

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

Escola Nacional de Saúde Pública



*Viabilidade do Uso de Efluentes Tratados
por Zona de Raízes na Irrigação: Estudo de
Caso na Vila Dois Rios - Ilha Grande-RJ.*

por

Fabio Kaczala

Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de mestre em
Ciências na área de Saúde Pública

Orientador: Prof^o Odir Clécio da Cruz Roque

Rio de Janeiro, março de 2005.

Dedico este trabalho a meu primo
Vitor de Souza Blum (*In memoriam*),
por sua batalha travada desde o nascimento
e por sua vontade de viver; e
aos meus queridos tios Cláudio e Selma.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Henrique e Daisy, e meu irmão Márcio por me apoiarem em todos os momentos.

Ao Professor Odir Clécio da Cruz Roque pela orientação e colaboração ao presente trabalho.

Ao pessoal do CEADS, em especial Ana Maria, Luci e Dalmo, mas também não esquecendo da Vera, D.Tereza, D.Zildoca, Joyce, Maria Helena, Dan, Sr. Francisco e todos que ajudaram indiretamente no trabalho.

Ao Professor Roberto Lourenço Esteves do Depto. de Biologia Vegetal da UERJ, pela atenção dada e por suas explicações.

À Sandra Ferreira de Oliveira e ao Ubiratan, juntamente com todos do Laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ, pela paciência e ajuda nas análises físico-químicas.

Aos técnicos do Laboratório de Geografia da UFRJ, em especial ao Alessandro, Gisele e também Alexandre pelas análises físico-químicas.

Ao Irineu Afonso Machado pela disponibilidade e compreensão ao realizar as análises bacteriológicas.

Ao Prof. Joaquim Pereira da Silva, Marcos Quintela e Oswaldo José da Cruz do Laboratório de Esquistossomose da ENSP, pelas análises parasitológicas.

Aos companheiros de mestrado, João Vitor, Cláudio, Braz, Leila, Ana e Vicente pela companhia e contribuição.

À minha namorada Michelle Leite Santana pela compreensão nas horas de trabalho e pelo incentivo também.

Ao Prof. Dalton Marcondes pela ajuda em diversos momentos de dificuldade.

A todos do DSSA/ENSP, incluindo professores, secretarias e assistentes pelos esforços em proporcionarem aos alunos conhecimento e apoio no que era necessário, das mais diversas formas.

A todos aqueles que me ajudaram de alguma forma no trabalho e

A Deus que me dá saúde, forças e tranqüilidade para continuar minha batalha diária

“A água é submissa, mas tudo conquista. A água extingue o fogo ou, diante de uma provável derrota, escapa como vapor e se refaz. A água carrega a terra macia, ou quando se defronta com rochedos, procura um caminho ao redor. A água corrói o ferro até que ele se desintegra em poeira; satura tanto a atmosfera que leva a morte ao vento. A água dá lugar aos obstáculos com aparente humildade, pois nenhuma força pode impedi-la de seguir seu traçado para o mar. A água conquista pela submissão; jamais ataca, mas sempre ganha a última batalha.”

Pensamento Zen

Sumário:

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTAS DE FIGURAS	IX
GRÁFICOS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	X
1- INTRODUÇÃO	1
1.1- Gestão dos Recursos Hídricos: Aspectos Quantitativos e Qualitativos	1
2. OBJETIVOS GERAIS	3
2.1- Objetivos Específicos:	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1- Disponibilidade Hídrica e Demanda.....	4
3.2-O caso do Brasil	7
3.3- Águas residuárias e os aspectos de Saúde pública:Características das Águas Residuárias:	11
Microorganismos Patogênicos.....	15
3.4 - Delimitação dos Estudos:.....	20
3.5-Tratamento dos Esgotos para Fins Agrícolas.....	25
3.6 - <i>Wetlands</i> Construídas, Sistemas de Zona de Raízes ou Áreas Alagadas Construídas.	26
3.7- O Reúso de Águas	31
4- MATERIAIS E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.
4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	Erro! Indicador não definido.
4.2- Descrição do Sistema Estudado	Erro! Indicador não definido.
4.3-Amostragem do efluente	Erro! Indicador não definido.
4.4 – Parâmetros Analisados	Erro! Indicador não definido.
4.5. Utilização de Diretrizes e Regulamentações para comparação com Resultados Obtidos	Erro! Indicador não definido.
5- RELEVÂNCIA DO TRABALHO	Erro! Indicador não definido.
6- RESULTADOS	Erro! Indicador não definido.
7- DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	Erro! Indicador não definido.
8- CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	Erro! Indicador não definido.
9- BIBLIOGRAFIA.....	Erro! Indicador não definido.

Resumo

A escassez de água doce, atualmente está gerando diversos tipos de problemas, devido aos usos múltiplos e demanda crescente, principalmente para as necessidades fisiológicas humanas, e atividades econômicas como a indústria, e a irrigação para produção de alimentos. Os países mais atingidos por esta escassez buscam alternativas de. Uma destas alternativas são as águas residuárias tratadas. Atualmente a atividade humana que representa o maior consumo de água é a irrigação, o que a torna a atividade com maior necessidade de recursos alternativos. O uso de águas residuárias para a irrigação, requer uma qualidade microbiológica e físico-química que não traga riscos ao meio ambiente e principalmente à saúde pública. O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica e físico-química do efluente de um sistema de tratamento biológico de esgotos domésticos de pequeno gerador utilizando o processo de Zona de Raízes como polimento final, e a viabilidade de utilizá-lo para a irrigação de acordo com algumas diretrizes existentes para proteção à saúde pública.

Foram analisados alguns parâmetros, sendo que os de maior importância para a saúde pública foram os parâmetros biológicos *Escherichia coli* e ovos de Helmintos, além do indicador coliforme totais. O sistema foi analisado em um período de 6 meses e demonstrou viabilidade para a aplicação e utilização do efluente na irrigação, principalmente para fins de culturas industrialmente processadas, silvicultura, plantas forrageiras, culturas frutíferas arbóreas e também de cereais.

Abstract

Currently freshwater shortage that is occurring in our planet brings a lot of problems, by the fact that the human being uses water to many activities, mainly physiological uses, industry processes and irrigation for food production. Many countries are trying to solve this problem looking for some new alternative water sources to get water in a quality and quantity to use. Today, the activity that uses the most of water quantity in the world is irrigation for food production, making us to think that this is the activity that urges for alternative water sources. To use treated effluent in irrigation, it is necessary to reach a microbiological and physico-chemical quality to protect our environment and mainly to protect the public health. The present work has the objective to analyse the microbiological and physico-chemical quality of an effluent treated by a constructed wetland and try to use it in irrigation according to some guidelines and legislations. This work analyses some parameters, but the most important to protect the public health were *Escherichia coli*, Total Coliforms and Helminth eggs. The conclusion was that the constructed wetland system is feasible to product treated effluent to use in irrigation, mainly to fodder crops, crops that are industrially processed, silviculture, cereals and fruit trees according to some guidelines.

Lista de Quadros

Quadro 1: Consumo de água em 10^6 m^3 por ano.

Quadro 2: Tempo de sobrevivência em dias de organismos patogênicos a 20-30 °C

Quadro 3 Microorganismos presentes nos esgotos e suas doses infectivas

Quadro 4: Diretrizes da USEPA para utilização de águas residuárias tratadas

Quadro 5: Diretrizes da OMS (1989) para utilização de águas residuárias tratadas na agricultura

Quadro 6: Diretrizes revisadas de Microbiologia recomendadas para utilização de águas residuárias na agricultura

Quadro 7: Resolução CONAMA 20/86

Quadro 8: Resolução CONAMA 357/05

Quadro 9 - Doenças Relacionadas com Água Contaminada

Quadro 10: Resultados das Análises do dia 13/10/2004

Quadro 11: Resultados das Análises do dia 3/11/2004

Quadro 12: Resultados das Análises do dia 16/11/2004

Quadro 13: Resultados das Análises do dia 6/12/2004

Quadro 14: Resultados das Análises do dia 20/12/2004

Quadro 15: Resultados das Análises do dia 24/01/2005

Quadro 16: Resultados das Análises do dia 21/02/2005

Quadro 17: Resultados das Análises do dia 7/03/2005

Lista de Tabelas

Tabela 1: Principais características físicas dos esgotos domésticos

Tabela 2: Principais características químicas dos esgotos domésticos

Tabela 3: Principais características quantitativas químicas e físicas dos esgotos domésticos

Tabela 4: Microorganismos presentes nos esgotos domésticos brutos

Lista de Figuras

Figura 1 - Diagrama de Adelbodem

Figura 2 - Tipos de reúso

Figura 3 - Lançamento do Efluente final no Rio Barra Grande

Figura 4 - Desenho Esquemático do Sistema de Zona de Raízes do CEADS

Figura 5 - Visão do Sistema de Zona de Raízes do CEADS, e os pontos de coleta na entrada e saída do sistema.

Gráficos

Gráfico 1 - *Escherichia coli* Entrada e saída do sistema (UFC/100ml)

Gráfico 2 Taxa de Remoção de Microorganismos (%)

Gráfico 3 - Coliforme Total Entrada e saída (UFC/100ml)

Gráfico 4 – Remoção de DBO₅ (%)

Gráfico 5 – DBO₅ X Temperatura do efluente

Gráfico 6 -Turbidez(NTU) X Concentração de *E. coli* (UFC/100ml).

Gráfico 7 – Remoção de Turbidez (%), juntamente com os valores de saída de turbidez em NTU.

Lista de Abreviaturas:

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEADS - Centro de estudos Ambientais e de Desenvolvimento Sustentável

CEPIS - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitária

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

ENSP - Escola Nacional de Saúde Pública

ETE - Estação de Tratamento de Esgotos

FAO- Food and Agriculture Organization

IWMI- International Water Management Institute

NTU-Nefelometric Turbidity unit

OMS-Organização Mundial de Saúde

ONU-Organização das Nações Unidas

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

UERJ - Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UFC - Unidades Formadoras de Colônia

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

USEPA - United States Environmental Protection Agency

WMO - World Meteorological Organization

1- Introdução

Atualmente, o nosso planeta vem sofrendo inúmeras conseqüências decorrentes da ocupação humana, seu crescimento e desenvolvimento econômico. As atividades exercidas pelo ser humano, demandam matéria-prima e energia, gerando também uma gama de sub-produtos prejudiciais à sustentabilidade do planeta. Dentre os recursos disponíveis e extraídos da natureza, a água tem uma enorme importância, pois participa não somente das funções vitais de praticamente todos os organismos vivos, mas também pode ser considerada uma fonte de vida e de equilíbrio, não só para o homem e as diversas atividades por ele exercidas, mas também para os ecossistemas naturais.

Em contrapartida, ela possui características físico-químicas, fazendo com que consiga incorporar diversas substâncias (prejudiciais ou não), em sua composição, fazendo com que seja um dos recursos naturais mais vulneráveis aos problemas causados pelas atividades antrópicas.

Em relação à escassez da água, podemos considerar dois tipos de problemas: quantitativos e qualitativos. Quantitativamente, existem regiões onde há a escassez de água para suprir a demanda exercida por diversos tipos de atividades antrópicas, da mesma forma que em termos de qualidade, o recurso poderá estar disponível na quantidade requerida, porém, com a qualidade tal que não atenda aos padrões estabelecidos para uso, o que a torna também escassa da mesma forma.

Nos dias atuais, já se percebe que para reverter esta situação, e conseguir alcançar e manter um equilíbrio entre as demandas provocadas pela presença do homem na terra, e o volume disponível para uso humano, de forma a preservar os ecossistemas, uma adequada gestão dos recursos hídricos é um fator necessário, sendo que em algumas regiões esta necessidade é maior do que em outras.

1.1- Gestão dos Recursos Hídricos: Aspectos Quantitativos e Qualitativos

A gestão de recursos hídricos em geral é um tema complexo e de natureza interdisciplinar. Trata-se da utilização racional da água para diferentes finalidades, e do gerenciamento de seu destino final após o uso. Entre os diferentes usos da água destacam-

se: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, geração de energia, navegação, lazer e turismo, sendo que cada um destes usos, requer um determinado teor de qualidade. Contudo, além do uso da água, o gerenciamento de recursos hídricos, envolve o seu controle tanto do ponto de vista quantitativo (enchentes e secas e volume disponível para a demanda exercida), como o qualitativo (as próprias características naturais, a poluição e a contaminação).

Embora isto não aconteça na prática, a unidade geográfica natural para a gestão de recursos hídricos é a **bacia hidrográfica**. A justificativa decorre da interconexão existente entre o sistema de drenagem (riachos, rios e canais) e os impactos quantitativos e qualitativos que decorrem da utilização da água no seu interior. Ao contrário do ar que, dependendo do vento, pode fluir em diferentes direções, a água sempre escoar de montante (região mais alta da bacia hidrográfica) para jusante (a parte mais baixa). Assim, todos aqueles que são usuários da água captada em uma determinada bacia hidrográfica, estão fisicamente relacionados sendo que, aqueles localizados à montante, irão necessariamente impactar os de jusante em termos de quantidade e/ou qualidade de água. O controle de quantidade e de qualidade de água também poderá tornar-se uma tarefa complicada, dependendo de como o solo da bacia é ocupado e utilizado.

A legislação brasileira na área de águas, a Lei 9433 de Janeiro de 1997 estabeleceu a gestão de recursos hídricos no Brasil. Esta mesma lei estabeleceu ainda que, quantidade e qualidade de água são indissociáveis e devem fazer parte no equacionamento da gestão sustentável de nossos recursos hídricos.

A definição então é de que, o ato de gerir nossos recursos hídricos é buscar o equilíbrio entre a demanda e oferta de água dentro de uma bacia hidrográfica. Enquanto a oferta está ligada a fatores eminentemente físicos, a demanda inclui, além de fatores físicos (necessidades metabólicas humanas), outros fatores de natureza social, econômica e ambiental. As demandas estão atreladas às atividades humanas e necessidades ecológicas no interior da bacia hidrográfica, e podem ser agregadas por unidades geográficas e políticas cujos contornos, em geral, diferem daqueles da bacia hidrográfica.

2- OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo geral verificar a viabilidade do uso em irrigação das águas residuárias tratadas por um sistema de tratamento de esgotos constituído de fossa séptica, filtro anaeróbio e Zona de Raízes, e o atendimento aos requisitos de saúde pública estabelecidos por algumas diretrizes e legislações.

2.1 - Objetivos Específicos

- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do efluente lançado pelo sistema de tratamento de esgotos do CEADS – Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, localizado na Vila Dois Rios - Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro.
- Realizar uma pesquisa bibliográfica em relação às diretrizes e normas existentes para projetos de uso de efluentes tratados para irrigação.
- Enquadrar e comparar a qualidade obtida das análises do efluente, com as diretrizes e os padrões existentes, seus parâmetros utilizados e os respectivos valores limite estabelecidos, para que o reúso na irrigação não cause prejuízos à saúde.
- Verificar os possíveis destinos que podem ser dados para o efluente, de acordo com a qualidade microbiológica e físico-química.

3 - REVISÃO DE LITERATURA.

3.1 - Disponibilidade Hídrica e Demanda

Sabemos que a água está diretamente presente em todos os seres vivos ou, mesmo, constitui o habitat natural de muitas formas de vida. A água cobre mais de 70% da superfície terrestre e, é vital para toda a vida que habita o nosso planeta. É a substância mais abundante da natureza, ocorrendo nos rios, lagos, oceanos, mares e nas calotas polares. Até na atmosfera ela está presente na forma de vapor, podendo atingir em determinados locais, concentrações de até 4% em volume; sendo esta concentração definida como a umidade relativa do ar.

Em contrapartida, a disponibilidade mundial de água, tem relação estreita com o estilo de vida das pessoas e suas condições sócio-econômicas, o perfil cultural da população, o crescimento industrial e agrícola da região, a sustentabilidade ambiental, e até mesmo os processos naturais como clima, precipitação, insolação e outros.

As necessidades de água para a sustentação da vida humana não se restringem tão somente à água consumida diretamente pelas populações apenas para sua subsistência. Tem-se um extenso rol de outros consumos, tais como aqueles relativos à higiene pessoal, à preparação de alimentos, aos serviços de limpeza, à agropecuária.

Com o intenso processo de urbanização, industrialização e de expansão demográfica que o Brasil, e o Mundo em geral, experimentaram no Século XX, aumentaram muito as demandas de água associadas aos diferentes setores produtivos, além do uso intensivo dos recursos hídricos para transportar, diluir e assimilar os efluentes urbanos, industriais e agrícolas. Não se pode deixar de mencionar também a utilização das águas nas atividades de recreação e lazer como o turismo e esportes; para a geração de energia; na navegação; no desenvolvimento aquicultura, etc.

Nas áreas urbanas mais desenvolvidas os consumos diários de água tratada variam de 150 litros até 500 litros por habitante, dependendo, de um lado, das condições de disponibilidade efetiva dos mananciais de suprimento de água bruta, e da capacidade instalada de tratamento e distribuição (BROWN, 2002).

Por um outro lado, como já apresentado anteriormente, esta demanda per capita é bastante influenciada pelas condições climáticas existentes, pelos hábitos ou perfil cultural e regional das populações, e pela maior ou menor presença de indústrias altamente consumidoras de água (por exemplo, fábricas de celulose, frigoríficos e curtumes), além de depender de diversas outras variáveis específicas de cada centro urbano.

Conforme o World Meteorological Organization das Nações Unidas -WHO (1997), o consumo mundial de água cresceu mais de seis vezes entre 1900 e 1995 - mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial.

