferença estatisticamente significativa ($p < 0.01$) entre a rúcula irrigada com efluente

tratado/clorado e a irrigada com efluente tratado. Portanto, pode-se constatar que houve diminuição do peso das hortaliças devido à cloração do efluente tratado.

Em amostras de alface comercializadas na cidade de Salvador, BA, Brasil, a média de peso verificada foi de 203.51 gramas, sendo superior ao encontrado na alface irrigada com efluente tratado/clorado (SANTANA et al., 2006). No entanto, não há um padrão de qualidade quanto aos atributos físicos de peso e tamanho, sendo assim, verificada grande variação entre as hortaliças comercializadas no varejo (SANTANA et al., 2006).

A aceitação da população quanto ao consumo de hortaliças irrigadas com efluente tratado/clorado depende tanto da produção de hortaliças com características físicas viáveis para a comercialização, mas também, principalmente, da garantia de que o consumo das mesmas não representa riscos à saúde humana.

Os resultados obtidos demonstram a importância da cloração do efluente tratado na diminuição de estruturas parasitárias e coliformes fecais e a necessidade de se considerar outros fatores que podem levar à contaminação de hortaliças, como os ventos e insetos. O estudo de outros tipos de alimentos irrigados com efluente tratado/clorado pode ser importante para o desenvolvimento de um reúso diversificado e seguro do efluente tratado de Ribeirão Preto.

CONCLUSÃO

5 CONCLUSÃO

O efluente tratado e clorado apresentou melhores condições de utilização na irrigação de hortaliças quando comparado com o efluente tratado, pois apresentou níveis menores de contaminação tanto por parasitas, quanto por coliformes totais e fecais. No entanto, outros estudos devem ser realizados para atestar a viabilidade do uso do efluente tratado e clorado na irrigação de culturas, tendo em vista a possível presença de outros tipos de parasitas, não detectados no método de análise utilizado, bem como de vírus e bactérias não investigados.

As hortaliças analisadas revelaram contaminação por parasitas e coliformes totais e fecais, porém pode-se presumir que outros fatores, além dos efluentes utilizados na irrigação, interferiram nos resultados obtidos, pois não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre o grupo controle (hortaliças irrigadas com água potável) e as hortaliças irrigadas com efluente tratado e clorado.

Os níveis de metais pesados nos solos de cultivo das hortaliças foram inferiores aos limites máximos estabelecidos pela CETESB (2001), portanto, não houve interferência nas concentrações de metais pesados obtidos na análise das hortaliças.

As águas de irrigação apresentaram níveis de metais pesados inferiores ao preconizado pela EPA (2004), determinando a adequabilidade do uso dessas águas. Em relação às hortaliças, os níveis de metais pesados encontrados não apresentam risco significativo à saúde humana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez de água, não somente sua falta física, mas principalmente água de boa qualidade, é um problema vigente em muitos lugares no mundo, demandando medidas e intervenções imediatas quanto à preservação e utilização consciente dos recursos hídricos disponíveis.

Somente após um minucioso estudo, que determine parâmetros de qualidade capazes de englobar os diversos aspectos relacionados ao reúso não potável na agricultura, se poderá fazer um uso seguro e sustentável do efluente tratado do município de Ribeirão Preto, revertendo, assim, à população os benefícios da reutilização dessas águas.

Cada passo, em direção a um uso sustentável e benéfico da água, tanto para o meio ambiente quanto para os seres humanos, faz parte de um longo caminho que deve ser trilhado por governantes, autoridades e a população em geral. Preservar e otimizar a utilização da água é uma tarefa de todos.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, N. *World Agriculture: Towards 2010 – Na FAO Study*. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) and John Wiley & Sons, Chichester, New York/Singapore, Brisbane, 1995.

AMBIENT. In: OLIVEIRA, A. S. **Tratamento de Esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: Avaliação da remoção de metais pesados**. 2006. 172 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington DC: APHA INC. 1015, 1998. 1085 p.