Globalmente, embora as fontes hídricas sejam abundantes, elas são mal distribuídas na superfície do planeta. Em algumas áreas, as retiradas são tão elevadas quando comparadas com a oferta, que a disponibilidade superficial de água está sendo reduzida, e os recursos subterrâneos rapidamente esgotados. Esta situação tem causado sérias limitações para o desenvolvimento de várias regiões, restringindo o atendimento às necessidades humanas e degradando ecossistemas aquáticos.

Levantamentos realizados pela WMO (1997) indicam que um terço da população mundial vive em regiões de moderado a alto stress hídrico, ou seja, com um nível de consumo superior a 20% da sua disponibilidade de água. As estatísticas da WMO demonstram que, nos próximos 30 anos, a situação global das reservas tende a piorar consideravelmente, caso não ocorram ações para melhoria da gestão da oferta e demanda de água. Segundo a WMO (1997), nesse mesmo cenário, é prevista uma elevação para dois terços dos habitantes do planeta, vivendo em áreas de moderado a alto estresse hídrico.

Melhorias em conservação e tecnologia diminuirão o uso de água doméstico per capita em países desenvolvidos com altas taxas de consumo per capita. Em função da relação entre escassez de água e escassez de alimentos, conforme relatório do IWMI-International Water Management Institute (2002), projeta-se que em 2025 a escassez de água causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas da produção de alimentos. Caso não se alterem as políticas e as prioridades, em vinte anos, não haverá água suficiente para as cidades, os domicílios, o ambiente natural e cultivo de alimentos.

A crescente competição por água, também limitará severamente sua disponibilidade para a irrigação, o 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, o que resultaria em significativo aumento da taxa de desnutrição, já que muitos povos pobres, em países em desenvolvimento, já gastam mais da metade de sua renda em alimentação.

Outro fator preocupante refere-se ao crescimento da população, gerando aumento na demanda de água. Conforme Brown (2002), a maior parte das 80 milhões de pessoas que são adicionadas à população mundial a cada ano, está nascendo em países que já sofrem escassez de água. Porém, a recuperação de um equilíbrio entre a oferta e a demanda da água, em todo o mundo, poderá agora depender principalmente da estabilização populacional nestes países com déficit hídrico.

Segundo Onyango (2002), há uma previsão de que até o ano de 2025, a retirada de água, principalmente para usos domésticos, industriais e para a pecuária, terá um aumento de pelo menos 50%. E este aumento, limitará severamente a retirada de água para irrigação.

Cerca de 250 milhões de hectares são irrigados ao todo atualmente, correspondendo a uma área aproximadamente cinco vezes maior do que no início do século XX. A irrigação tem ajudado a aumentar a produção dos campos agrícolas e a estabilizar a produção e o preço dos alimentos. Mas o crescimento populacional, apenas aumentará a demanda de água para irrigação, visando atender as necessidades de produção de alimentos, e que prejudicialmente, através do manejo inadequado, causam o rebaixamento nos lençóis freáticos, danificação do solo e também a redução da qualidade da água. Além da escassez hídrica, que é grave em diversas regiões, deve-se considerar a questão da poluição concentrada e difusa de corpos hídricos. Processos de eutrofização, metais pesados, acidificação, poluentes orgânicos e outros efluentes tóxicos degradam os corpos hídricos de áreas densamente povoadas.

Segundo Beekman (1996), como a demanda pela água continua a crescer, o retorno das águas servidas através do reúso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, não somente em

regiões áridas, como também em regiões úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável.

Assim, o reúso de água para diversos fins, incluindo o da irrigação, surge então como alternativa para aumentar a oferta de água, garantindo economia do recurso e racionalização do uso desse bem. Diversos países já utilizam essa tecnologia e possuem regulamentação específica na temática. Porém o Brasil ainda está em fase embrionária na efetivação e regulamentação da técnica, com grande potencial de crescimento.

3.2-O caso do Brasil

Em se tratando de disponibilidade hídrica e demanda, os maiores desafios brasileiros residem nas grandes concentrações urbanas, que já apresentam condições críticas de sustentabilidade. O excesso de cargas de poluição doméstica, industrial e a ocorrência de enchentes urbanas, contaminam os mananciais, e ainda existe uma forte demanda de água. Com isto, a tendência à redução de disponibilidade hídrica dessas áreas é significativa.

Relativo a algumas metrópoles brasileiras, nos dias de hoje já se observam freqüentes iracionamentos em Recife e São Paulo. A Região Metropolitana de São Paulo, que importa a maior parte da água da Bacia hidrográfica do Rio Piracicaba devido à contaminação dos mananciais vizinhos, está praticamente sem opções de mananciais, e ainda assim, possui uma perda não faturada de cerca de 40% de água tratada. (TUCCI *et al*, 2001).

Além dos problemas de natureza antrópica como a contaminação e a poluição de nossos mananciais, existem os problemas de escassez natural causados por mudanças no regime hidrológico. De acordo com notícia publicada no Jornal do Brasil/RJ em 19/02/2005, quarenta e três municípios do Estado de Santa Catarina estavam em estado de emergência devido à forte estiagem, sendo que região mais atingida foi o oeste catarinense, mas municípios da região sul do estado também registram prejuízos devido a falta de chuva. A falta de água no estado já compromete a safra de 2005 e já causa problemas no consumo nas residências.

No município de Peritiba (região oeste catarinense), o abastecimento de água vem sendo feito somente duas vezes ao dia: de manhã e à noite. Em Seara, também no oeste do estado, a água está chegando às torneiras em dois horários diferentes. Comércio e escolas recebem a água no período da manhã; residências à noite. Em termos agrícolas, no sul do estado, as lavouras de arroz foram as mais atingidas pela estiagem e as perdas chegaram a 20% da área plantada.

Outro estado que vem vivendo nos últimos anos uma de suas maiores secas é o Rio Grande do Sul, com chuvas que não passam de 20 a 30% do que seria normal. 427 municípios do estado (do total de 496) também estão em situação de emergência, devido à falta de água suficiente para abastecimento, prejudicando 712 mil pessoas. É grande a devastação também no meio rural, onde já foi perdida a maior parte da soja plantada, e grande parte das plantações de milho, além de estragos significativos nas demais culturas (Jornal O Globo em 13/03/2005).

Assim sendo, para enfrentar estes problemas que ocorrem em escala global, a resposta dada pelo ser humano, vem sendo o estudo e a aplicação de processos de tratamento do descarte produzido pelo uso da água, que sejam cada vez mais eficientes, além de programas educacionais e de incentivo ao uso racional e conservativo da água. Em tais programas, são utilizados processos de intervenção na sociedade, tais como, projetos de educação ambiental para pequenas comunidades, e também os que abrangem grandes regiões.

Os projetos de captação e aproveitamento de águas de chuva também são de grande importância, visto serem uma fonte excelente de água, e provavelmente livre de substâncias prejudiciais ao homem. Convém lembrar que isto também irá depender da região de captação, pois a captação de águas de chuva em grandes cidades, com alto nível de poluição atmosférica pode ser problemática, quando não for bem gerenciada.

Atualmente, em nosso país, existem projetos na Região do semi-árido com objetivos de garantir e ampliar o acesso à água de boa qualidade para a população local. Através de alguns projetos (Ex: Projeto P1MC), foram instaladas diversas cisternas rurais garantindo água a um milhão de famílias nordestinas. Tais cisternas são construídas em pequenas comunidades, onde se consegue armazenar grandes volumes de água de chuva.

Também no semi-árido no Programa Água Doce, estão sendo instalados diversos equipamentos dessalinizadores, em vista de grande quantidade de água subterrânea existente na região, conter teor de sais elevados. (ANA, 2003).

Em diversas regiões, também estão sendo implantados os chamados sistemas de reutilização de águas cinzas para diversos fins. As águas cinzas são provenientes de pias, tanques de lavar roupas, águas de lavagem do piso, águas de banho, ou seja, são as águas que não tem contato com material fecal. Um outro processo importante, no campo da reutilização de água, é a análise e a implantação de sistemas de reutilização de efluentes sanitários tratados para diversos fins, fazendo com que a demanda e a carga poluidora sobre nossas fontes sejam reduzidas, assim como os custos de tratamento para fins não potáveis também sejam.

Como podemos observar através do Quadro 1, em estudo feito pela Fundação Getúlio Vargas e publicado no ano de 1998, a demanda por água no Brasil está essencialmente destinada aos seguintes usos: Abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação, e uso industrial. Pode-se observar uma demanda de água para a irrigação de 64,7%, onde este valor supera todas as outras demandas. Com isto pode-se afirmar que a maior pressão sobre nossas fontes de recursos hídricos, em termos de demanda, é exercida pelos sistemas de irrigação atuais. Isto nos leva a crer que os projetos de uso racional e conservação dos recursos hídricos estejam voltados em sua maioria para a irrigação, fazendo com que tal pressão seja reduzida, e os problemas existentes amenizados.

Sistemas de irrigação com a utilização de efluentes domésticos tratados podem ser bastante benéficos neste caso, se forem levados em consideração alguns requisitos que são recomendados a serem seguidos em tais projetos. O requisito mais importante segundo alguns autores (BOUWER, 1989; ASANO & MILLS, 1990; ASANO *et al.*, 1992), é o requisito de proteção à saúde pública.

Qualquer que seja o programa implantado de utilização de efluentes, o mesmo deverá assegurar a saúde da população, fazendo com que a população não fique vulnerável a doenças de veiculação hídrica. A população deve estar protegida de concentrações acima das permitidas, para bactérias patogênicas, alguns vírus, alguns tipos de protozoários, e

também espécies de parasitas. Deve também estar protegida contra a exposição e o contato direto com esta água.

Adicionalmente, deve ser respeitado o meio ambiente, e existem alguns requisitos em termos de agronomia, que dizem respeito à qualidade da água, dependendo do tipo de cultura que irá receber a aplicação do efluente.

Quadro 1. Consumo de água em 10⁶ m³ por ano FONTE: FGV, (1998)

Bacia Hidrográfica	Humano	Dessedentação	Irrigação	Industrial	Total 10 ⁶ m ³	%
Amazonas	279	225,8	6002,4	52,3	6559,5	10,3
Tocantins	180,3	211,3	1602,6	78	2072,2	3,3
Atlântico N/NE	2105,8	277,2	4206,3	1617,7	8207	12,9
São Francisco	876,5	220,5	5085,6	926,5	7109,1	11,2
Atlântico Leste	2705,8	13,3	380	2056,8	5155,9	8,1
Atlântico Sul	664,8	204,9	9796,3	535,5	11201,4	17,6
Paraná	3251,8	1379,2	7858,6	3518,6	16008,2	25,2
Paraguai	127,2	325,2	1287	35	1774,4	2,8
Uruguai	249,5	282	4942,3	12,3	5486,1	8,6
Totais	10447,7	3139,5	41161,1	8832,6	63573,8	100
m ³ /s	331,1	99,6	1305,2	280,1	2015,9	
% do Total	16,4	4,9	64,7	13,9	100	

3.3 - Águas residuárias e os aspectos de Saúde pública: Características das Águas Residuárias

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos, pela possibilidade de nos causarem efeitos adversos na saúde, e também ao meio ambiente. Dentre as substâncias orgânicas encontradas nos esgotos, estão os carboidratos, as gorduras, as proteínas, os detergentes sintéticos e também os respectivos produtos de suas decomposições (JORDÃO & PESSOA, 1995).

Os esgotos municipais também contêm uma variedade de substâncias inorgânicas, incluindo um grande número de elementos potencialmente tóxicos como cromo, cádmio, arsênico, dentre outros. Mesmo contendo concentrações permitidas e que não causem riscos ao ser humano, dependendo da concentração presente, o uso na agricultura é limitado (JORDÃO & PESSOA, 1995).

Contudo, em termos de saúde pública, a utilização de efluentes na irrigação tem que ser precedida de uma análise detalhada de alguns parâmetros qualitativos, sendo eles de natureza físico-química, e também microbiológica. Os esgotos sanitários contêm uma grande quantidade de micro e macro organismos patogênicos. Alguns microorganismos estão presentes nos esgotos, e sobrevivem no ambiente por longos períodos de tempo, conforme apresentado no Quadro 2, abaixo.

Quadro 2. Tempo de sobrevivência em dias de organismos patogênicos a 20-30 °C.

Microorganismos Patogênicos	Água e Água Residuária	Culturas	Solo
Vírus	< 120 . Usualmente < 50	< 60 . Usualmente < 15	< 100 . Usualmente < 20
Bactéria	< 60 usualmente < 30	< 30 . Usualmente < 15	< 70 . Usualmente < 20
Protozoários	< 30 usualmente < 15	< 10 . Usualmente < 2	< 70 . Usualmente < 20
Helmintos	Vários meses	< 60 . Usualmente < 30	Vários meses

(Fonte: USEPA 1992).

Dentre os diversos tipos possíveis destes organismos prejudiciais ao homem, alguns indicadores são utilizados, para correlacionar a possibilidade da presença deles. O grupo de bactérias Coliformes é um grupo com relativa facilidade de detecção e contagem, daí a

sua utilização como indicador de contaminação por esgotos domésticos. A bactéria *Escherichia coli* pertencente a este grupo, é largamente utilizada como indicadora.

Porém não somente estes microorganismos estão presentes nos esgotos, e sendo assim, a utilização e análise de outros parâmetros e indicadores seria necessário para se conhecer o real risco de utilizar efluentes para determinados fins, já que apenas são feitas correlações através das concentrações possivelmente detectadas.

De forma a se ter parâmetros de qualidade, as Tabelas 1 e 2 apresentam as principais características físicas e químicas dos esgotos domésticos, a Tabela 3 os valores quantitativos, e a Tabela 4, as características microbiológicas.

Tabela 1 – Principais características físicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
Temperatura	Ligeiramente superior à da água de abastecimento
	- Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar)
	- Influência na atividade microbiana
	- Influência na solubilidade dos gases
Cor	- Influência na viscosidade do líquido
	- Esgoto fresco: ligeiramente cinza
	- Esgoto Séptico: cinza escuro ou preto
Odor	- Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável.
	- Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição
	- Despejos Industriais: odores característicos
Turbidez	- Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão
	- Esgotos mais frescos ou mais concentrados geralmente maior turbidez

Fonte: von Sperling, 1995; adaptado de Qasim, 1985

Tabela 2 – Principais características químicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Descrição
SÓLIDOS TOTAIS	Orgânicos e inorgânicos: suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.
Em suspensão	- Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis (não dissolvidos)
- Fixos	- Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão.
- Voláteis	- Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão.
Dissolvidos	- Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são filtráveis. Normalmente considerados com dimensão inferior a 10^{-3}
-	
Fixos	- Componentes minerais dos sólidos dissolvidos.
- Voláteis	- Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos.
Sedimentáveis	- Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação
MATÉRIA ORGÂNICA	Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas
Determinação	Carboidratos e lipídios
Indireta	
DBO ₅	- Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20° C. está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica.
DQO	- Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em condições ácidas.
DBO última	- Demanda Última de Oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microrganismos para a estabilização bioquímica da matéria orgânica.
Determinação direta	- Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea
COT	É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.
NITROGÊNIO TOTAL	O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)
Nitrogênio orgânico	- Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia
Amônia	- Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico
Nitrito	- Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto
Nitrato	- Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto
FÓSFORO	- O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico
Fósforo orgânico	- Combinado à matéria orgânica.
Fósforo inorgânico	- Ortofosfato e polifosfatos.
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o pH.
ALCALINIDADE	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência às variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH ⁻).
CLORETOS	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos
ÓLEOS E GRAXAS	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes são óleos e gorduras utilizados nas comidas

Fonte: Von Sperling, 1995; adaptado de Arceivala, 1981; Qasim, 1985; Metcalf & Eddy, 1991.

Tabela 3 – Principais características quantitativas químicas e físicas dos esgotos domésticos

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab. d).		Concentração		
	Faixa	Típico	Unidade	Faixa	Típico
SÓLIDOS TOTAIS	120 – 220	180	mg/l	700 – 1350	1100
Em suspensão	35 – 70	60	mg/l	200 – 450	400
- Fixos	7 – 14	10	mg/l	40 – 100	80
- Voláteis	25 – 60	50	mg/l	165 – 350	320
Dissolvidos	85 – 150	120	mg/l	500 – 900	700
- Fixos	50 – 90	70	mg/l	300 – 550	400
- Voláteis	35 – 60	50	mg/l	200 – 350	300
Sedimentáveis	-	-	ml/l	10 - 20	15
MATÉRIA ORGÂNICA					
Determinação Indireta					
DBO ₅					
DQO	40 – 60	50	mg/l	200 – 500	350
DBO última	80 – 130	100	mg/l	400 – 800	700
Determinação direta	60 – 90	75	mg/l	350 – 600	500
COT					
	30 – 60	45	mg/l	170 – 350	250
NITROGÊNIO TOTAL					
Nitrogênio orgânico	2,5 – 5,0	3,5	mgN/l	15 – 30	20
Amônia	3,5 – 7,0	4,5	mgNH ₃ -N/l	20 – 40	30
Nitrito	=0	=0	mgNO ₂ -N/l	=0	=0
Nitrato	0,0 – 0,5	=0	mgNO ₃ -N/l	0 – 2	=0
FÓSFORO					
Fósforo orgânico	0,3 – 1,5	0,8	mgP/l	2 – 8	4
Fósforo inorgânico	0,7 – 3,0	1,7	mgP/l	4 – 17	10
PH					
	-	-	-	6,7 – 7,5	7,0
ALCALINIDADE					
	20 – 30	25	mgCaCO ₃ /l	110 – 170	140
CLORETOS					
	4 – 8	6	mg/l	20 – 50	35
ÓLEOS E GRAXAS					
	10 – 30	20	mg/l	55 – 170	110

Fonte: von Sperling, 1995; adaptado de Arceivala, 1981, Pessoa & Jordão, 1982; Qasim, 1985; Metcalf & Eddy, 1991.

Tabela 4 – Microrganismos presentes nos esgotos domésticos brutos

Microorganismos	Contribuição per capita (org/hab.d)	Concentração (org/100ml)
Bactérias totais	10 ¹² – 10 ¹³	10 ⁹ – 10 ¹⁰
Coliformes totais	10 ⁹ – 10 ¹²	10 ⁶ – 10 ⁹
Coliformes fecais	10 ⁸ – 10 ¹¹	10 ⁵ – 10 ⁸
Estreptococos fecais	10 ⁸ – 10 ⁹	10 ⁵ – 10 ⁶
Cistos de protozoários	<10 ⁶	<10 ³
Ovos de helmintos	<10 ⁶	<10 ³
Vírus	10 ⁵ – 10 ⁷	10 ² – 10 ⁴

Adaptado parcialmente de Arceivala, 1981.

3.3.1-Microorganismos Patogênicos

Os constituintes indesejáveis e prejudiciais do ponto de vista da saúde pública, que estão presentes nos esgotos domésticos, podem ser divididos em quatro grupos bem definidos: bactérias, vírus, helmintos ou parasitas e protozoários.

Estes microorganismos estão presentes em material fecal, onde após serem lançados no meio ambiente, contaminam o ser humano através da ingestão direta (via oral) ou do simples contato com a pele, o que irá depender do tipo de microorganismo, do mecanismo de infecção do mesmo, e até mesmo da dose infectiva dele. (Quadro 3). Em seguida uma apresentação mais detalhada destes seres prejudiciais ao homem

Quadro 3 Microorganismos presentes nos esgotos e suas doses infectivas. (Fonte USEPA 1992)

Microorganismos Patogênicos	Dose Infectiva.
Bactérias:	
<i>Shiguella spp</i>	180
<i>Salmonella sp</i>	10^4 - 10^6
<i>Escherichia coli</i>	10^6 - 10^{10}
Protozoários:	
<i>Giardia spp</i>	< 10
<i>Cryptosporidium spp</i>	< 10
<i>Entamoeba spp</i>	< 10
Vírus:	
<i>Enterovírus</i>	1 – 10
<i>Adenovírus</i>	1 – 10
<i>Hepatite A</i>	1 – 10
<i>Rotavírus</i>	1 - 10
Helmintos:	
<i>Ascaris spp</i>	1 – 10
<i>Ancylostoma spp</i>	1 – 10
<i>Stongiloides spp</i>	1 – 10
<i>Trichuris spp</i>	1 – 10

3.3.1.1-Vírus

Dentre os causadores de doenças presentes nos esgotos domésticos, os vírus são considerados de grande importância, e motivo de significativa preocupação em termos de saúde humana. Os esgotos domésticos podem conter uma grande quantidade de vírus, que possivelmente são potenciais causadores de doenças. Estes microorganismos são importantes devido à alta resistência aos processos de tratamento de esgotos, além de serem capazes de causar infecção em concentrações muito mais baixas quando comparados com os outros. Além disso, a detecção de tais constituintes em esgotos domésticos também é problemática, devido ao acesso e ao custo das tecnologias disponíveis existentes.

Todos os vírus patogênicos encontrados nos esgotos domésticos são lançados no ambiente através de contaminação fecal de pessoas que já estejam infectadas. Os tipos de vírus mais comuns encontrados nos esgotos são os vírus entéricos. Dentre eles podemos destacar o poliovírus do tipo 1 e 2, o enterovírus, o echovírus e o coxsackievírus.

Até mesmo o vírus da Hepatite A, que é frequentemente detectado e isolado em material fecal, também pode ser considerado um vírus entérico (INTERNATIONAL NOMENCLATURE OF DISEASE, 1983). Existem outros tipos de vírus que também são encontrados em esgotos domésticos, e são potenciais causadores de complicações como, o adenovírus, o rotavírus, o reovírus, o astrovírus, e o calicivírus, também incluindo o norwalk-vírus.

Estes microorganismos causam problemas, como gastroenterites, infecções respiratórias, diarreias, pneumonia e conjuntivite (CRUZ *et al*, 1990; MARX *et al*, 1995). De acordo com Gerba *et al* (1996), o rotavírus é considerado o mais perigoso de todos os enterovírus, devido sua alta capacidade de infecção em doses extremamente baixas, sendo considerado assim, de alto risco quando presente em esgotos domésticos.

Alguns dados dizem respeito ao alto poder de infecção de vírus principalmente em crianças, idosos ou pessoas que apresentam imunodeficiência.

3.3.1.2-Bactérias

As bactérias são os microorganismos mais abundantes em se tratando esgotos domésticos. Existe uma grande variedade de tipos de bactérias possivelmente encontradas sendo que, mesmo com a maioria delas sendo de origem intestinal, alguns tipos que não causam problemas entéricos já foram detectados: a) *Legionella spp*, b) *Mycobacterium spp*, e c) *Leptospira* (FLIERMANS, 1996; NEUMAN *et al*, 1997; WILSON & FUJIOKA 1995).

As doenças gastro-intestinais estão entre as doenças mais comuns causadas por bactérias patogênicas presentes nos esgotos domésticos, na qual a diarreia funciona como o maior indicador. Como exemplo temos a cólera causada pelo vibrião da cólera, a salmonelose, causada por algumas espécies de *Salmonella*, e a disenteria que é causada por várias das espécies de *Shigella* e de *Salmonella*, também podendo ser causada em alguns casos isolados, por bactérias enteropatogênicas *Escherichia coli* (GRANT, *et al* 1996).

De acordo com Bryan (1977), algumas culturas irrigadas com efluentes domésticos estavam contaminadas por *Salmonella typhi*, espécie de bactéria causadora da febre tifóide. Já as bactérias do tipo *Helicobacter* e *Campylobacter*, são conhecidas por serem as causadoras da maioria dos problemas de gastro-enterite aguda humana (WESLEY, 1996).

Doenças que não ocasionam problemas intestinais, porém causadas por enterobactérias, também são comuns em águas contaminadas por *Legionella*, que causa um tipo de pneumonia fatal, a legionelose, e também a *Leptospira* que causa a leptospirose.

As bactérias também podem ser fontes de contaminação através de alimentos irrigados ou lavados com água contaminada, causando intoxicação alimentar. Dentre as mais comuns estão *Staphilococcus aureus*, o *Escherichia coli*, o *Clostridium perfringens* e a *Salmonella spp*. De acordo com Ashbolt, *et al* (1995) existem outros tipos de bactérias, denominadas oportunistas, que também estão presentes em efluentes tanto brutos quanto tratados, que podem ser do gênero *Streptococcus*, e *Pseudomonas*. Tais tipos de bactérias, em casos de grande oferta de nutrientes, se reproduzem e crescem rapidamente, como é o caso dos esgotos, que contêm uma grande concentração de nutrientes. Com isso, os

efluentes constituem-se um alto fator de risco de causarem doenças, dependendo da concentração existente.

3.3.1.3-Protozoários

As principais fontes de protozoários causadores de doenças são os esgotos domésticos, onde diversos tipos destes microorganismos já foram detectados e isolados. Dentre eles, os mais comuns encontrados são: a) *Entamoeba histolytica*, b) *Giardia intestinalis* que também é conhecida por *Giardia lamblia*, e c) *Cryptosporidium parvum*. Estes tipos de protozoários são entéricos e com isto, facilmente detectados em áreas com incidência de contaminação fecal.

A contaminação e infecção por estes tipos de protozoários são decorrentes da ingestão de alimentos ou de água, que contem cistos ou oocistos destes seres. A ocorrência de cistos e oocistos de *Giardia* e *Cryptosporidium* se dá em diversas regiões do planeta, inclusive em corpos aquáticos superficiais, como rios e estuários (FERGUSSON *et al.* 1996; HAAS & ROSE. 1996; HO *et al.* 1995; KFIR *et al.* 1995; ONGERTH *et al.* 1995; WALLIS *et al.* 1996).

Já a *Entamoeba histolytica* também é encontrada em diversas regiões do planeta, porém de acordo com Feachem *et al.* (1983), elas prevalecem em regiões tropicais. Estes três tipos de protozoários são de grande importância em casos de utilização de águas residuárias para qualquer fim que seja, pois são responsáveis por doenças de veiculação hídrica em diversas regiões, principalmente devido sua resistência aos processos de tratamento e de desinfecção.

Segundo Mackenzie *et al* (1993) o *Criptosporidium* é causador de inúmeros casos de doenças originadas de águas de abastecimento nos Estados Unidos, principalmente no estado de Wisconsin, onde 430 000 pessoas já foram infectadas em um intervalo de apenas dois meses. Já a *Giardia* é o principal agente contaminante de fontes de águas superficiais no país causando também inúmeros casos de giardíase (CRAUN, 1988). Em relação a *Entamoeba histolytica*, de acordo com Feachem *et al* (1983), ela é responsável por cerca de 10 a 30 % de casos de desinteria amebiana em todo o planeta.

Um outro problema que diz respeito a estes tipos de protozoários, é que eles são capazes de terem não só o homem como hospedeiro, mas também alguns tipos de animais, que funcionam como hospedeiros intermediários, fazendo com que aumente o risco de contaminação de águas superficiais e também de esgotos domésticos. Estes casos são bem comuns em regiões que se utilizam de reservatórios para armazenar efluentes brutos ou tratados, para posterior utilização (GRACZYK *et al.* 1996).

3.3.1.4-Helminhos

Os helmintos são parasitos comuns do trato intestinal do ser humano, que da mesma forma dos protozoários, também são transmitidos por via feco-oral. Estes parasitos normalmente necessitam de um hospedeiro intermediário para se desenvolverem, e tornarem-se viáveis de contaminar o homem.

Quando se trata de uso de efluentes, o problema é que tais parasitos são comumente encontrados em esgotos, onde são lançados por pessoas infectadas, sendo eles principalmente: *Ascaris Lumbricoides*, *Ancilostoma duodenales*, *Necator americanus*, e o *Trichuris trichiura*. Existem outros tipos que contaminam o homem, como exemplo o *Strongloides stercoralis*, porém sendo estes quatro os mais comuns, e de maior preocupação para a saúde pública.

A distribuição geográfica dos helmintos depende de alguns fatores, sendo principalmente fatores de natureza social e econômica. As regiões com carência de infraestrutura sanitária, educacional, alta densidade demográfica dentre outros fatores, são áreas potencialmente favorecidas a terem problemas de parasitas (KHUROO, 1996).

Em regiões como a Ásia, América Latina e a África, estes parasitas são endêmicos, sendo o mais encontrado entre eles, o *Ascaris lumbricoides*. Isto não significa que em regiões mais desenvolvidas, tais como, Austrália, Europa e os Estados Unidos, não ocorram problemas de contaminação, porém em taxas bem mais baixas (KHUROO, 1996). De acordo com Fisher *et al.*, (1993) o *Strongloides stercoralis*, é endêmico na região norte da Austrália, infectando principalmente, membros da população de aborígenes, onde com isto, os projetos de reúso da região devem levar em consideração este problema para que se proteja a saúde da população. De acordo com a OMS, os

helminthos são considerados o principal problema, quando se trata da aplicação de efluentes tratados na agricultura, principalmente para as crianças (WHO, 1989).

Um estudo feito por Udonsi *et al*, (1996), demonstrou que a infecção por parasitos, é um problema que aflige principalmente crianças, causando problemas de desenvolvimento físico e mental, além de desnutrição. Isto, porque os ovos destes parasitos, após desenvolverem o embrião, dependendo das condições ambientais e do teor de umidade do solo, podem sobreviver por longos períodos no próprio solo, atingindo assim, as crianças que geralmente andam e brincam descalças nestes locais. Por isto, a preocupação da OMS, quanto a aplicação de efluentes na agricultura, e de forma indireta a aplicação no solo.

3.4 - Delimitação dos Estudos

Existem estudos e análises de dados epidemiológicos, que posteriormente serão discutidos com mais detalhes, comprovando que a utilização de águas residuárias na agricultura de forma inadequada, pode trazer sérios riscos de saúde pública, principalmente em determinados grupos expostos, como os trabalhadores rurais, seus familiares, dentre outros (WHO, 1989).

A OMS publicou um relatório onde foram estabelecidas diretrizes, com o objetivo de incentivar o uso de esgotos tratados na agricultura, porém de forma a não causar riscos à saúde pública. A proteção à saúde pública, se dá partir do momento, em que algumas medidas são tomadas, como por exemplo, algum processo de tratamento do efluente, que alcance uma determinada qualidade microbiológica para uso.

Os principais objetivos são a eliminação de organismos patogênicos, evitando assim problemas de contaminação e enfermidades nos trabalhadores rurais, seus familiares, manuseadores dos produtos gerados, pessoas que moram próximas ao local de aplicação do efluente, e dos consumidores dos produtos finais.

Mas, não somente esta medida deverá ser implantada. As medidas e opções técnicas para proteger a saúde pública, são de natureza multidisciplinar e podem ser divididas em quatro categorias principais:

- Tratamento dos efluentes domésticos;
- Restrição dos cultivos ou culturas;
- Métodos de aplicação dos efluentes;
- e controle de exposição humana.

Estas medidas quando tomadas em conjunto, nos darão uma eficiência e confiabilidade nos projetos implantados, reduzindo, ou até mesmo, eliminando totalmente os possíveis riscos. Apesar da restrição de cultivos, e até mesmo algum processo de tratamento do efluente que faça com que se tenha uma qualidade aceitável, dependendo do método da aplicação deste efluente, ou mesmo da forma de exposição humana, em relação tanto à frequência, quanto o tempo de exposição, o projeto poderá acarretar riscos.

Por isso, o ideal é trabalhar com as quatro opções em conjunto. Conforme explicado por Blumenthal (1988), estas medidas quando não aplicadas em paralelo, não são totalmente eficazes, por não protegerem simultaneamente os consumidores dos produtos agrícolas e os trabalhadores rurais, que constituem os segmentos da população sob maior risco.

De acordo com o Diagrama de Adelbodem (BLUMENTHAL, 1988), representado na Figura 1, esse gráfico, estabelecido em uma reunião de consultores da OMS e do PNUMA, identifica através de cinco faixas concêntricas, as etapas do percurso realizado pelos microorganismos patogênicos, desde o esgoto propriamente dito, até o trabalhador, e finalmente o consumidor. A circunferência em negrito entre as faixas do vegetal e do trabalhador, representa uma barreira que não deve ser transposta pelos patógenos. O nível de contaminação do esgoto, da lavoura, e da planta, é caracterizado pelo tipo de convenção empregada. Na região central, por sua vez, as diferentes convenções, representam o grau de risco para o trabalhador e para o consumidor. As áreas brancas indicam inexistência de risco para a saúde pública, ou seja, que a estratégia adotada, permite o uso de esgotos com segurança.

Com relação ao setor superior do diagrama, pode-se observar que o uso do esgoto bruto, sem medidas de proteção, resulta em contaminação de todos os elementos, e em alto risco para os trabalhadores e consumidores. Por outro lado, este risco é eliminado

quando os patógenos são removidos em sua origem, através de tratamento completo do esgoto, como é o caso do Regime H.

Movendo-se ao redor do diagrama no sentido horário, observam-se, inicialmente, as opções de proteção sanitária adotadas isoladamente. No Regime A, fica evidente que a restrição de vegetais cultivados, é uma boa forma de proteção dos consumidores, já que os vegetais produzidos neste caso, não são para consumo humano ou serão cozidos antes de ingeridos. Cereais, alimentos industrializados, forragens, pastagens e árvores são exemplos que se enquadram nessas condições. Essa medida não impede, porém, que os trabalhadores permaneçam sujeitos a altos riscos, já que eles continuam expostos aos patógenos existentes no esgoto, no solo e na vegetação.

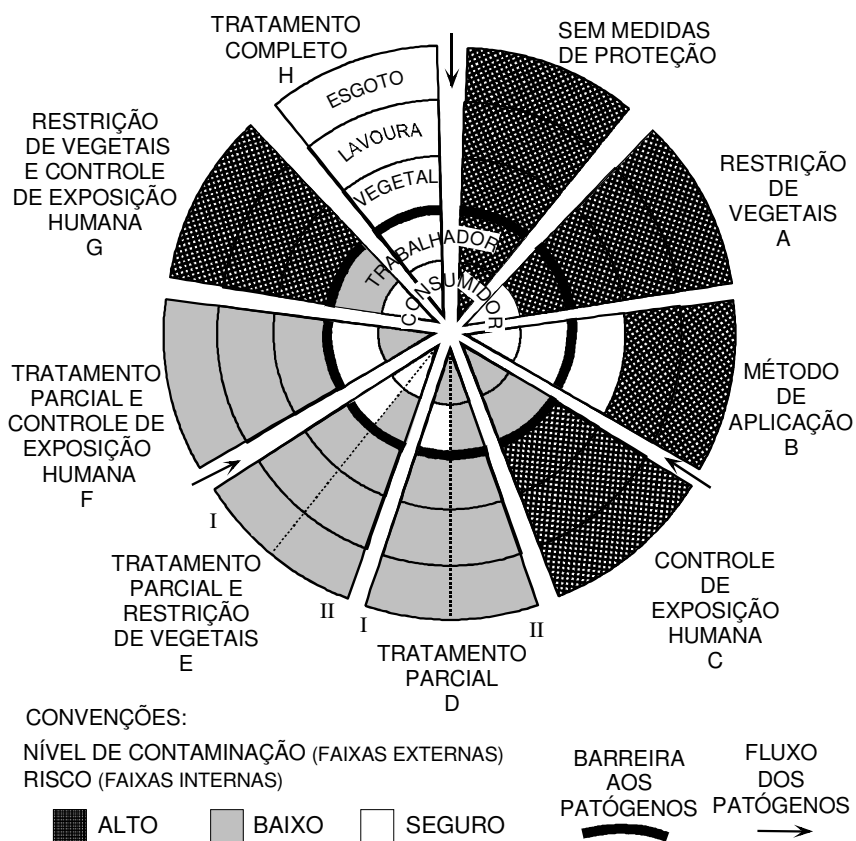


Figura 1 - Diagrama de Adelbodem (Fonte: Blumenthal, 1988)

No Regime B, se utiliza algum método de aplicação do esgoto que seja adequado à situação. Esta medida pode ser bastante eficaz, já que se a rega for realizada diretamente nas raízes do vegetal, por exemplo, através do método de irrigação localizada por gotejamento, não ocorre contaminação, nem onde os trabalhadores transitam, nem na parte comestível da planta, ficando assim, seguros tanto os trabalhadores, quanto os consumidores e até mesmo os vegetais. A irrigação localizada é a maneira que ainda apresenta as vantagens da utilização mais eficiente da água e da maior produtividade agrícola. Entretanto, apesar do tratamento de esgoto para remoção de patógenos poder ser dispensado, o método exige tratamento substancial para remoção dos sólidos sedimentáveis e também é um método com altos custos de implantação.