ANGELAKIS, A. N.; MARECOS DO MONTE, M. H. F.; BONTOUX, L.; ASANO, T. The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. **Water Research**, v. 33, n. 10, p. 2201-2217, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Água, fatos e tendências**. Brasília: ANA; CEBDS, 2006. 36 p.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future. **Water Science & Technology**, v. 33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

ASANO, T.; SAKAJI, R. H. Virus risk analysis in wastewater reclamation and reuse. In: HAN, H. H.; KLUTE, R. **Chemical water and wastewater treatment**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998 .

ASLAM, A.; PEJOVIC-MILIC, A.; CHETTLE, D. R.; McNEILL, F. E. Quantification of manganese in human hand bones: a feasibility study. **Phys Med Biol.**, v. 53, n. 15, p. 4081-4092, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13969 - **Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

BAIRD, C. **Environmental chemistry**. New York: W.H. Ferman and Company, 1995. p. 484.

BARROS, A. J. M.; CEBALLOS, B. S. O.; KONIG, A.; GHEYI, H. R. Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças no agreste e brejo paraibanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 355-360, 1999.

BASTOS, R. K. X.; PERIN, C. Qualidade das águas superficiais para irrigação: uma avaliação dos padrões vigentes e do emprego de organismos indicadores de contaminação. In: 18 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995, Salvador. **18 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

BAUMHOGGER, W. Ascariasis in Darmstadt and Hessen as seen by a wastewater engineer. **Zeitschrift fur Hygiene and Infektions Krankheiten**, v. 129, p. 488-506, 1949.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. 2003. 52f. Monografia (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, área de concentração Pleirjamento Estratégico). ISAEFGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília, 2003.

BLUM, J.R.C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-174.

BLUMENTHAL, U. J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D. D. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new reserch evidence. **London School of Hygiene & Tropical Medicine**, UK WEDC, Loughborough University, UK. 2000.

BRADFORD, S. A.; SEGAL, E.; ZHENG, W.; WANG, Q.; HUTCHINS, S. R. Reuse of concentrated animal feeding operation wastewater on agricultural leids . **J Environ Qual**. v. 37, n. 5, p. 97-115, 2008.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de seiramento** . 3º ed, 2006. 408 p.

_____. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de leiçamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de março de 2005.

_____. Pleio Nacional de Vigilância e Contro le das Enteroparasitoses. Secretária de Vigilância em Saúde. **Ministério da Saúde**, Brasília, 2005.

_____. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.

_____. Portaria CVS nº 21 de 19 de dezembro de 1991. Disciplina o padrão bacteriológico das águas de irrigação de plantações de hortaliças e frutas rasteiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 de dezembro de 1991.

CAMILOTTI, F.; MARCOS O.; MARQUES, M.; ANDRIOLI, I.; ALYSSON, A. R.; JUNIOR, L. C. T.; NOBILE, F. O. Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 27, n. 1, p. 284-293, jan./abr., 2007.

CAMPOS, C. New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse. **Desalination**, v. 218, p. 34-42, 2008.

CHARY, N. S.; KAMALA, C. T.; RAJ, D. S. S. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. Article in Press, April, 2007.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). Quinquênio - preços médios e quantidades mensais: rúcula. São Paulo, 2002. (Comunicação pessoal). Apud Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Rev. Bras. Sementes**, v. 26, n. 1, Pelotas, 2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003 - São Paulo, 2004.

_____. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB, 2001. 73 p.

CRITES, R.; TCHOBANOGLOUS, G. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. **McGraw-Hill**, E.U.A, 1998.

CROOK, J.; AMMERMAN, D. K.; OKUN, D. A.; MATTHEWS, R. L. Guidelines for water reuse. Cambridge, Massachusetts; Camp Dresser & Mckee, Inc., 1992. 253 p.

CROSS, P. Existing practices and beliefs in the utilization of human excreta. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

DEL RIO, D. T. **Biossorção de cádmio por leveduras *Saccharomyces cerevisiae***. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. USP, São Paulo, 2004.

DIAS, M. T.; GRANDINI, A. A. Prevalence and epidemiological aspects of parasitic infestation in the population of São José da Bela Vista, São Paulo State, Brazil. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 32, n. 1, p. 63-65, jan./fev., 1999.

DUARTE, A. M. S. **Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun L.*)**. 2006. 187 p. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Rúcula. Disponível online em: http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/dicas/rucula.htm. Acesso em: 10 de jul. de 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Guidelines for Water Reuse**. EPA/625/R-04/108, Washington, DC, september, 2004.

ENSINK, J. H. J.; MAHMOOD, T.; DALSGAARD, A. Wastewater-irrigated vegetables: market handling versus irrigation water quality. **Tropical Medicine and International Health**, v. 12, n. 2, p. 2–7, 2007.

FALAVIGNA, L. M. et al. Qualidade de hortaliças comercializadas no noroeste do Paraná, Brasil. **Parasitol. Latinoam.**, v. 60, p. 144-149, 2005.

FALKENMARK, M. Macro-scale water supply/ demand comparison on the global scene. Stockolm, p. 15-40, 1986.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). **Água na agricultura**. Roma, Relatório técnico, 1998. 18 p.

FERNANDES, R. B. A.; LUZ, W. V.; FONTES, M. P. F.; FONTES, L. E. F. Avaliação da Concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **Rev. Bras. Eng. Agríc. e Amb.**, v. 11, n. 1, p. 81–93, 2007.

FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, A. S.; GONÇALVES, R. A. B. Uso de águas residuárias na agricultura. **Anais do Workshop Uso e Reuso de água de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas**. Campina Grande, 28 a 30 de novembro de 2005.

FREMAUX, B., BOA, T., CHAYKOWSKI, A., KASICHAYANULA, S., GRITZFELD, J., BRAUL, L., YOST, C. Assessment of the microbial quality of irrigation water in a prairie watershed. **J Appl Microbiol.**, no prelo, 2008.

FRIEDLER, E.; JUNIACO, M. Tratament and storage of wastewater for agricultural irrigation. Agritec/1996. Tel-Aviv: Agronitech Technology Ltda., 1996. 7 p.

GIORDANI, S.; SANTOS, D. C. Possibilidade de reúso dos efluentes domésticos gerados nas Bacias do Alto Iguçu e Alto Ribeira – Região de Curitiba – Paraná. Sanare. **Revista Técnica da Sanepar**, v. 19, n. 19, p. 06-14, jan/jun., 2003.

GRAHAM, A. M., WADHAWAN, A. R., BOWER, E. J. Chromium Occurrence and Speciation in Baltimore Harbor Sediments and Porewater, Baltimore, Maryland, USA. **Environ Toxicol Chem.**, no prelo, 2008.

GUIMARÃES, A. M.; ALVES, E. G. L.; FIGUEIREDO, H. C. P.; COSTA, G. M.; RODRIGUES, L. S. Frequência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativa*) comercializadas em Lavras, Minas Gerais. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 36, n. 5, p. 132-135, 2003.

HAMILTON, A. J.; STAGNITTI, F.; PREMIER, R.; BOLAND, A. M.; HALE, G. Quantitative microbial risk assessment models for consumption of raw vegetables irrigated with reclaimed water. **Applied and Environmental Microbiology**, p. 3284-3290, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

_____. Esgoto como recurso hídrico. Parte I: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico-financeiras e Sócio-culturais. Engenharia, São Paulo: **Instituto de Engenharia de São Paulo**, v. 55, n. 523, 1997.

HESPANHOL, I.; PROST, A. WHO Guidelines and National Standards for reuse and water quality. **Water Research**, London, v. 28, n. 1, p. 119-124, 1994.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Horticultura**. 1996. Disponível online em : <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/horti/default.asp>. Acesso em: 06/12/2007.

_____. **Área territorial oficial**. Disponível online em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 08/11/2007.

INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC). Instituto Agronômico - **Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura**. Disponível online em: <<http://www.iac.sp.gov.br>>. Acesso em: 16 de ago. de 2006.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESERaCH ON CANCER (IARC). IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. **Chemicals, industrial processes and industries associated with cancer in humans**. IARC monographs, v. 1, p. 29, 1998.

INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE & INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE (IFPRI & IWMI). WMI. In: Lista Fonte d'água. Florida Center for Environmental Studies. Relatório "Global Water Outlook to 2025: Averting an Impeding Crises". Publicação no Dia Mundial do Alimento. Washington D.C., 16 Out. 2002. Disponível na online:: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Acesso em: 22 nov., 2002.

KERAITA, B.; KONRADSEN, F.; DRECHSEL, P.; ABAIDOO, R. C. Reducing microbial contamination on wastewater-irrigated lettuce by cessation of irrigation before harvesting. **Tropical Medicine and International Health**. v. 12, n. 2, p. 8-14, 2007.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica de São Paulo da USP. São Paulo, 1987.

LU, F. C. Basic toxicology. **Fundamentals, target organs and risk assessment**. Ed. Taylor & Francis, 3º ed. Washington, 1996.

LUTZ, A. O. Schistosomum mansoni, segundo observações feitas no Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 11, p. 121-155, 1919.

MALINOWSKI, S. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento de reuso de água no meio urbano**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Editora Manole, 2003. 576 p.

MARECOS DO MONTE, M. H.; SOUSA, M. E. S. Reutilização de águas residuais para rega em Portugal. **Recursos Hídricos**, v. 14, p. 1-4, 1993.

MARQUES, M. O.; MELO, W. J.; MARQUES, T. A. Metais pesados e o uso de biossólido na agricultura. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALÉM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. 2.ed. São Paulo: ABES/SP, 2002. 365-403 p.

MARZOCHI, M. C. A. Estudo dos fatores envolvidos na disseminação dos enteroparasitas. II- Estudo da contaminação de verduras e solo de hortas na cidade de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Rev. Inst. Med. Trop.** São Paulo, v. 19, p. 148-1556, 1978.

MAZARI-HIRIART, M.; PONCE-DE-LÉON, S.; LÓPEZ-VIDAL, Y.; ISLAS-MACÍAS, P.; AMIEYA-FERNÁNDEZ, R. I.; QUIÑONES-FALCONI, F. Microbiological implications of periurban agriculture and water reuse in Mexico City. **PLoS ONE**, v. 3, n. 5, 2008.

MENDES, E. C.; SILVA, S. S.; FONSECA, E. A. L. T.; SIYZA, H. R. R.; CARVALHO, R. W. A neurocisticercose humana na Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Arq. Neuropsiquiatria**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 4, p. 1058-62, 2005.

MEHNERT, D. U. Reúso de efluente doméstico na agricultura e a contaminação ambiental por vírus entéricos humanos. **Biológico**, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p.19-21, jan./dez., 2003.

MESQUITA, V. C. L.; SERRA, C. M. B.; BASTOS, O. M. P.; UCHÔA, C. M. A. Contaminação por enteroparasitas em hortaliças comercializadas nas cidades de Niterói e Rio de Janeiro, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 32, n. 4, p. 363-366, jul-ago., 1999.

METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tercera Edición, **McGraw-Hill** / Interamericana de España, S.A., Madrid, España, 1995.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, jan/mar, 1994.

MICARONI, R. C. C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM, W. F. Composto de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química nova**, v. 23, n. 4, p. 487-495, 2000.

MILLER, J. R.; HUDSON-EDWARDS, K. A.; LECHLER, P. J.; PRESTON, D.; MACKLIN, M. G. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolívia. *Science of the Total Environment*, v. 320, p. 189-209, 2004.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. A cultura da rúcula. Piracicaba: ESALQ, 1998. 19p.

MOORE, J. W.; RAMAMOORTHY, S. Heavy metals in natural waters: applied monitoring and impact assessment. Springer-Verlag, New York, 1984. 268 p.

MUFFAREG, M. R. **Análise e discussão dos conceitos e legislação sobre reuso de águas residuárias**. 2003. 72f. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saude Publica, Rio de Janeiro.

MULAK, M.; MISIUK-HOJTO, M.; MARKUSZEWSKI, B.; DEMBSKA, K. Influence of chronic exposure to heavy metals on eyesight. **Klin Oczna.**, v. 110, n. 4-6, p. 176-182, 2008.