Os métodos de controle de exposição humana utilizados no Regime C, têm como finalidade evitar o contato direto das pessoas com os patógenos ou, em última instância, impedir que eles provoquem a manifestação de doenças. Observa-se que neste regime, onde somente é utilizada a medida de proteção humana, tanto os trabalhadores como os consumidores ainda têm um baixo risco de contaminação como mostra na Figura 1. Com isto, no caso dos consumidores, a melhoria do nível de higiene e o cozimento adequado dos alimentos contaminados são necessários, porém, como tais medidas na prática, são raramente bem sucedidas, permanece um risco, ainda que em nível reduzido. Já as medidas de proteção dos trabalhadores, incluem: uso de roupas protetoras; melhoria do nível de higiene; vacinação; e controle quimioterapêutico de infecções específicas, que pode ser adotado temporariamente em caráter paliativo.

No Regime D existem duas situações distintas. No Regime D_I, em que se leva em consideração o sistema de tratamento em SLE (Sistemas de Lagoas de Estabilização) com tempos de detenção por 8 a 10 dias, ou em métodos similares, a remoção de ovos de helmintos se dá em nível adequado para proteger a saúde de trabalhadores e consumidores. Já a remoção de bactérias, por outro lado, não é suficiente, fazendo com que ainda permaneça um risco, mesmo que baixo, de contaminação dos consumidores.. No Regime D_{II}, leva-se em consideração o tratamento secundário convencional, que resulta em boa remoção de bactérias, porém a remoção de ovos de helmintos se dá em nível inadequado, permanecendo um risco, ainda que baixo, para ambos os grupos.

Continuando a movimentação ao redor do diagrama, pode-se observar no Regime E, o efeito da combinação de diversos métodos de proteção sanitária. O emprego de

tratamento parcial de esgotos, aliado à restrição de vegetais (Regime E_I) resulta em total proteção, tanto para trabalhadores como para consumidores. A restrição de vegetais conjugada ao tratamento de esgotos convencional em nível secundário (Regime E_{II}), todavia, pode ainda deixar os trabalhadores sob algum risco, particularmente no que se refere à infecções com nematóides intestinais.

No Regime F, leva-se em consideração o tratamento parcial de esgotos associado com o controle de exposição humana simultâneo de trabalhadores e consumidores, dando proteção total, para ambos os grupos. Esse controle, porém, têm eficácia duvidosa, podendo permanecer um pequeno risco para os consumidores.

Em situações em que não seja possível tratar os esgotos, uma combinação de restrição de vegetais com um controle de exposição humana (Regime G) pode ser empregada. Nesse regime, o risco para os trabalhadores seria consideravelmente reduzido, apesar de não eliminado, e os consumidores estariam totalmente protegidos.

De acordo com o explicado neste item, o tratamento completo de esgotos através de sistemas não convencionais, seria a forma mais garantida de se impedir o aumento de doenças transmitidas pelas fezes, quando se pratica o reúso de água na irrigação.

Pode-se perceber que a implantação e o gerenciamento de um projeto de uso de águas residuárias na agricultura para proteger a saúde pública dos riscos envolvidos, requerem um estudo detalhado, e a presença de técnicos e profissionais de natureza multidisciplinar. Podem ser incluídos profissionais como agrônomos, engenheiros de segurança do trabalho, especialistas em métodos de irrigação, e também os engenheiros sanitaristas.

O presente estudo procura delimitar os processos de tratamento dos efluentes, e a qualidade microbiológica do mesmo, de forma a verificar a viabilidade de aplicação deste efluente, para o estudo de caso aqui proposto. Os outros aspectos e medidas de proteção apresentados, teriam que ser estudados e analisados detalhadamente por técnicos das respectivas áreas.

3.5-Tratamento dos Esgotos para Fins Agrícolas

O tratamento de esgotos com a finalidade de uso agrícola, tem como principal objetivo a remoção dos organismos potencialmente causadores de doenças que estão presentes, e não a remoção de matéria orgânica. Convém lembrar no que diz respeito à remoção de patógenos, que o percentual de remoção é pouco importante, quando que comparado a quantidade de organismos que sobrevivem.

Pode-se achar de grande valia processos de tratamento de efluentes com remoção de 99% ou 99,9% de patógenos presentes, porém este 1% ou 0,1% dependendo da ordem de grandeza, pode ocasionar sérios problemas de contaminação e transmissão de doenças.

Atualmente existem diversos processos de tratamento que viabilizam a utilização do seu efluente para diversos fins, sendo que alguns são bem menos custosos do que outros. No caso de países em desenvolvimento, e com áreas disponíveis, a OMS (1989) preconiza alguns sistemas não convencionais, sendo que é dada uma ênfase maior nos processos de lagoas de estabilização, o que não inviabiliza a utilização de sistemas similares.

Podemos enquadrar como um processo não convencional, e que pode ser aplicado em regiões carentes, seguindo a mesma linha de idéias e atuação da OMS, o processo escolhido para ser estudado neste trabalho, que são as *wetlands construídas*, também conhecidas por áreas alagadas construídas, sistemas de Zona de Raízes, leitos cultivados, dentre outros.

No capítulo seguinte serão comentadas algumas características inerentes deste sistema.

3.6 - *Wetlands* Construídas, Sistemas de Zona de Raízes ou Áreas Alagadas Construídas.

3.6.1-*Wetlands* naturais.

Segundo Tiner (1999), *Wetland* é um termo genérico utilizado para definir um universo de habitats úmidos que são conhecidos sob diversas denominações como: pântanos, brejos, zonas alagadiças, charcos, manguezais, e áreas similares. Estas áreas estão sujeitas a inundações periódicas, ou permanentes, que mantém o solo suficientemente saturado de forma a permitir o estabelecimento de plantas macrófitas e o desenvolvimento de solos hidromórficos.

Algumas *wetlands* estão entre os maiores sistemas naturais produtivos da terra e são de vital importância para a manutenção da biodiversidade do planeta (ANJOS, 2003). A definição de *Wetlands naturais* já foi dada por diversos autores, onde em 1890, no USGS-United States Geological Survey foi publicada a primeira definição por Nathaniel Shaler, que as denominava como solos inundados. Até a década de 90, vários autores definiram de maneiras diferentes o termo *wetlands naturais*. De acordo com Cowardin *et al* (1979), estes eram ecossistemas de transição entre sistemas aquáticos e terrestres, onde era periodicamente o habitat de plantas aquáticas. Já Junk (1988) afirmava que eram ecossistemas sujeitos a alagamentos periódicos, de curta ou longa duração, as quais selecionam a adaptação de organismos e comunidades ali existentes.

Porém alguns autores afirmam que não existe uma definição única para o termo. De acordo com Mistch & Gosselink (1993), as *wetlands* existem em condições hidrológicas amplas, e numa grande variedade de tamanhos, localidades e influências antrópicas.

Por fim, em 1998 um grupo de cientistas representando 90 países estabeleceu uma definição mais ampla para estes ecossistemas, denominada *Ramsar Wetland definitions*.

A Convenção de *Ramsar* ou Convenção sobre zonas úmidas é um tratado intergovernamental, assinado em 1971 na cidade de Ramsar no Irã, que tem como objetivo, promover e estimular a conservação e o uso racional de zonas úmidas em todo o mundo.

Segundo a Convenção de Ramsar são consideradas zonas úmidas “toda extensão de pântanos, charcos e turfas ou superfícies cobertas de água, de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, com água parada ou corrente, doce, salobra ou salina. As áreas marinhas são consideradas também como zonas úmidas desde que sua profundidade não exceda os seis metros. Também ficou estabelecido que essa zonas úmidas também abrangem áreas ribeirinhas ou costeiras adjacentes, assim como as ilhas ou extensões de áreas marinhas de uma profundidade superior aos seis metros na maré baixa. Como resultado desta convenção, as zonas úmidas se estendem a uma ampla variedade de ecossistemas aquáticos, incluindo rios, zonas costeiras/marinhas e zonas úmidas artificiais, como lagos, represas ou açudes” (THE RAMSAR CONVENTION, 1971).

Contudo, o que interessa para a engenharia sanitária e ambiental, é que dentre as diversas funções exercidas pelas *wetlands*, elas tem a capacidade de tratar e melhorar a qualidade das águas, através de processos biológicos e físico-químicos, além de participarem dos ciclos biogeoquímicos, por meio da transformação do nitrogênio e do fósforo (RICHARDSON, 1996). Portanto, estes sistemas têm importante papel no aprisionamento e reprocessamento de nutrientes e contaminantes, se certas condições forem mantidas, podendo assim funcionar como um sistema depurador, reciclando elementos e tratando cargas poluentes.

Segundo Brix (1993), o alto potencial em acumular e transformar materiais orgânicos e nutrientes é devido à ação de variadas populações de microorganismos que são de particular importância na remoção da DBO. Em termos de reúso para agricultura, as condições de baixa velocidade e longo tempo de detenção da água levam a sedimentação de partículas sólidas, o que inclui microorganismos causadores de doenças.

Em vista deste fato vantajoso, o emprego de *wetlands* naturais ou construídas estão se tornando uma tecnologia global para o controle da poluição das águas. Levantamentos indicam que mais de 6000 *wetlands* construídas estão tratando efluentes domésticos e industriais na Europa. Nos países em desenvolvimento como o Brasil, a utilização desta tecnologia aos poucos vem ganhando espaço para tratamento e controle da poluição (KNIGHT & KADLEC, 2000).

3.6.2-Wetlands Construídas ou Zonas de Raízes

As áreas alagadas ou *wetlands construídas* são ecossistemas artificiais que utilizam os mesmos princípios básicos de modificação qualitativa da água das áreas alagadas naturais. Diferem apenas no regime hidrológico, que neste caso é controlado (ANJOS, 2003). Há muitos registros na literatura, de estudos e experiências sobre a utilização de *wetlands construídas* para remoção de substâncias indesejáveis presentes tanto em efluentes domésticos, como em efluentes industriais (SALATI *et al* 1999). Os resultados destas experiências são bastante variados e são dependentes diretamente da característica do efluente a ser tratado, da carga aplicada ao sistema, e também do tipo de sistema utilizado (SALATI *et al* 1999).

De acordo com (BRIX, 1993) esses sistemas podem ser divididos e classificados em quatro categorias principais:

- Sistemas que utilizam plantas aquáticas emergentes;
- Sistemas que utilizam plantas aquáticas flutuantes;
- Sistemas que utilizam plantas aquáticas submersas; e
- Sistemas combinados.

A descrição é apontada em seguida:

Sistemas que utilizam plantas aquáticas emergentes são sistemas que se desenvolvem com o sistema radicular preso ao sedimento, onde o caule e as folhas ficam parcialmente submersos. As espécies típicas de macrófitas emergentes abrangem plantas herbáceas de diversas famílias. Dentre as mais comuns estão a *Tipha latifolia*, também conhecida como a Taboa, e o *Juncus spp*, mais conhecido como junco. Tais espécies são adaptadas morfológicamente para se desenvolverem em sedimentos inundados. Elas possuem grandes volumes de espaços internos que possibilitam o transporte de oxigênio para o sistema radicular, o que criam condições de oxidação aeróbia na rizosfera, decompondo a matéria orgânica presente, e possibilitando o crescimento e fixação de bactérias nitrificadoras (ARMSTRONG *et al* 1991).

Os sistemas com plantas emergentes ainda podem ser diferenciados de acordo com a forma que o efluente é aplicado através do leito, podendo ser superficial, e sub-superficial, lembrando que o sub-superficial pode ser de fluxo horizontal ou vertical.

Sistemas que utilizam plantas aquáticas flutuantes são sistemas onde têm o comportamento de canais relativamente rasos, de pouca profundidade. Estes canais contêm uma ou mais espécies de plantas flutuantes (PARESCHI, 2004). A espécie mais estudada e utilizada é a *Eichornia crassipes*, conhecida popularmente por aguapés, devido a sua capacidade de resistir a águas altamente poluídas, com grandes variações na concentração de nutrientes, na temperatura, e no pH. O aguapé apresenta grande eficiência na remoção de nutrientes, que são incorporadas à sua biomassa, e também de matéria orgânica, através do transporte de oxigênio do sistema foliar para a rizosfera.

Sistemas que utilizam plantas aquáticas submersas são sistemas que têm o mesmo comportamento de sistemas com plantas emergentes, estando as plantas fixas no leito, porém com a diferença de estarem totalmente submersas e sem contato com o meio externo, ou seja, o ar.

Sistemas Combinados são aqueles em que se combinam tanto os sistemas não convencionais descritos acima, ou que combinam processos convencionais e posterior polimento final em sistemas de macrófitas. O sistema analisado neste trabalho é um exemplo de sistema combinado, onde antes de passar pelo polimento final num sistema de macrófitas, o efluente passa por fossa séptica e filtro anaeróbio.

3.6.2.1-Experiência Brasileira com *Wetlands Construídas*

A primeira tentativa de utilização de tais sistemas no país, foi com o objetivo de purificação de águas através de um lago artificial utilizando aguapés, em Piracicaba feita por Salati & Rodrigues em 1982. Numa segunda pesquisa, Salati (1987) desenvolveu um sistema combinado onde utilizou solos filtrantes com arroz (*Oriza sativa*), e canais com plantas aquáticas, denominado Sistema DHS, ou Despoluição Hídrica com Solos, também conhecido como Método Fitopedológico. Os solos filtrantes são sistemas

constituídos por camadas superpostas de brita, pedrisco e solo cultivado com arroz ou outra macrófita emergente (PARESCHI, 2004).

O Instituto de Aplicação ecológica também teve um importante papel na pesquisa e implantação de sistemas de macrófitas no controle de qualidade de águas e efluentes. Dentre os projetos realizados se destacaram projetos para a Prefeitura Municipal de Piracicaba/SP; Cyanamid Química do Brasil em Iracemópolis/SP, a Mineração Taboca na Vila de Pitinga/AM; a IRCOSA – Indústria de Couro em Caruaru/PE; o Condomínio Vila Romana em Piracicaba/SP e a Companhia Vale do Rio Doce em Barcarena/PA (ANJOS, 2003). Também em Piracicaba, Manfrinato *et al* 1993, apresentam pesquisa sobre o tratamento e reúso de águas do Rio Piracicaba, onde introduzem as *wetlands construídas* no tratamento de grandes volumes de água.

Luca (1991) discute alguns sistemas alternativos para a depuração de efluentes e posteriores utilizações do efluente tratado, onde utilizando os sistemas de *wetlands construídas*, afirma ser um sistema eficiente economicamente e também na remoção de contaminantes. Tal método foi denominado de Método Ecotecnológico.

Valentin & Roston (1998) desenvolveram sistemas de tratamento de águas residuárias em pequenas comunidades rurais, utilizando sistemas combinados de fossa séptica e leitos cultivados com macrófitas. Eles afirmam que o sistema utilizando fluxo subsuperficial é vantajoso na medida em que, não expõe a população ao contato com o efluente, e também impede a proliferação de vetores.

No Estado da Bahia foram desenvolvidos dois grandes projetos utilizando as *Wetlands construídas*. No Hospital de Base Luís Eduardo Magalhães foi dimensionado um sistema que atende 1000 pessoas diárias. Já em Camaçari o Complexo Ford Amazon está com um sistema de *wetlands* para tratar e reutilizar o efluente de uma população de 500 pessoas para a rega de jardins (MELLO FILHO *et al*, 1992).

3.7 - O Reúso de Águas

Atualmente existem diversas regiões que estão se deparando com problemas de escassez hídrica. Hoje na categoria de área com escassez de água, existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas. Só no Oriente Médio, 9 entre 14 países vivem em condições de escassez, sendo que dentre eles, 6 ainda irão duplicar seu habitantes dentro de 25 anos (LEITE, 2003).

Até mesmo, as áreas com disponibilidade hídrica abundante, este volume disponível está sendo insuficiente para atender a demandas elevadas, assim experimentando conflitos de uso, e sofrendo restrições de consumo, que afetam consequentemente a economia e a qualidade de vida da população. O acelerado aumento nas demandas de água com altos níveis de qualidade, aliado às crises de escassez naturais também existentes, está afetando os países, fazendo com que ocorram sérias restrições de abastecimento humano, industrial, e agrícola.