NEVES, D.P. **Parasitologia Humana**. 11^o ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005.

NIKAIDO, M.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Análise da qualidade da água do córrego Monte Alegre e Afluentes, Ribeirão Preto, SP: enfoque para coliformes fecais e metais pesados. **O Mundo da Saúde**, v. 28, n. 4, p. 414-420, 2004.

O'CONNOR, G. A.; ELLIOTT, H. A.; BASTIAN, R. K. Degraded water reuse: an overview. **J Environ Qual.**, v. 37, n. 5, p. 157-68, 2008.

OLIVEIRA, A. S. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: avaliação da remoção de metais pesados**. 2006. 172f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

OLIVEIRA, C. A. F.; GERMANO, P. M. L. Estudo da ocorrência de enteroparasitas em hortaliças comercializadas na região metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. II- Pesquisa de Protozoários Intestinais. **Revista de Saúde Pública**, v. 26, p. 332-335, 1992.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Classes de países em termos da oferta de água. New York, **Relatório técnico**, 2000.

PATTOLI, D.; PALIN, V. Enteroparasitas de águas de irrigação de hortas que abastecem o município de São Paulo. **Revista Paulista de Medicina**, v. 68, p. 241, 1966.

PAULA, P.; RODRIGUES, P. S. S.; TÓRTORA, J. C. O.; UCHÔA, C. M. A.; FARAGE, S. Contaminação microbiológica e parasitológica em alfaces (*Lactuca sativa*) de restaurantes

self-service, de Niterói, RJ. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 4, p. 535-537, 2003.

PEREIRA, M. G. *Epidemiologia: teoria e prática*. 8º ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2005.

PERIS, M.; MICÓ, C.; RECATALÁ, L.; SÁNCHEZ, R.; SÁNCHEZ, J. Heavy metal contents in horticultural crops of a representative área of the European Mediterranean region. **Science of the Total Environment**, v. 378, p. 42-48, 2007.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed., São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

_____. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed., São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

_____. Água e desenvolvimento rural. **Estudos avançados**, v. 15, n. 43, 2001.

RIBEIRÃO PRETO. **Agricultura**. Disponível online em: <www.ribeiraopreto.sp.gov.br>. Acesso em: 05/08/2006.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil**. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2005.

ROELS, H.; BERNARD, A. M.; CARDENAS, A.; BUCHET, J. P. et al. Markers of early renal changes induced by industrial pollutants. III. Application to workers exposed to cadmium. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 50, p. 37-48, 1993.

ROSE, J. B.; DE LEON, R.; GERBA, C. P. Giárdia and vírus monitoring of sewage effluent in the State of Arizona. **Water Science and Technology**, v. 21, n. 3, p. 43-47, 1989.

SALATI, E.; LEMOS, H. M.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed., São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

SANTANA, L. R.; CARVALHO, R. D. S.; KEUTE, C. C.; ALCÂNTARA, L. M.; OLIVEIRA, T. W. S.; RODRIGUES, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 264-269, abr./jun., 2006.

SANTOS, I. J.; SOUZA, M. A. A. Reuso de água: Uma análise da adequabilidade da utilização das águas residuárias tratadas no distrito federal. In: **Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

SCOTT, C. A.; FARUQUI, N. I.; SALLY-RASCHID, L. **Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities**. CABI Publishing, Oxfordshire. United Kingdom, 2004.

SEGURA-MUÑOZ, S. I.; OLIVEIRA, A. S.; NIKAIDO, M.; TREVILATO, T. M. M.; BÓCIO, A.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; DOMINGO, J. L. Metal levels in sugar cane (*Saccharum spp.*) samples from na area under the influence of a municipal landfill and a medical waste treatment system in Brazil. **Environment International**, v. 32, p. 52-57, 2006.

SEGURA-MUÑOZ, S. I. Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerado de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados. 2002. 131f. Tese de doutorado apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2002.

SHALLARI, S.; SCHWARTZ, C.; HASKO, A.; MOREL, J. L. Heavy metals in soil and plants of serpentine and industrial sites of Albania. **The Science of the Total Environment**, v. 209, p. 133-142, 1998.

SILVA, A. V. M. **Prevalência de Helmintos intestinais em crianças matriculadas em creches particulares, mista e filantrópicas no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais em 1983**. Dissertação de mestrado, Departamento de Parasitologia, ICB/UFMG, 1987.

SILVA, C. G. M.; ANDRADE, S. A. C.; STAMFORD, T. L. M. Ocorrência de *Cryptosporidium spp.* e outros parasitas em hortaliças consumidas in natura, no Recife. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 63-69, 2005.

SIMEONI, L. A.; BRABARICK, K. A.; SABEY, B. R. Effect of a small-scale composting of sewage sludge on heavy metal availability to plants. **Journal Environmental Quality**, v. 13, p. 264-268, 1984.

SIMÕES, M.; PISANI, B.; MARQUES, E. G. L.; PRANDI, M. A. G.; MARTINI, M. H.; CHIARINI, P. F. et al. Hygienic-sanitary conditions of vegetables and irrigation water from kitchen gardens in the municipality of Campinas, SP. **Braz. J. Microb.**, v. 32, p. 331-333, 2001.

SITTON, D. Desarrollo de recursos hídricos limitados: Aspectos históricos y tecnológicos, 2000. Disponível em <<http://www.israel-mfa.gov.il/mfa/go.asp?MFAH0j1j0>> Acesso em: 23 jan., 2003.

SLIFKO, T. R.; SMITH, H. V.; ROSE, J. B. Emergency parasite zoonoses associated with water and food. **Int. J. Paras.**, v. 30, p. 1389-1393, 2000.

SMITH, L. A.; MEANS, J. L.; CHEN, A.; ALLEMAN, B.; CHAPMAN, C. C.; TIXIER, J. S.; BRAUNING, S. E.; GAVASKAR, A. R.; ROYER, M. D. Remediation options for metals contaminated sites. Boca Raton: CRC Press, 1995.

SOARES, B.; CANTOS, G. A. Detecção de estruturas parasitárias em hortaliças comercializadas na cidade de Florianópolis, SC, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, 2006.

SOUTO, R. A. **Avaliação sanitária da água de irrigação e de alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, 2005.

STALIKAS, C. D.; MANTALOVAS, A. C.; PILIDIS, G. A. Multielement concentrations in vegetable species grown in two typical agricultural areas of Greece. **The Science of the Total Environment**, v. 206, p.17-24, 1997.

STEPHENSON, L. S. **The impact of helminth infections on human nutrition.** London. Taylor & Francis, 1987.

TANAKA, H.; ASANO, T.; SCHROEDER, E. D.; TCHOBANOGLOUS, G. Estimating the safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. **Water Environment Research**, v. 70, p. 39-51, 1998.

TAKAYANAGUI, O. M.; CAPUANO, D. M.; OLIVEIRA, C. A. D.; BERGAMINI, A. M. M.; OKINO, M. H. T.; CASTRO E SILVA, A. A. M. C.; OLIVEIRA, M. A.; RIBEIRO, E. G. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Avaliação da contaminação de hortas produtoras de verduras após a implantação do sistema de fiscalização em Ribeirão Preto, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 2, p. 239-241, 2007.

TAKAYANAGUI, O. M.; OLIVEIRA, C. D.; BERGAMINI, A. M.; CAPUANO, D. M.; OKINO, M. H. T.; FEBRÔNIO, L. H. P. et al. Fiscalização de verduras do município de Ribeirão Preto, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 1, p. 37-41, 2001.

TAKAYANAGUI, O. M.; LEITE, J. P. Neurocysticercosis. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 3, p. 283-290, 2001.

TELLES, D. A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 2ª ed., p. 305-38.

TONANI, K. A. A. **Identificação e quantificação de metais pesados, parasitas e bactérias no esgoto bruto e tratado da Estação de Tratamento de Ribeirão Preto, SP**. Dissertação de mestrado - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2008.

TONELLI, E. Doenças Infecciosas na Infância. 10. ed. São Paulo, Ed. Medsi, 1987.