Como consequência, estes países estão investindo e acelerando a busca de fontes alternativas de água, realizando estudos e debates sobre quais medidas necessárias para que se atinja um nível de uso, que seja racional e também eficiente dos recursos hídricos, para reverter e prevenir esta situação para o futuro. Dentre estas fontes alternativas almeçadas, que têm a possibilidade de suprir a demanda excessiva atual, estão as águas residuárias tratadas, principalmente as de origem doméstica, além das águas salobras e salinas, e das águas de drenagem de áreas urbanas e agrícolas.

No caso dos efluentes domésticos tratados, eles podem ser utilizados na agricultura, na indústria, em recarga de aquíferos e até em usos recreacionais (BOUWER, 1989; ASANO & MILLS, 1990; ASANO *et al.*, 1992).

Contudo, não devemos apenas associar o reúso com tais destinos específicos. Mancuso (1992), afirma que este tema deve estar presente na pauta dos gestores dos recursos hídricos, configurando-se como um aspecto importante do planejamento de uma bacia hidrográfica.

Podem-se utilizar estas águas de qualidade inferior, para a navegação desportiva e comercial; pesca comercial, desportiva e recreacional e até mesmo para a geração de

energia hidrelétrica, principalmente por se tratarem de usos não consuntivos, ou seja, aqueles em que não existe consumo de água e podem ser reciclados no próprio sistema.

Hespanhol (2002) apresentou as possibilidades e formas potenciais de reúso, mostradas na Figura 2, na qual se enfatiza bem que tais tipos de reúso dependem de alguns fatores cruciais, como as características e condições locais, assim como também de decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e também fatores econômicos, sociais e culturais.

Adicionalmente os níveis de tratamento recomendados e que deverão ser alcançados, juntamente com os critérios de segurança a serem adotados, serão pré estabelecidos pela qualidade da água requerida, que é dada de acordo com destino específico do reúso.

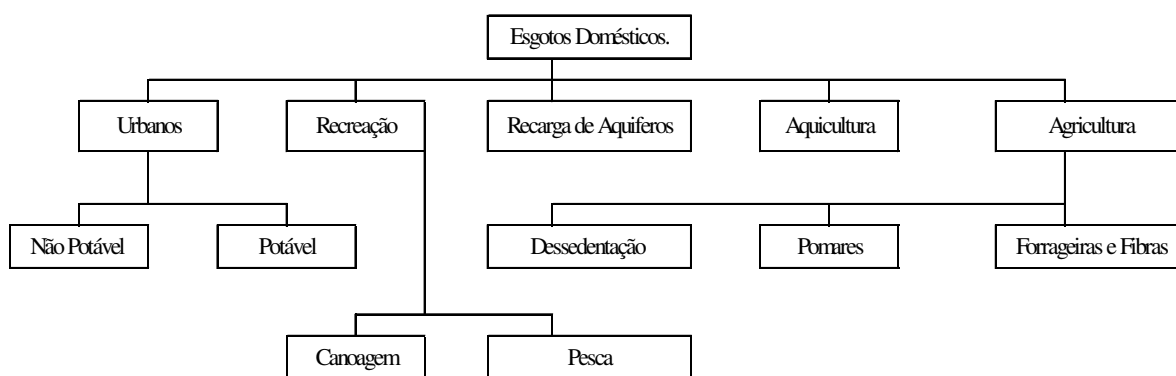


Figura 2: Tipos de Reúso. Adaptado de HESPANHOL, 2002.

O reúso da água pode ser visto então como uma prática de conservação e racionalização de recursos hídricos, podendo ser considerado como parte integrante de algum programa nacional de uso racional da água, que deverá ser aplicado na escala local, com objetivos de regular a oferta e a demanda.

Aqui no Brasil, a legislação brasileira desde a década de 30 já se mostrava preocupada com o tema em relação à conservação e uso racional de água em escala nacional. O Decreto 23.777, de 23/01/1934, regularizou o lançamento do resíduo industrial das usinas açucareiras nas águas fluviais.

Já na década de 80 foi elaborada a Lei 6.938, de 31/08/1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, onde também instituía a racionalização do uso dos recursos naturais, dentre eles a água. Na década de 90 foi instituída a Política Nacional de

Recursos Hídricos, lei 9.433, de 8/01/1997, e criada a Agência Nacional de Águas-ANA, lei 9.984, de 17/07/2000. Estas leis foram de grande importância para ressaltar a importância da água como bem econômico, e divulgar amplamente a necessidade do uso racional da água, porém nenhuma menção direta foi feita sobre o tema de reúso (HESPANHOL, 2002).

Somente em tempos mais recentes é que, em se tratando do reúso de águas, a ANA criou uma equipe de estudos para desenvolver um programa nacional de reúso inserido neste contexto, como uma das medidas para diminuir a sua retirada dos mananciais e prolongar a reserva hídrica, fortalecendo a posição de que a gestão racional e sustentável deve incluir a conservação, o não desperdício e o reúso (LEITE, 2003).

Com isto, os efluentes domésticos se mostram como alternativa mais apropriada para satisfazer a demandas menos restritivas, que podem prescindir de tratamentos custosos para alcançarem padrões de potabilidade, deixando assim um volume maior desta água potável para os usos mais nobres, tal como o abastecimento doméstico (HESPANHOL, 2002).

Já não é de hoje que se pensa no tema de reúso, pois desde 1985, o conselho econômico e social das Nações Unidas, já havia estabelecido uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito "... a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram qualidade inferior....".

Em seguida é apresentada uma breve visão histórica dos acontecimentos relacionados ao reúso de águas para diversos fins.

3.7.1 - Perspectiva Histórica

O reúso possui uma longa e ilustre história como evidenciam os sistemas de esgotamento sanitários elaborados para os antigos palácios e cidades da civilização de Minoam, na ilha de Creta, na Antiga Grécia. Estudos e achados arqueológicos indicam a utilização de águas residuárias em irrigação há cerca de 5 000 anos atrás (ANGELAKIS & SPYRIDAKIS, 1996).

Sabe-se que os chineses, os japoneses e os indianos, também utilizavam dejetos humanos como fertilizantes há milhares de anos, sendo que esta prática tornou-se ainda mais difundida em 1840, quando a grande incidência de doenças levou a população a buscar novas tecnologias de tratamento (OUTWATER, 1994).

Hespanhol (1999) comenta que a água que bebemos hoje já pode ter passado pelas vísceras da Cleópatra. Mancuso (1992) reafirma esta idéia, ao comentar que a reutilização não planejada das águas é um fato que sempre ocorre. Este reúso pode contar com a participação do homem ou não, pois ocorre naturalmente através do ciclo hidrológico, ou artificialmente quando ocorre o despejo de esgotos nos corpos d'água, e que serão posteriormente utilizados.

Segundo Mara & Cairncross (1989), com o advento dos sistemas de coleta de esgoto ocorridos no século XIX, as águas residuárias domésticas coletadas eram tratadas da forma mais simples possível: a disposição no solo. Desta forma, foram criados locais que ficaram conhecidos como "fazendas de esgoto". Embora estas fazendas, tivessem como a principal finalidade a disposição dos despejos, ocorreram algumas iniciativas isoladas de cultivo agrícola e de outros fins, tendo obtido desde aquela época, bons resultados. Isto ocorreu no Reino Unido, por volta de 1865, nos Estados Unidos em 1871, na França em 1872, na Alemanha em 1876, na Índia em 1877, na Austrália em 1893 e no México em 1904.

Metcalf & Eddy (1991) comentam que, no ano de 1912 nos EUA, foi implantado o primeiro projeto bem documentado de reúso, utilizando efluentes de fossas sépticas na irrigação e manutenção de lagos ornamentais do Golden Gate Park, em São Francisco. Em 1926, no Grand Canyon National Park, a reutilização de efluentes tratados já era uma realidade consolidada. O sistema de reúso utilizava efluentes para vasos sanitários, irrigação de gramado e resfriamento de caldeiras. Em 1929, a cidade de Pomona, Califórnia, iniciou um projeto que utilizava esgoto tratado para irrigação de gramados e jardins. No ano de 1960, foi implantado um sistema no Colorado, irrigando campos de golfe, parques, cemitérios e auto-estrada. Uma forma de reaproveitamento urbano semelhante ao supra citado, foi realizado em 1977 na cidade de St. Petersburg, na Flórida. Atualmente este sistema ainda existe, sendo as águas residuárias utilizadas na irrigação de parques públicos, campos de golfe, jardins escolares e residenciais.

De acordo com Lavrador Filho (1987), o reúso da água pode ser definido como o aproveitamento das águas anteriormente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir demandas de outras atividades, ou de seu uso original.

Hespanhol (2000) cita que o conceito de reúso foi criado em 1958 pela ONU. Felizzato (2001) salienta que até 1998, esta palavra não constava na língua portuguesa, e até esta data, era traduzido literalmente do inglês *reuse* e escrito de duas formas: re-uso e reúso. No entanto, a grafia correta da palavra é reúso com acento agudo, pois se trata de um hiato crescente advindo do verbo reusar.

Especialistas em planejamento ambiental apontam o aproveitamento de subprodutos da atividade humana, como uma das melhores alternativas no ataque ao problema da poluição, visto que, ao reutilizarmos estes subprodutos, diminuimos a pressão sobre o meio ambiente, tanto no sentido da captação, quanto no sentido da disposição final destes.

A implantação de políticas de gestão visando a reciclagem e o uso de efluentes, é citada dentro das premissas da Agenda 21, carta magna do meio ambiente. Neste documento, o capítulo que trata da gestão ambientalmente adequada dos resíduos, destina atenção especial à maximização do reúso e da reciclagem. Este capítulo estabelece como objetivos básicos, a vitalização e a ampliação de sistemas de reúso, bem como a disponibilização de tecnologias e instrumentos de gestão apropriados a encorajar e tornar operacionais sistemas de reciclagem, e uso de águas residuárias.

No capítulo 21 - “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, Área Programática B - “Maximizando o reúso e a reciclagem ambientalmente adequados”, é estabelecido, como um dos objetivos básicos: “vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reúso e reciclagem de resíduos”. A prática de uso de águas residuárias também é associada às seguintes áreas programáticas incluídas nos capítulos 14 - “Promovendo a agricultura sustentada e o desenvolvimento rural”, e 18 - “Proteção da qualidade das fontes de águas de abastecimento - Aplicação de métodos adequados para o desenvolvimento, gestão e uso dos recursos hídricos”, visando a disponibilidade de água “para a produção sustentada de alimentos e desenvolvimento rural sustentado” e “para a proteção dos recursos hídricos, qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos”.

Em muitos lugares do mundo, o reúso de efluentes tratados, já é considerado um elemento importante no planejamento hídrico, sendo uma opção viável que auxilia a conservação da água e promove o uso eficiente dos componentes químicos existentes nestes despejos.

Em Israel cerca de 70% dos efluentes são utilizados na irrigação. Na Austrália, desde 1897, opera-se um sistema de tratamento por escoamento superficial no solo tratando cerca de 250.000m³/dia em 5.000 ha, permitindo posteriormente a pastagem de rebanhos bovinos e ovinos alimentando cerca de 1600 animais nos campos irrigados. Em locais de extrema escassez de água, como é o caso da Arábia Saudita e da Tunísia, as entidades governamentais estabeleceram como meta reutilizar a totalidade de seus efluentes domésticos (CAMPOS *et al.*, 1999). No Vale do Mesquital, uma vazão de 80m³/s de águas residuárias geradas na Cidade do México, são utilizadas para a irrigação agrícola (HESPANHOL, 1999). Países como o Japão, Índia, Jordânia, Peru e diversos outros que também se deparam com problemas de escassez, estão implantando a reutilização de efluentes domésticos (LEITE, 2003).

No Brasil o uso das águas residuárias iniciou-se nos engenhos de cana de açúcar, com a utilização dos efluentes originários das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana. Já em 1993, a preocupação de algumas indústrias com a escassez de água, fez com que quatro fábricas do pólo industrial de Cubatão, no Estado de São Paulo, iniciassem um programa de reúso de água para refrigeração de seus processos de fabricação. Na mesma

época, em São Caetano também no Estado de São Paulo, a fábrica da *General Motors* tratava e reutilizava 100% de seus efluentes (LEITE, 2003).

Em termos de pesquisas acadêmicas, estudos realizados no Brasil, no estado do Ceará, demonstraram que a reutilização de efluentes domésticos na irrigação de sorgo, promoveu um desenvolvimento normal da cultura, além de aumentar a fertilidade do solo, e melhorar suas características físicas. Na cultura de algodão verificou-se uma melhora nas características genéticas, mostrando um ganho de 48,8% em produção, e 72,4% de fibra por hectare (MOTA, 2000).

Ainda na Região Nordeste, o Grupo de Saneamento Ambiental da UFPE, desenvolve outra pesquisa, sobre o reúso dos resíduos sólidos (adubos do lodo do reator anaeróbio) e líquidos (irrigação) provenientes do tratamento na agricultura. A aplicação também é desenvolvida em escala piloto, em uma área de mil metros quadrados, onde são cultivados milho e acerola. Essa área está localizada no próprio terreno da ETE de Mangueira, que fica próximo ao campus da Universidade. Existem pesquisas também em outras instituições nordestinas, como a UFPB, visto a região ter necessidade real de tal processo. Na região Sudeste a USP, criou o CIRRA-Centro Internacional de Referência em Reúso de Água.

O reúso também já faz parte do planejamento de algumas empresas de saneamento. A Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP) informa que o reúso integra a Estratégia Global para a Administração da Qualidade das Águas, proposta pelo PNUMA e pela OMS. Segundo a Sabesp, o programa coincide com seus objetivos, que são: proteção da saúde pública, manutenção da integridade dos ecossistemas e uso sustentável da água. A companhia também ganha com o reúso, pois aumenta a oferta global na rede metropolitana de São Paulo, racionaliza o uso da água, recupera o mercado industrial, utiliza os efluentes das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's) e reduz os impactos ambientais.

Existem alguns convênios entre estas companhias de saneamento e a administração pública de algumas cidades, que também estão utilizando a água de maneira mais racional. Este é o caso da Prefeitura de São Caetano do Sul, na Grande São Paulo, que já está consumindo a água de reúso para a lavagem de ruas e pátios, irrigação de jardins, desobstrução de rede de águas pluviais e coleta de esgotos. A Sabesp também já assinou

contratos com as prefeituras de Carapicuíba e Barueri para fornecimento de efluentes tratados. Outro exemplo de reúso de água dentro do programa de convênios da SABESP refere-se ao fornecimento de 20 L/s para a indústria Coats Corrente que passou a utilizar efluentes tratados em diversos de seus processos industriais (LEITE, 2003).

3.7.2 - Classificação do Reúso

A literatura é rica na terminologia sobre o reúso de água, e existem discrepâncias entre vários autores do meio acadêmico, o que dificulta um pouco seu entendimento. Porém, de um modo geral, existem algumas formas de classificação que são unânimes em seu uso e entendimento.

Quanto à forma de utilização, o reúso pode ser dividido em reúso direto e indireto. O reúso direto é o uso de águas residuárias recuperadas, quando o transporte destas for realizado diretamente da planta de tratamento até seu destino de reúso. O reúso indireto é o uso de águas residuárias recuperadas através da passagem desta por um curso d'água natural, superficial ou subterrâneo antes do reúso propriamente dito (METCALF & EDDY, 1991).

O reúso na sua forma indireta sempre ocorre visto que um manancial que serve como receptor de despejos em uma comunidade, possivelmente servirá de abastecedor em outra. A este tipo de reúso, Lavrador Filho (1987) subdividiu em reúso indireto planejado e não planejado. O reúso indireto não planejado ocorre quando os despejos são realizados de forma não intencional e descontrolada. O reúso indireto planejado acontece quando os despejos são convenientemente tratados e racionalmente diluídos, visando à utilização do corpo receptor como manancial abastecedor à jusante do lançamento. Esta forma de reúso deve contar com a realização de um controle na descarga (a montante), na captação (a jusante), bem como em toda a extensão, para que se controlem também outras descargas que eventualmente possam ocorrer entre estes dois pontos.

Levando-se em consideração somente o reúso planejado, a classificação do reúso pode ser subdividida de acordo com sua aplicação em reúso potável e não potável. A existência de uma grande quantidade de organismos patogênicos nos esgotos, e possibilidade da ocorrência de elementos tóxicos e/ou cancerígenos, classifica o reúso potável, principalmente o direto, como uma alternativa que está associada a riscos muito elevados. Mesmo em países desenvolvidos, onde tal prática não é de uso corrente, sua implantação já ocorreu, mas é limitada a situações extremas, como por exemplo, nos EUA.

Brega Filho & Mancuso (2002), citam o caso do Estado do Kansas, onde devido a uma severa seca ocorrida no ano de 1956, o manancial de abastecimento de água secou,

fazendo com que as autoridades sanitárias locais autorizassem a utilização de águas residuárias para fins de abastecimento para a população.

A República da Namíbia também vem tratando desde 1968 esgotos exclusivamente domésticos para fins potáveis. Os esgotos industriais são coletados em rede separada e tratados independentemente. Após tratamento, o efluente é encaminhado para a fase de potabilização (REVISTA BIO, 2001). Contudo a OMS, levando em consideração aspectos de saúde pública, não recomenda este tipo de reúso, considerando de alto risco.