UNESCO – UNITED NATIONS/WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – UM/WWAP. 2003. UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life. Paris, New York e Oxford. Disponível em: <www.unesco.org/water/wwap/wwdr/table_contents.shtml> acesso em 12/11/2007.

U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE COMMISSIONED CORPS (USPHS). 8TH Report on Carcinogens Summary, 1998.

_____. Toxicological profile on CD-ROM. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de alface. In: CASTELLANE, P. D.; NICOLSI, W. M.; HASEGAWA, M. (Ed)). **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, p. 1-13, 1990.

VINHA, C. Incidência, no Brasil, de helmintos transmitidos pelo solo: rotina coproscópica do ex- Departamento Nacional de Endemias Rurais. **Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais**, v. 23, p. 3-5, 1971.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4. ed. Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey, USA. 1999. 580 p.

ZEITOUNI, C. F. **Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.** 2003. 91f. Dissertação de mestrado – Instituto Agronômico / Pós-Graduação, Campinas, 2003.

ZHUANG, P.; McBRIDE, M. B.; XIA, H.; LI, N.; LI, Z. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. **Sci Total Environ.**, no prelo, 2008.

WEI, B.; JIANG, F.; LI, X.; MU, S. Heavy metal induced ecological risk in the city of Urumqi, NW China. **Environ Monit Assess.**, no prelo, 2008.

WESTERHOFF, G. P. Un update of research needs for water reuse. In: Water reuse symposium, 3^o Proceedings. San Diego, Califórnia, 1984.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a Scientific Group Meeting. Geneva: World Health Organization, 1989. (Technical Report Series n. 778).

_____. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series n^o 776. Geneva, 1989.

_____. Environmental Health Criteria 134 - Cadmium. Geneva, 1992.

_____. Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards. Of a WHO meeting of experts. Technical report series N^o 517. Geneva, 1973.

YOUN-JOO, A.; YOON, C. G.; JUNG, K. W.; HAM, J. H. Estimating the Microbial Risk of E. coli in Reclaimed Wastewater Irrigation on Paddy Field. **Environ Monit Assess.**, v. 129, p. 53–60, 2007.

ANEXOS

ANEXO A

Metais pesados presentes no solo de cultivo das hortaliças (em mg Kg⁻¹)

Solo de cultivo das hortaliças	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	pH
Irrigado com água potável	30.25	0.25	0.75	39.50	3.75	6.60
	27.75	0.25	1.00	35.50	0.50	6.80
	35.50	0.25	1.50	41.25	7.25	6.95
	32.25	0.25	1.50	38.50	2.25	6.82
Irrigado com efluente tratado/clorado	36.75	0.25	1.25	40.50	2.25	6.68
	42.00	0.25	1.75	49.25	7.75	6.65
	28.50	0.25	1.75	44.75	8.75	7.42
	39.00	0.25	0.75	40.50	4.25	7.03
Irrigado com efluente tratado	53.25	0.25	0.00	45.50	6.25	6.90
	36.25	0.00	1.00	48.25	11.00	7.06
	30.75	0.00	16.75	47.00	9.75	6.70
	31.00	0.00	0.00	48.50	8.50	6.97

ANEXO B

Metais pesados presentes nas águas de irrigação (em mg L⁻¹)