O reúso para fins não potáveis tem várias aplicações. São elas:

a) reúso agrícola - caracterizado pela utilização de efluentes domésticos na irrigação de culturas comestíveis ou não, salientando-se que, no grupo de plantas comestíveis, faz-se uma subdivisão entre as consumidas cruas e cozidas, visto que em cada grupo são definidos os parâmetros de qualidade associados ao risco inerente a cada uso;

b) reúso urbano – caracterizado pela utilização de efluentes domésticos tratados para suprir as várias necessidades urbanas que admitem águas com qualidade inferior à potável. Dentre elas cabe citar:

- Prevenção contra incêndio;
- Descarga em aparelho sanitário;
- Lavagem de ruas, ônibus,, trens, praças, etc.;
- Irrigação de parques, jardins e campos esportivos, jardins de escolas e universidades, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Sistemas decorativos aquáticos, tais como fontes e chafarizes;
- Controle de poeira em movimentação de terra;

c) reúso recreacional - ocorrendo quando o efluente é utilizado para abastecer locais destinados à recreação pública. São exemplos:

- Lagos, rios e reservatórios;
- Piscinas públicas.

d) reúso industrial - ocorrendo quando os efluentes tratados são utilizados em atividades industriais. São exemplos:

- Torres de resfriamento;
- Lavagem de equipamentos e pátio;
- Águas de processamento;
- Construção civil, incluindo a preparação e a cura do concreto, além da compactação do solo;
- Irrigação das áreas verdes do entorno, lavagem de pisos, e de algumas peças, principalmente na indústria mecânica.

e) aquícultura - esta forma de reúso fundamenta-se na utilização dos efluentes de ETE's e seus nutrientes para produção de peixes e plantas aquáticas com vistas à produção de alimentos e/ou energia.

f) paisagístico - esta forma de reúso é caracterizada pela utilização de efluentes na manutenção de:

- Espelhos d'água;
- Irrigação de parques;
- Chafarizes, etc.

Em alguns casos, a classificação do reúso fica condicionada à atividade de jusante ao despejo, visto que, caso ocorra uma captação para abastecimento público à jusante do descarte dos efluentes, estas formas de reúso passam a ser encaradas como reúso potável indireto. Nesta categoria incluem-se os seguintes casos de reúso:

a) manutenção de vazões dos cursos d'água – caracterizando-se pela utilização de efluentes domésticos tratados na manutenção de vazão mínima em tempos de seca, garantindo vazão para diluição de cargas poluidoras, manutenção da vida aquática e/ou condições de navegabilidade durante todo o ano e ;

b) recarga de aquíferos – caracterizado pela utilização de efluentes domésticos tratados para recarga artificial de aquíferos.

3.7.3 - Reúso Agrícola

Segundo Fernandez & Garrido (2002), considera-se água de irrigação, o volume deste recurso natural que não é suprido naturalmente por meio de chuvas, ou indiretamente por meio de captação em rios ou poços, e que se faz necessário para a otimização do desenvolvimento biológico das culturas. Contudo, o volume utilizado para o processo varia bastante, dependendo do método de irrigação aplicado, do tipo de solo existente, do tipo da cultura e também dos índices de evaporação da região em questão.

Em tempos atuais, onde a escassez hídrica é um problema, e a agricultura depende de suprimento de água em um determinado volume, para manter a sustentabilidade da produção de alimentos e de outros tipos de culturas, o desenvolvimento e a utilização de novas fontes de suprimento, são de extrema importância.

A utilização de esgotos na irrigação não só aumenta a oferta de água nas regiões que sofrem com escassez, mas também funciona como uma forma efetiva de controle da poluição e da contaminação dos cursos d'água. Também tornam possível a substituição parcial dos fertilizantes químicos, reduzindo assim problemas de impacto ambientais.

Os benefícios são bastante abrangentes, e alcançam o meio ambiente, a economia e também a saúde pública. Como consequência, durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para a irrigação aumentou significativamente, principalmente em razão dos seguintes fatores (HESPANHOL, 2002).

- Dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de água para a irrigação;
- Custo elevado de fertilizantes;
- A segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas forem efetivamente tomadas;
- Os custos bastante elevados dos sistemas convencionais de tratamento necessários para descarga de efluentes em corpos receptores;
- A aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola e;
- O reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

3.7.3.1-Benefícios Econômicos

As regiões que praticam a agricultura e contam somente com a água de chuva para a irrigação, são as mais beneficiadas com o reúso em termos econômicos, devido a possibilidade de aumento tanto da área plantada, como também da produtividade, trazendo retornos econômicos maiores. Como consequência do aumento da área plantada, há a possibilidade de se efetuarem colheitas múltiplas, praticamente ao longo do ano todo, fazendo com que os lucros sejam maiores (BARTONE & ARLOSOROFF, 1987).

Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente após a aplicação dos efluentes, porém somente quando for algo bem implantado e gerenciado. Isto porque os efluentes domésticos têm uma determinada concentração de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, trazendo também a redução substancial ou mesmo a eliminação por completo da necessidade do emprego de fertilizantes químicos comerciais (HESPANHOL, 2002).

Um outro aspecto vantajoso é que a aplicação dos efluentes domésticos tratados nas culturas e no solo, proporciona em paralelo a aplicação também de certa quantidade de matéria orgânica, que irá agir como um condicionador do solo, ajudando-o em sua capacidade de reter água (WHO, 1989).

Alguns benefícios indiretos também podem fazer com que o reúso seja viável. Com esta prática, não se fariam necessários altos investimentos em programas de despoluição de algumas regiões, assim como também haveria uma significativa redução de gastos públicos em medicamentos e problemas de saúde, juntamente com uma diminuição das taxas de morbidade e ausentes no mercado de trabalho, que afetam a economia.

Contudo, um projeto de reúso e aplicação de efluentes na agricultura, se não for bem planejado, implantado e também bem administrado, poderá trazer problemas e prejuízos não só econômicos, mas também em escalas ambientais, sociais e de saúde pública. Pois o desenvolvimento de um projeto desta natureza tem que estar integrado em um programa político mais abrangente na região em questão, que incluem alguns esforços de proteção à saúde pública e ao meio ambiente (ASANO & LEVINE, 1996). Por isso para se trazer benefícios econômicos o planejamento acima de tudo deverá levar em consideração

aspectos sócio-econômicos, técnicos, legais, institucionais e até psicológicos (LAZAROVA *et al*, 2000).

3.7.3.2-Benefícios ambientais e de Saúde Pública

Os sistemas de reúso quando adequadamente planejados, implantados e administrados, além de benefícios econômicos também trazem melhorias ambientais e de saúde pública. Dentre elas podem-se destacar:

- Evita a descarga de efluentes em corpos hídricos;
- Preserva recursos subterrâneos, principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina e até mesmo o esgotamento do recurso;
- Permite a conservação do solo, através da acumulação de matéria orgânica mineralizada, e aumenta a resistência à erosão e;
- Contribui, principalmente em países em desenvolvimento, para o aumento da produção de alimentos, elevando assim os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas e inseridas nos projetos de reúso.

(HESPANHOL, 2002).

Porém, em compensação, se o projeto não for bem gerenciado, o meio ambiente e conseqüentemente a saúde humana, poderão ser bastante prejudicadas, fazendo-se necessária a presença de uma equipe multidisciplinar para que sejam evitados maiores problemas. Uma das recomendações é a utilização de esgotos exclusivamente de origem doméstica, evitando assim problemas de compostos químicos contaminarem o solo, as culturas e conseqüentemente o lençol freático e a população.

Um cuidado especial também deve ser dado aos teores de nitrato que dependendo de sua concentração podem contaminar as águas subterrâneas e causarem a doença conhecida como “doença do sangue azul”, ou a cianose, que prejudica principalmente crianças.

Para o uso de esgotos tratados na irrigação conforme apresentado, temos muitos benefícios, porém se alguns requisitos, principalmente de saúde não forem levados em

consideração, podemos ter diversos problemas. É necessário o estabelecimento de um *status* legal, e o delineamento de um regime legal para a sua utilização. Sendo assim, esta condição leva ao desenvolvimento de uma legislação ou à complementação de alguma já existente, estabelecendo normas, padrões e códigos de prática associados ao reuso (HESPANHOL, 2002). Assim, este processo legal levaria em consideração principalmente as restrições visando a proteção do meio ambiente, e da saúde pública. Em nível operacional, esse regime legal é aplicado através de diretrizes, regulamentações ou normas.

Convém lembrar que as diretrizes não são estabelecidas com finalidade de aplicação direta e absoluta em todos os países que se utilizam de águas residuárias. Elas são de natureza meramente orientativa, direcionadas para o estabelecimento de uma base de riscos aceitáveis, e como tal, proporcionam uma referência comum para o estabelecimento de normas e padrões em nível nacional (HESPANHOL & PROST, 1994).

Já os padrões estabelecidos são imposições legais promulgados através de leis e regulamentos. Eles são estabelecidos em nível nacional, onde adaptam as diretrizes existentes às prioridades, limitações e características técnicas, econômicas, sociais, ambientais e culturais da região. Em qualquer época, os padrões podem ser alterados ou complementados, sempre que novas evidências científicas ou novas tecnologias se tornarem-se disponíveis.

Existem ainda os códigos de prática, que dentro de um mesmo país, complementam os padrões, levando em consideração as condições regionais, que dependendo do país, são bem distintas, como é o caso do Brasil. Levam em consideração, clima, solo, culturas irrigadas, métodos de irrigação utilizados, desenvolvimento econômico, tipos de sistemas de tratamento viáveis, dentre outros (HESPANHOL, 2002).

3.7.3.3 - Diretrizes e Regulamentações existentes para uso de águas residuárias na agricultura

O Estado da Califórnia foi o pioneiro no estabelecimento de padrões de qualidade de efluentes, em 1918 (STATE OF CALIFORNIA, 1978). Os padrões californianos deram origem às diretrizes estabelecidas pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (Quadro 4), que por sua vez serviu de base para que os estados americanos desenvolvessem os seus próprios critérios e códigos de prática. Estes critérios se aplicam também aos países que exportam produtos agrícolas para os EUA, e que se utilizam de águas residuárias na agricultura (USEPA/USID, 1992).

Quadro 4: Diretrizes da USEPA para utilização de águas residuárias tratadas

	DBO (mg/l)	TURBIDEZ (NTU)	pH	Coliformes Termotolerantes (UFC/100ml)
Reuso Urbano: Rega de parques, campos, cemitérios	< 10	< 2	6- 9	Não detectáveis em 100 ml
Irrigação em áreas de acesso restrito: Silvicultura, campos gramados.	< 30	Sem restrições	6- 9	< 200
Irrigação de culturas não processadas industrialmente , incluindo as consumidas cruas	< 10	< 2	6- 9	Não detectáveis em 100 ml
Irrigação de culturas industrialmente processadas	< 30	Sem restrições	6- 9	< 200
Irrigação de pastos para gado, fibras, forrageiras.	< 30	Sem restrições	6- 9	< 200

Fonte: USEPA, 1992

Os padrões californianos são muito exigentes e restritos, onde são levados em consideração os tipos de sistemas e suas respectivas capacidades de tratamento, existentes nos países desenvolvidos. Após algumas revisões e modificações ao longo dos anos, hoje este padrão fixa o limite de 2.2 coliformes totais /100 ml para irrigação de culturas ingeridas cruas. Já para a irrigação de pastagens e de algumas áreas verdes, com acesso restrito, o limite é de 23 coliformes totais/ 100 ml. Devido ao alto padrão restritivo,

somente os países de primeiro mundo tinham a possibilidade de se enquadrarem em tais níveis, ao passo que para isto, os custos eram muito altos.

Em 1973, a OMS desenvolveu suas próprias diretrizes, onde os limites estabelecidos eram bem mais adequados aos países em desenvolvimento (WHO, 1973). Pois se percebeu a demasiada restrição imposta pelo padrão californiano, ainda mais com a falta de um estudo epidemiológico representativo que suportasse tal fato. Afirmava-se que a maioria, ou nenhum, país em desenvolvimento conseguiria adaptar-se a tais padrões devido aos altos custos, tornando as práticas totalmente irregulares do ponto de vista sanitário.

Nas últimas duas décadas, com o aumento da escassez hídrica em algumas regiões, a aplicação de efluentes domésticos tratados na irrigação veio ganhando espaço entre os tomadores de decisões, e de seus respectivos planos de gerenciamento dos recursos hídricos. Com isto, houve a necessidade de novos estudos e análises de dados epidemiológicos que fossem mais recentes e, portanto mais representativos. Um convênio entre alguns programas das nações unidas (PNUMA, PNUD), do Banco Mundial, da OMS, da FAO, da USEPA, e do Centro de Pesquisa do Desenvolvimento Internacional do Canadá, realizou uma revisão e compilação de dados epidemiológicos mais recentes e também mais abrangentes da época, em relação às práticas de aplicação de efluentes na agricultura. Foram reunidos para discutir as análises realizadas, diversos engenheiros, epidemiologistas e cientistas sociais, em 1985 em Engelbert (IRCWD, 1985) e em Adelboden em 1987 (MARA & CAIRNCROSS, 1989). Através destas reuniões e discussões, os cientistas entraram em um consenso onde perceberam a demasiada restrição em relação às diretrizes anteriores, no que dizia respeito ao limite de bactérias coliformes. Também concordaram que a introdução de helmintos como indicadores, era de extrema importância em vista do alto risco apresentado por estes microorganismos em estudos epidemiológicos realizados em Israel, na Alemanha e na Índia. Eles têm potencial de contaminar não somente consumidores de culturas irrigadas, mas também trabalhadores expostos, principalmente as crianças. Os helmintos sobrevivem por longos períodos de tempo no solo e tem uma baixa dose infectiva. Estes estudos tem como resultado os documentos publicados por Blum & Feachem (1985), e Shuval *et al* (1986), que deu origem às diretrizes para a aplicação segura de esgotos e lodos na agricultura e aquicultura, publicado pela OMS em 1989. Estas diretrizes estabeleceram os critérios e recomendações básicas a respeito da qualidade microbiológica requerida para alguns

tipos de uso, tampouco como informações sobre o tratamento adequado dos efluentes, restrição das culturas agrícolas e também o controle de exposição humana (Quadro 5).

Quadro 5: Diretrizes da OMS (1989) para utilização de águas residuárias tratadas na agricultura^a

Categoria	Condições de Reuso	Grupo Exposto	Nematóides ^b Intestinais (nº de ovos /litro ^c)	Coliformes Fecais (nº/100ml)	Tratamento Requerido
A	Irrigação de alimentos ingeridos sem cozimento, campos de esportes, parques públicos ^d	Trabalhadores, consumidores, público	≤ 1	≤1000	Lagoas de estabilização em série para alcançar a qualidade micrionológica indicada ou tratamento equivalente
B	Irrigação de cereais, alimentos industrializados, forragem, pasto e árvores ^e	Trabalhadores	≤ 1	Sem padrão recomendado	Retenção em Lagoas de estabilização de 8 a 10 dias ou equivalente remoção de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada na categoria B e que não ocorra exposição dos trabalhadores e do público	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica	Pré tratamento requerido pela tecnologia empregada na irrigação mas nunca sem uma sedimentação primária

^a Nos casos específicos os fatores epidemiológicos, socioculturais e de desenvolvimento locais devem ser levados em consideração e as diretrizes devem ser modificadas adequadamente.

^b Espécies de *Ascaris* e *Trichuris*.

^c Durante o período de irrigação.

^d Um limite de diretriz mais rigorosa (≤200 coliformes fecais/100ml) é apropriado para gramados públicos.

^e No caso de árvores frutíferas a irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita, não dever ser aproveitado nenhum fruto que tenha caído ao solo e não deve ser utilizado aspersores aéreos para irrigar essas colheitas.

Fonte: OMS, 1989

Recentemente, Blumenthal *et al* (2000) usando evidências epidemiológicas empíricas e estudos com medições reais de exposições diárias a microorganismos que ocorrem ao longo de um determinado tempo, desenvolveram recomendações (Quadro 6) com a finalidade de revisar as diretrizes da OMS (1989). Além do reuso de águas residuárias tratadas na agricultura, nas diretrizes revisadas da OMS, estão incluídas as aplicações urbanas, aquaculturas e recarga artificial do aquífero subterrâneo.

Quadro 6: Diretrizes revisadas de Microbiologia recomendadas para utilização de águas residuárias na agricultura

Categoria	Condições de Reuso	Grupo Exposto	Técnicas de Irrigação	Nematóides ^b Intestinais (nº de ovos /litro ^c)	Coliformes Fecais (nº/100ml ^d)	Tratamento Requerido
A	Irrigação irrestrita Irrigação de alimentos ingeridos sem cozimento, campos de esportes, parques públicos ^e	Trabalhadores, consumidores, público.	Qualquer	$\leq 0,1^f$	$\leq 10^3$	Lagoas de estabilização em série bem dimensionadas, reator sequencial por batelada seguido de armazenamento ou equivalente tratamento secundário convencional suplementado por lagoa de polimento ou filtração e desinfecção.
B	Irrigação restrita Irrigação de cereais, alimentos industrializados, forragem, pasto e árvores ^g	Trabalhadores (exceto para crianças <15anos) e comunidades próximas.	Spay ou aspersor	≤ 1	$\leq 10^5$	Retenção em lagoas de estabilização em série incluindo uma de maturação, reator sequencial por batelada seguido de armazenamento ou equivalente tratamento secundário convencional suplementado por lagoa de polimento ou filtração .
		Trabalhadores (exceto para crianças <15anos) e comunidades próximas	Inundação de leiras	≤ 1	$\leq 10^5$	Como na categoria A
		Trabalhadores inclusive crianças <15anos) e comunidades próximas.	Qualquer	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	Como na categoria A
C	Irrigação localizada na categoria B e que não ocorra exposição dos trabalhadores e do público	Nenhum		Não se aplica	Não se aplica	Pré tratamento requerido pela tecnologia empregada na irrigação mas nunca sem uma sedimentação primária

^a Nos casos específicos os fatores epidemiológicos, socioculturais e de desenvolvimento locais devem ser levados em consideração e as diretrizes devem ser modificadas adequadamente.

^b Espécies de *Ascaris* e *Trichuris* , esses limites tem também a intenção de proteger também contra os riscos de protozoários.

^c Durante o período de irrigação (se as águas residuárias forem tratadas por lagoas de estabilização em série que tenham sido bem dimensionadas para alcançar esses números, o monitoramento de rotina da qualidade do efluente não é necessária).

^d Durante o período de irrigação (preferencialmente deve ser analisado os níveis de coliformes fecais semanalmente, quando não for possível pelo, pelo menos mensalmente.

^e Um limite de diretriz mais rigoroso (≤ 200 coliformes fecais/100ml) é apropriado para gramados públicos.

^f Esse limite das diretrizes pode ser aumentado para ≤ 1 ovo/L se as condições estiverem quentes e secas e a irrigação não estiver sendo utilizada ou se o tratamento das águas residuárias forem complementadas com tratamento químico adequado.

^g No caso de árvores frutíferas a irrigação deve ser interrompida duas semanas antes da colheita, não deve ser aproveitado nenhum fruto que tenha caído ao solo e não deve ser utilizado aspersores aéreos para irrigar essas colheitas.

Fonte: Blumenthal *et al.*, (2000)

Atualmente o uso de águas residuárias nos países, segue duas principais linhas de critérios de qualidade microbiológica. Existem alguns países que adotam as diretrizes altamente restritivas da Califórnia, onde estão embasados em risco zero para a população, como é o caso de Israel, Oman e até mesmo os estados dos Estados Unidos. Tais países adotaram padrões microbiológicos quase próximos ao de água para consumo humano. Mas devido aos altos custos das diretrizes californianas, diversos países adotaram as diretrizes da OMS, como México, Tunísia, França, Jordânia e outros. Pois alcançar tal qualidade microbiológica é totalmente inviável economicamente, e também institucionalmente, devido às dificuldades de se fiscalizar e impor tal prática, fazendo com que as práticas tornem-se irregulares e tragam problemas maiores. A seguir, serão descritos os processos regulatórios implementados e seguidos por alguns países, onde estão bem divididos aqueles que seguem a Califórnia e aqueles que seguem a OMS.

3.7.3.3.1-Normas e Legislações existentes pelo Mundo

O uso de efluentes domésticos tratados na agricultura é praticado em diversas regiões como América do Sul, México, Estados Unidos, Norte da África, Sul da Europa, Sul e Oeste da Ásia, Oriente Médio e na Península Arábica (SHUVAL *et al.* 1986; NIANG 1998; KHOURI *et al.* 1994). Em cada uma destas regiões, a implantação destas práticas vem sendo orientada por diretrizes e regulamentações para a proteção do meio ambiente e saúde pública. Cada região tenta adaptar estas diretrizes às condições sócio-econômicas locais, para que seja viável alcançar os critérios e limites impostos, onde os custos e as tecnologias disponíveis são os principais fatores a serem considerados.

Algumas regiões ainda estão em processo de propostas e estudos para confecção e implantação de tais critérios, assim como existem aquelas em que já estão propondo modificações dos critérios já existentes, como na Arábia Saudita (ABU-RIZAIZA, 1999) e em Creta (TSAGARAKIS, 2004).

América Latina

De acordo com um estudo feito pela CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Medio Ambiente (1996), concluiu-se que na América Latina, 500 000 hectares de terras são irrigadas com efluentes domésticos (México: 350 000, Chile: 16000, Peru: 5500 e Argentina: 3700), sendo que a maioria sem receber tratamento algum. As regulamentações existentes para o uso seguro de efluentes domésticos na América Latina são variadas (CEPIS, 1998) e são apresentadas em seguida.

Peru: De acordo com Schoppmann, (1996), o uso de efluentes tratados ou até mesmo brutos, tem sido amplamente usado no Peru para irrigação há alguns anos. Devido às restrições econômicas do país, a maioria dos processos são realizados sem tratamento prévio. É muito comum o uso indireto, através da captação de águas para irrigação em corpos superficiais receptores de grandes descargas de efluentes domésticos e até mesmo industriais. Na cidade de Lima, na Zona Agrícola de San Augustin (ZASA), isso é bem claro, ao se captarem as águas do Rio Rímac, que recebe uma quantidade considerável de efluentes domésticos e também industriais para a irrigação de hortaliças (MATOS MAR, 1990). Na cidade de Tacna, no sul do território peruano, devido ao seu clima extremamente seco, aonde as precipitações anuais não chegam a 20 mm., desde 1978 já se estudam e utilizam efluentes na agricultura (CEPIS, 2000). Porém com o aumento da população, as plantas de tratamento tornaram-se sub-dimensionadas e não acompanharam em termos de eficiência do processo, fazendo com que os efluentes produzidos sejam de qualidade inadequada para o uso. Devido ao clima seco, o Perú possui diversas regiões onde se utilizam efluentes na irrigação, tais como Sullana e Villa el Salvador, na maioria sem respeitar os critérios e regulamentações estabelecidas pela Lei Geral das Águas, que é a lei mais antiga sobre o manejo de qualidade de água, criada em 1969.

Esta lei, através de emenda de 1983 estabeleceu a qualidade de águas a se utilizar em irrigação de culturas consumidas cruas, cujos níveis de tratamento são estabelecidos ao nível terciário.

Chile: Outra região extremamente árida na América Latina com poucos mm de chuvas anuais é o Chile. Não muito diferente do Peru, o Chile encontra diversos problemas, principalmente devido ao seu alto índice de uso indireto de águas residuárias não tratadas. Na capital Santiago, devido à carência de serviços de saneamento, um volume grande de água contaminada é captado para irrigação. Como consequência se tem um alto índice de doenças, como a hepatite, a febre tifóide, dentre outras.

De acordo com o Ministério da Saúde do Chile, as doenças de veiculação hídrica são endêmicas no país. A diarreia afeta milhares de crianças. Não foi por acaso que o Chile, sofreu com uma epidemia de cólera, e um aumento significativo de casos de febre tifóide e paratifóide nos início dos anos 90. Após estes eventos, os governantes chilenos tomaram consciência dos problemas causados por tal prática irregular, fazendo com que projetos de saneamento fossem implantados, e a conscientização da população sobre os riscos de se consumirem hortaliças cruas, fosse despertada. Não só em Santiago se utilizam as águas servidas, mas em outras regiões, como Antofagasta, também são utilizadas, e os problemas de contaminação também são comuns. Mas ao contrário do que se imagina, o país possui regulamentações quanto ao uso destas águas, que devido a dificuldades econômicas, políticas e institucionais, estes problemas não foram evitados. A NCh 1333, regulamenta o uso e as respectivas qualidades requeridas. No caso de irrigação de culturas consumidas cruas, assim como a OMS, a NCh 1333 recomenda um limite de 1000 Coliformes Fecais/100ml de efluente.

Argentina: Ainda na América do Sul, na Província de Mendoza, em território da Argentina, são irrigados cerca de 1900 ha com efluentes originários da planta de tratamento de Campo Espejo. A qualidade do efluente só não condiz com a irrigação de hortaliças que serão ingeridas cruas.

Na Argentina o uso de efluentes tem sido utilizado não só em Mendoza, mas para irrigação de florestas em Chubut, e para produção de hortaliças e floricultura em Villanueva. No caso da província de Mendoza, foi elaborado um plano que regulamentasse a prática. Neste plano foram estabelecidas e criadas as chamadas ACRE's (Áreas de Cultivos Restritos Especiais), regiões onde seriam dispostos os efluentes. Este plano segue as recomendações da OMS, e contém 10 capítulos onde regulamenta as culturas a serem irrigadas, o método de aplicação e todos os processos para minimizarem

problemas ambientais, e de saúde pública. Convém lembrar que esta regulamentação é a nível regional, e não abrange o país argentino como um todo.

México: Devido a um aumento significativo da demanda hídrica nos setores energéticos e industriais, o uso de águas residuárias para irrigação está cada vez mais importante. Atualmente no México, 350.000 ha de terras são irrigados com efluentes (CEPIS, 1998). Na cidade de Texcoco, as águas residuárias tratadas são a principal fonte de água para a agricultura. No Vale de Juárez, o uso de águas residuárias é feito há 60 anos, mas de maneira totalmente inadequada, causando problemas de doenças parasitárias, contaminação do solo e também do lençol freático.

Por todo o México, se encontram problemas quanto ao uso inadequado de efluentes na agricultura. Mesmo com toda sua regulamentação, que desde 1991 sofreu uma série de adaptações, chegando a sua versão mais atual em 1996, onde ficou estabelecida a NOM-001-ECOL-1996. Seguindo os padrões OMS e realizando algumas adaptações à realidade mexicana, foi fixado o limite de 5 ovos de nematoides /L para irrigação restrita, onde a OMS ainda mantém o limite de 1 ovo/L. Quanto ao número de coliformes fecais, a média mensal não deve ultrapassar a 1000 NMP/100 ml, tanto para irrigação restrita e irrestrita.

Europa, Norte da África e Oriente Médio.

O continente europeu tem duas situações distintas. Enquanto os países ao norte possuem abundância dos recursos hídricos, os países ao sul já não a tem. O reúso ao norte não é prioritário em termos de quantidade, porém em alguns países que possuem uma grande preocupação na preservação do meio ambiente, a proteção desejada aos seus corpos receptores vem através da prática do reúso.

Já ao Sul, devido às condições climáticas e ambientais, os efluentes domésticos podem ser considerados importantes fontes de recursos, principalmente para a agricultura e para a indústria do turismo (ANGELAKIS *et al*, 2001). Junto com os países ao sul da Europa (França, Itália, Grécia, Espanha, Chipre, e Portugal, Turquia), os países do Oriente Médio (Síria, Líbano, Israel e Jordânia) e Norte da África (Egito, Tunísia, Marrocos, Arábia Saudita, Kuwait) também têm necessidade de utilizarem seus efluentes para diversos fins,

devido ao clima extremamente seco. De acordo com (MARRECOS DO MONTE *et al*, 1996) a aplicação de efluentes para a irrigação tem sido adotada progressivamente nos países banhados pelo mar mediterrâneo, com Israel sendo o pioneiro, logo sendo seguido por países como a Tunísia, a Jordânia e o Chipre. Na costa Européia do mediterrâneo, a situação sócio-econômica é bem diferente da costa Norte Africana, onde quase sempre se utilizam águas residuárias de forma inadequada, trazendo problemas de saúde e meio ambiente.

A maioria dos países não possui regulamentações, o que faz a situação piorar. Alguns países estabeleceram seus critérios e em alguns casos, como na Espanha (Andaluzia, Catalunha) e na Itália (Sicília), por exemplo, foram estabelecidos critérios a níveis regionais, demonstrando a excelente estrutura e organização política do local.

Espanha: Na Espanha um recente Plano Nacional de Recursos Hídricos foi apresentado, onde enfatiza bem o uso de efluentes para a irrigação. Enquanto a nível nacional o país não possui regulamentações para o reúso, ao menos três regiões as possuem. A Andaluzia, Catalunha e as Ilhas Baleares possuem alguns marcos legais ou recomendações a respeito do assunto.

Itália: Na Itália aproximadamente 4000 ha de terra são irrigados com efluentes domésticos tratados. Contudo, devido a sua restrita legislação, não há incentivo para tal prática na maioria das regiões do país, devido aos custos envolvidos. É comum, principalmente no Sul, a existência de aplicação de efluente de forma totalmente insegura do ponto de vista sanitário. Na região de Emilia Romagna, um grande projeto foi implantado para irrigar cerca de 250 ha de terra, onde quem paga os custos (transporte, distribuição, operação) são os produtores beneficiados (ANGELAKIS *et al* 2003).

A Legislação Italiana G.U 21.2.77, fixa os critérios de qualidade para o efluente. Tal lei é bem restrita, na qual fixa o número de 2 a 20 coliformes totais / 100 ml de efluente dependendo do tipo de cultura a ser irrigada (ANGELAKIS, *et al* 2002). As regiões da Sicília, Puglia e Emilia Romagna também são bem restritas, com uma redução para no máximo 10 coliformes totais / 100 ml, e zero de ovos de nematóides em Puglia. A mais condizente com a realidade italiana é na Sicília, onde se tolera 3000 coliformes totais/100

ml, e 1 ovo de nematoide/L. A lei Italiana também estabelece recomendações na ocorrência de contato direto entre algum aquífero não confinado e águas superficiais.

França: A legislação não é restrita somente na Itália, pois a França também possui uma lei rigorosa de reúso. Sua legislação é baseada nas diretrizes da OMS, e foi estabelecida pelo Ministério da Saúde em 1991, porém com maiores restrições aos métodos de irrigação e ao estabelecimento de distâncias mínimas de regiões específicas, como cidades ao redor da região de aplicação dos efluentes, e estradas próximas. O nível de tratamento requerido é o nível terciário, fazendo com que somente alguns projetos implementados fossem levados adiante, devido aos custos de tratamento (ANGELAKIS, *et al* 2003).

Chipre: No Chipre, um grande volume de efluentes é coletado, e após tratamento terciário, é utilizado para a irrigação. Os critérios estabelecidos pelo país são mais restritos do que os da OMS, levando em consideração algumas características específicas do país. De acordo com (KYPRIS, 1989), este critério é utilizado em paralelo com um código de prática nacional, para se assegurar a melhor forma de aplicação do efluente sem causar maiores danos. Alguns autores afirmam que eles seguem um pouco da filosofia californiana.

Israel: No Oriente Médio, Israel foi o pioneiro nesta prática, logo seguido por Jordânia e Tunísia. No pequeno território israelense, 72 % de seus efluentes são reutilizados sendo que 42% para irrigação. Lá, todos os projetos de reúso devem ser previamente aprovados pelas autoridades locais, regionais e nacionais, nas quais o Ministério da Saúde estabeleceu os critérios para tal. Tais critérios israelenses seguem também a filosofia do risco zero, da Califórnia.

Tunísia: O país do Norte Africano tem a prática de reúso estabelecida desde 1965, onde 1200 ha de terra em La Soukra foram irrigados neste ano com efluentes tratados, devido aos problemas de intrusão salina em aquíferos da região. Um conjunto simultâneo de

regulamentações regula a prática do reúso no país. O reúso é regulamentado pelo Código das Águas de 1975, pelo decreto 89-1047 de 1989, pelos padrões de qualidade estabelecidos pela Tunísia (NT 106-003 DE 1989), pela decisão do ministério da Agricultura de 1994 que estabeleceu as culturas permitidas e por último, pela lista de requerimentos gerais para projetos de reúso.

É bom lembrar que é proibida a irrigação de culturas consumidas cruas na Tunísia. O Decreto 89-1047 de 1989 estabelece que os projetos devem ser aprovados, e autorizados em conjunto dos Ministérios da Agricultura, Ministério do Meio Ambiente e Uso do Solo, e Ministério da Saúde Pública. Dentre alguns requisitos importantes, está o de áreas irrigadas através de aspersores criarem uma área de acesso restrito, evitando assim, o possível contato com aerossóis. Também a pastagem direta em campos irrigados com efluentes, está proibida.

Turquia: A Turquia é um país com regulamentos a respeito da prática, onde alguns requisitos técnicos são referenciados no Código de Controle da Poluição das Águas. Além dos regulamentos em si, existe uma forma de classificação das águas usadas na irrigação, com alguns parâmetros e limites máximos estabelecidos, como metais pesados e outras substâncias tóxicas. Na Turquia, eles limitam também um volume máximo de efluentes aplicados em uma unidade específica de solo (GORGUN, 2002).

Austrália: A Austrália tem uma longa história de aplicação de efluentes na agricultura, quando em 1897 na cidade de Melbourne, já se aplicavam efluentes nas chamadas “sewage farms”

O conselho para Conservação do Meio Ambiente Australiano e Neozelandês (ANZECC) realizou em 2000, como parte do Programa Estratégico de Gerenciamento da Qualidade das águas da Austrália e do Programa de Desenvolvimento Sustentável da Nova Zelândia, uma revisão das diretrizes para qualidade de águas Doces de 1992.

Nesta série de documentos estabelecidos, encontram-se algumas recomendações para a prática de uso de efluentes na irrigação. As diretrizes são bem restritas, seguindo padrões

californianos de qualidade. Na Austrália existem também as diretrizes aplicadas especificamente em algumas regiões.

Por exemplo, na região sul da Austrália foi publicado o *South Australian Reclaimed Water Guidelines (Treated Effluent)* (EPA/DHS 1999), no Estado de Victória o relatório *The Victorian Guidelines for Environmental Management: Use of Reclaimed Water* (EPA-Victoria 2002) e também na Tasmânia o relatório, *The Environmental Guidelines for the Use of Recycled Water in Tasmania* (DPIWE, 2002).

Arábia Saudita: A Arábia Saudita é um país extremamente quente e seco, onde a demanda por água cresce continuamente e os recursos permanecem bem limitados. (ABU-RIZAIZA, 1999). Os efluentes tratados são aplicados em irrigação restrita, irrestrita e em parques, jardins e estradas rodoviárias. A Arábia Saudita tem regulamentações estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Recursos Hídricos e pela Administração de Proteção Ambiental e Meteorologia. De acordo com Abu-Rizaiza (1998), tais regulamentações são muito exigentes e restritas para os padrões Sauditas não levando em consideração diversos fatores locais. O autor ainda afirma que tais regulamentações são limitadas devido à utilização dos mesmos parâmetros e limites máximos requeridos, para diferentes tipos de reúso.