Águas de Irrigação	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg	pH
Água potável	0,25	0,01	0,01	0,19	0,00	6,10
	0,07	0,01	0,04	0,37	0,00	5,90
	0,15	0,01	0,10	0,08	0,00	5,52
	0,03	0,01	0,01	0,16	0,00	5,38
	0,07	0,01	0,01	0,21	0,00	5,97
	1,01	0,01	0,01	0,16	0,00	6,18
	0,03	0,01	0,03	2,77	0,00	6,27
	0,03	0,01	0,02	0,18	0,00	5,78
	0,13	0,01	0,02	0,22	0,00	5,91
	0,08	0,01	0,02	0,22	0,00	5,78
Efluente tratado/clorado	0,01	0,01	0,03	0,25	0,00	6,98
	0,05	0,01	0,04	0,38	0,00	6,97
	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	6,65
	0,03	0,01	0,04	0,31	0,00	6,71
	0,00	0,01	0,01	0,26	0,00	7,30
	0,00	0,01	0,04	0,30	0,00	7,07
	0,00	0,01	0,06	0,17	0,00	7,17
	0,00	0,01	0,00	0,17	0,00	7,08
	0,00	0,01	0,00	0,29	0,00	7,22
	0,00	0,01	0,02	0,08	0,00	6,93
Efluente tratado	0,00	0,01	0,02	0,09	0,00	6,89
	0,00	0,01	0,02	0,26	0,00	6,95
	0,00	0,01	0,01	0,07	0,00	6,83
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	6,67
	0,00	0,01	0,01	0,10	0,00	7,21
	0,00	0,01	0,00	0,06	0,00	7,01
	0,00	0,01	0,04	0,09	0,00	7,19
	0,02	0,01	0,04	0,09	0,00	7,03
	0,00	0,01	0,01	0,17	0,00	7,18
	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	6,93

ANEXO C

Metais pesados presentes nas amostras de alface (em mg kg⁻¹)

Alface	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Irrigada com água potável	1,20	0,11	0,07	2,06	0,00
	1.29	0.09	0.01	0.23	0.00
	1.41	0.11	0.05	2.05	0.00
	2.09	0.00	0.00	0.43	0.00
	2.60	0.00	0.69	0.66	0.00
	1.72	0.00	0.16	0.39	0.00
	1.23	0.00	0.00	0.36	0.00
	2.19	0.00	0.41	0.44	0.00
	2.20	0.00	0.00	0.47	0.00
	1.47	0.00	0.12	0.30	0.00
Irrigada com efluente tratado/clorado	1.04	0.09	0.06	1.09	0.04
	1.02	0.09	0.08	2.65	0.03
	13.25	0.63	0.00	2.06	0.00
	1.47	0.12	0.02	4.18	0.03
	1.05	0.13	0.00	3.58	0.00
	0.97	0.00	0.11	0.45	0.00
	0.80	0.00	0.00	0.33	0.00
	1.57	0.00	0.00	0.40	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.43	0.00
	1.37	0.00	0.00	0.37	0.00
Irrigada com efluente tratado	1.74	0.12	0.08	0.44	0.00
	1.30	0.11	0.19	0.46	0.00
	1.13	0.12	0.00	0.51	0.00
	0.62	0.11	0.49	0.33	0.00
	1.79	0.09	0.31	0.42	0.00
	1.79	0.00	0.28	0.14	0.00
	1.95	0.00	0.12	0.03	0.00
	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.30	0.00	0.00	0.38	0.00
	1.32	0.00	0.20	0.16	0.00

ANEXO D

Metais pesados presentes nas amostras de rúcula (em mg kg⁻¹)

Rúcula	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Irrigada com água potável	1.19	0.00	0.00	2.699	0.01
	1.42	0.00	0.11	2.78	0.00
	1.45	0.00	0.00	2.10	0.00
	1.58	0.00	0.00	3.06	0.00
	1.86	0.00	0.00	3.88	0.00
	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.37	0.00	0.05	0.05	0.00
	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.14	0.00	0.10	0.10	0.00
	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00
Irrigada com efluente tratado/clorado	1.26	0.00	0.10	0.00	0.01
	1.42	0.01	0.00	0.25	0.01
	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.74	0.00	0.00	0.36	0.00
	1.72	0.00	0.28	0.28	0.00
	1.59	0.00	0.15	0.15	0.00
	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.10	0.00	0.30	0.30	0.00
	0.92	0.00	0.41	0.41	0.00
Irrigada com efluente tratado	1.33	0.00	0.00	2.19	0.03
	1.65	0.00	0.00	1.31	0.00
	0.00	0.00	0.00	1.99	0.01
	1.88	0.00	0.00	0.72	0.01
	1.29	0.00	0.00	1.46	0.00
	2.32	0.00	0.14	0.14	0.00
	1.11	0.00	0.03	0.03	0.00
	7.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.47	0.00	0.38	0.38	0.00
	0.85	0.00	0.16	0.16	0.00