Japão: O Japão vem utilizando efluentes secundários para diversos fins. Em Fukuoka, região sudoeste do país, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com efluente terciário para diversos usos dentre eles irrigação de jardins na cidade (SANO & MIURA, 1990). Outras cidades como Ooita, Aomori e Tokio estão fazendo uso de esgotos tratados para diversos fins, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos disponíveis (NAROMI, 1987).

EUA: No caso dos EUA, são inexistentes os padrões federais que regulamentam o reúso, embora a USEPA tenha publicado orientações para o reúso em 1980. As regulamentações americanas foram desenvolvidas em âmbito estadual, sendo que os estados da Califórnia e da Flórida, ocupam destaque entre os estados que possuem critérios específicos para o reúso não potável planejado.

Convém lembrar que as diretrizes federais não advogam o reúso potável e nem trazem recomendações que levem a tal prática (CGER, 1998).

Como já foi descrito anteriormente, a Califórnia possui antigos requisitos gerais para o reúso indireto, através da recarga de aquíferos, os quais estão sendo atualizados para garantirem que um aquífero, que recebeu recarga com água de reúso, atenda ao padrão de potabilidade, e não exija tratamento posterior antes do consumo. O Estado ainda não desenvolveu critérios para reúso potável indireto através do aumento da vazão de cursos d'água, embora exista uma proposta neste sentido (CGER, 1998). Os critérios californianos são considerados bastante restritos, onde para uma média de sete dias o número total de organismos coliformes totais seja igual ou inferior a 2.2 /100 ml, e não pode exceder de 23/100 ml em nenhuma amostra.

O Estado da Flórida também possui uma regulamentação bastante restrita, na qual por exemplo, para a irrigação de áreas com acesso público restrito, e de culturas não destinadas ao consumo humano, são feitas as seguintes exigências: densidade de coliformes fecais inferior a 200/100ml. Já no caso de utilização do efluente para irrigar áreas acessíveis a população e para descarga de vasos sanitários em prédios, o nível de organismos coliformes deve ser ausente em 100 ml.

Em alguns casos, o processo de reúso é proibido, como para a irrigação de culturas comestíveis, salvo em alguns casos especiais, como culturas processadas industrialmente, cozidas etc

Já o Estado do Arizona por exemplo, é o único em que foi estabelecido um padrão de reúso com limites para vírus e parasitas. Para a irrigação de culturas através de aspersores, por exemplo, estabelecido uma densidade limite de 2.2 Coliformes fecais/100 ml, ausência de detecção de *Entamoeba histolitica*, *Giardia lamblia* e *Ascaris lumbricoides*, e um limite de 1 vírus entérico/ 40 ml.

No Texas, na medida em que o reúso das águas se torna mais comum, considera-se natural que surjam cada vez mais processos legislativos disciplinando esta prática. Os tópicos legais de interesse abrangem mananciais e cursos d'água, aquíferos profundos e superficiais, e direitos de propriedade sobre usos úteis da água captada.

A maior parte dos rios do Texas possuem a vazão dominante proveniente do reúso, alguns em mais de 90%, especialmente na estação seca. A extensão da proteção legal

para os usuários de jusante, depende do manancial dos usuários de montante, ser superficial ou subterrâneo. Por exemplo, a cidade de Abilene, que depende de mananciais superficiais, está obrigada pelo Brazos River Authority a retomar 40% da vazão captada para o rio, sob a forma de efluente tratado, para compensar a perda.

No Texas existe diferença legal entre reúso da água e uso sucessivo da água. O verdadeiro reúso, seja direto ou indireto, é feito pelo mesmo agente, para o mesmo propósito e abastece a mesma área, guardando analogia perfeita com as antigas causas jurídicas, envolvendo captação para irrigação, onde a água pode ser recaptada para ser reutilizada no mesmo solo agrícola.

Quando o reúso ocorre para outro propósito, quando a água é vendida, ou beneficia uma área distinta da originalmente prevista, o direito apropriativo original pode ser contestado se estiver prejudicando os direitos dos usuários de jusante, pois este novo uso torna-se sucessivo, diferindo do conceito de reúso para o bem público (BOOTH *et al.* 1996).

Brasil: Aqui no Brasil, ainda não temos nenhuma legislação relativa ao assunto. Mesmo a nova Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9433/97), demonstrou pouca preocupação legislativa para a fixação de princípios e critérios para a reutilização da água. Contudo, há algum tempo atrás, já se demonstrava interesse político a nível Nacional, durante a Conferência Interparlamentar sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente em dezembro de 1992, realizada em Brasília, em que um item recomenda “que se tenham esforços em nível nacional para a prática do reúso e reciclagem sempre que possível” (HESPANHOL, 2002).

Em algumas regiões do Brasil, principalmente no Nordeste, onde predomina um clima seco, o uso de efluentes possivelmente pode tornar-se uma alternativa para o abastecimento de água para fins não potáveis. Segundo Guidolin (2000), na região do Seridó, no Rio Grande do Norte, já existem projetos de aplicação de efluentes tratados primariamente implementados, para a irrigação de capineiras nos arredores da área urbana, com maior destaque às sedes municipais de Santa Cruz, Campo Redondo, Caicó, Currais Novos, Goianinha, Eduardo Gomes e Parelhas.

Adicionalmente, em grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro dentre outros, o uso de efluentes para alguns destinos específicos já é realizado. Em São Paulo, por exemplo, já se utilizam às águas residuárias tratadas para a lavagem de ruas e

calçadas em São Caetano do Sul. Um outro caso como exemplo, que utiliza água de reúso no estado, é o do Parque de diversões Hopi Hari, que utiliza esta água para fins sanitários e de irrigação dos jardins, como já foi apresentado anteriormente.

Contudo, a prática ainda está em sua maioria sendo realizada para fins de pesquisa, como ocorre, por exemplo, em Natal e Campina Grande, respectivamente nas universidades UFRN e UFPB. Embora exista a real necessidade de implantar a prática no Brasil, e regulamentá-la, não se pode deixar de levar em consideração o extenso território brasileiro, onde predominam diversos tipos sociais, econômicos, culturais, mas principalmente ambientais (solo, clima, vegetação, incidência solar, precipitação etc). Com isto, recomendações a níveis regionais poderiam ser estabelecidas através de diretrizes federais e adaptadas.

Até o mês de março de 2005, vigorava desde o ano de 1986, a Resolução CONAMA 20/86, que estabelecia as condições e os padrões de lançamento de efluentes tratados no corpo receptor, além de classificar os corpos hídricos de acordo com os usos preponderantes (Quadro 7). Recentemente, esta Resolução passou por análises e revisões, tendo como consequências, algumas pequenas alterações em parâmetros já existentes anteriormente. Houve a inclusão também de alguns novos parâmetros, como: a) a densidade de cianobactérias, e b) clorofila a. Em relação ao parâmetro fósforo total, esta nova Resolução apresenta-se mais abrangente, na medida em que ela preconiza mais de um valor limite para cada classe de corpo hídrico, num total de três. Os valores a serem seguidos, irão depender diretamente do corpo receptor dos efluentes, e de suas características da seguinte forma: Quanto mais estático for o sistema (ambientes lênticos), menores serão os valores permitidos para o lançamento de fósforo total. O caso oposto também se aplica, onde em ambientes lóticos, ou seja, mais dinâmicos, os valores de lançamento permitidos são maiores. A Resolução contempla também o caso dos sistemas intermediários. Em relação aos parâmetros microbiológicos, os Coliformes totais foram retirados da nova Resolução, enquanto que os coliformes fecais foram flexibilizados somente nas águas de Classe 3, permitindo um valor limite de densidade de até 10000 organismos/100ml. Recomendadas estas alterações, foi aprovada e passou a vigorar no dia 17 de março de 2005, a nova Resolução CONAMA 375/05 (Quadro 8). Podem-se observar neste quadro estas alterações em negrito. Sendo a atual Resolução estabelecida no Brasil, a CONAMA 357/05, mesmo que em processo provisório, poderia ser a diretriz federal que orientasse os projetos de reuso em território nacional.

Quadro 7: Resolução CONAMA 20/86

Categoria	Parâmetro	Unidade	Águas doces				Águas salinas		Águas salobras	
			1	2	3	4	5	6	7	8
Físicos	Cor	mgPt-Co/l	nível natur.	75	75	-	-	-	-	-
	Turbidez	UNT	40	100	100	-	-	-	-	-
	Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500	500	500	-	-	-	-	-
Biológicos	Coliformes totais	org/100ml	1000	5000	20000	-	5000	20000	5000	2000
	Coliformes termotolerantes	org/100ml	200	1000	4000	-	1000	4000	1000	4000
Químicos	DBO ₅	mg/l	3	5	10	-	5	10	5	-
	OD	mg/l	≥6	≥5	≥4	≥2	≥6	4	≥5	≥3
	pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6 a 9	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	5 a 9
Nutrientes	Amônia livre	mgNH ₃ /l	0,02	0,02	-	-	0,4	-	-	-
	Amônia total	mgN/l	-	-	1,0	-	-	-	0,4	-
	Nitrato	mgN/l	10	10	10	-	10	-	-	-
	Nitrito	mgN/l	1,0	1,0	1,0	-	1,0	-	-	-
	Fosfato total	mgP/l	0,025	0,0250	0,025	-	-	-	-	-

Nesta Resolução as águas foram divididas em três categorias mais abrangentes: doces, salinas e salobras. Estas, por sua vez, são subdivididas em nove classes: cinco para as águas doces (classe especial, 1, 2, 3, e 4); duas para as águas salinas (classe 5 e 6); e duas para águas salobras (classe 7 e 8). Para os objetivos do presente trabalho, foram considerados tão somente as águas doces e as classes 1,2 e 3.

Quadro 8: Resolução CONAMA 357/05

Categoria	Parâmetro	Unidade	Águas doces				Águas salinas		Águas salobras	
			1	2	3	4	5	6	7	8
Físicos	Cor	mgPt-Co/l		75	75					
	Turbidez	UNT	40	100	100					
	Sólidos dissolvidos totais	mg/l	500							
Biológicos	<i>E. coli</i> ou colif. termotol.	org/100ml	200 (b)	1000 (b)	10.000	-	(b)	?	(b)	?
	Clorofila a	µg/l	10	30	60	-	-	-	-	-
	Densid. de cianobactérias	células/mL	20000	50000	50000	-	-	-	-	-
Químicos	DBO ₅	mg/l	3	5	10	-	5	10	5	-
	OD	mg/l	≥6	≥5	≥4	≥2	≥6	≥4	≥5	≥3
	pH	-								
Nutrientes	Nitrato	mgN/l	10	10	10		10			
	Nitrito	mgN/l	1,0	1,0	1,0		1,0			
	Fósforo total (sistemas lênticos)	mgP/l	0,020	0,030	0,050	-		-	-	-
	Sistemas Intermediários		0,025	0,050	0,075	-		-	-	-
	Sistemas Lóticos		0,1	0,1	0,15	-	-	-	-	-

4- MATERIAIS e MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

4.1.1-Aspectos Físicos

O sistema estudado localiza-se na Vila Dois Rios, Ilha Grande-RJ com coordenadas geográficas de (23° 11`S e 44° 11`W).

Clima - Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é classificado como tropical úmido, podendo ser classificado também como ombrófilo. A média anual de temperatura é de 22,5 °, sendo que fevereiro é o mês mais quente e julho o mês mais frio.

Vegetação - Quanto à vegetação da região, de acordo com o mapa temático do IBGE (IBGE, 1988) a região envolve os ecossistemas de Mata Atlântica ocupados pela floresta ombrófila densa, e também as formações florísticas associadas, que correspondem os manguezais e a vegetação de restinga.

Geologia e Geomorfologia - A geomorfologia da região está enquadrada de acordo com a classificação do Projeto Radam Brasil, na qual a Ilha Grande está inserida em um grupo de ilhas disseminadas no mar próximo à escarpa da Serra do Mar, compondo a Unidade Planalto da Bocaina, por ser uma ilha continental, ou seja, com vínculos estruturais e morfológicos com o continente. Em termos geológicos, a região situa-se nos domínios da Suíte Intrusiva da Serra dos Orgãos, constituída de rochas de natureza sintectônica e pós-tectônica (SEMARJ, 1997).

Pedologia - Os principais tipos de solos da região são: Solos Aluviais, os Podzólicos e as Areias Quartzosas (SEMARJ, 1997). Os solos aluviais têm domínio da fração de areia fina, sendo também constituídos em frações expressivas por argilas finas. Geralmente têm o nível de lençol freático elevado. Sua principal característica é a cor esbranquiçada pelo mineral quartzo. Os podzólicos ocupam as áreas de encostas e declives acentuados. São bastante suscetíveis aos processos erosivos dependendo do uso e manejo.

4.2 - Descrição do Sistema Estudado

O Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável - CEADS em Dois Rios - Ilha Grande foi criado em 1995, e pertence à UERJ. A função do CEADS é realizar investigação científica e tecnológica nos mais diversos campos do conhecimento científico, e promover uma articulação entre a pesquisa, o ensino e a extensão. Como um centro de pesquisa, a frequência de pessoas é muito variável ao longo do ano, porém a infra-estrutura foi projetada para atender e receber os efluentes domésticos de no máximo, 60 pesquisadores, e somando-se a isso, mais um pequeno número de funcionários diários.



Figura 3: Lançamento do Efluente final no Rio Barra Grande (F.Kaczala).

O sistema de tratamento de esgotos implantado é um pouco complexo devido à existência de um prédio principal, e um anexo secundário, com alguns funcionários e laboratórios estabelecidos. No caso do prédio anexo, o sistema é constituído de uma fossa séptica seguida de dois filtros biológicos anaeróbios em paralelo, juntamente com uma fossa séptica separada. O prédio principal onde se encontram as salas de aula, os laboratórios de informática, os laboratórios de pesquisa, auditório, lavanderia, cozinha, refeitório e os dormitórios, possui somente uma fossa séptica. Estes sistemas encontram-se em uma caixa equalizadora, a partir de onde seguem para o polimento final na Zona de Raízes, para após este processo serem descartados no Rio Barra Grande que corre ao lado do centro (Figura 3). Convém lembrar que o sistema foi

projetado para tratar os efluentes e lançar no corpo receptor de acordo com as normas estabelecidas para este tipo de região, e não com vistas à utilização do efluente.

A Zona de Raízes, que consiste no polimento final do tratamento, e que também é o foco principal do presente estudo em que pretende verificar a viabilidade de reutilização do efluente, possuía as seguintes dimensões de projeto: 15,0 m x 5,50 m x 1,00 m (comprimento x largura x profundidade) (Figura 4). Porém, após um longo período sem manutenção, a altura do leito foi reduzida para aproximadamente 0,50m, o que resulta em um volume total atual do leito de 41,25m³. O leito é composto por pedras (brita n°2), que de acordo com as especificações da ABNT, possui um volume médio que corresponde à esfera de diâmetro entre 1,9cm e 2,5cm.

Os dispositivos de entrada e saída dos esgotos no sistema alagado estão dispostos no fundo do leito. Dois tubos de PVC perfurados são utilizados para distribuir e drenar todo o esgoto ao longo da largura do leito.

O sistema de Zona de Raízes do CEADS encontra-se colonizado por diversas espécies de macrófitas emergentes, diferentes das que foram utilizadas no projeto original, que eram da espécie *Juncus spp.* Visualmente é possível identificar cerca de cinco espécies de plantas, mas apenas duas são colocadas como predominantes e foram identificadas apenas por seus gêneros devido à ausência de floração específica. Uma é predominante na primeira metade do leito, pertencente ao gênero *Commelinacea*, e a segunda predomina do meio em diante, e é pertencente ao gênero *Asterácea* (ESTEVES, 2004). Estas espécies de plantas possivelmente foram polinizadas naturalmente, visto que os gêneros são típicos da região e encontrados nos arredores.

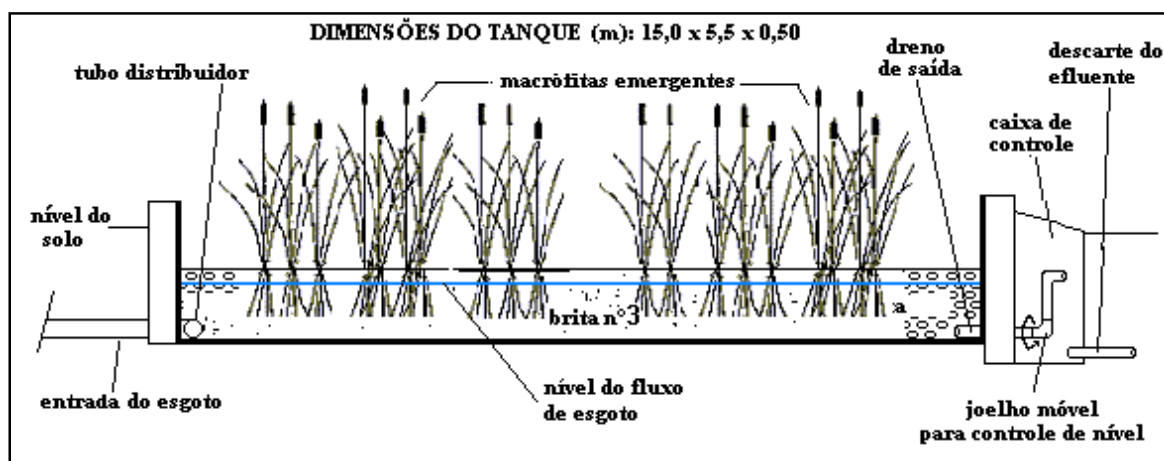


Figura 4: Desenho Esquemático do Sistema de Zona de Raízes do CEADS.

4.3-Amostragem do efluente

As amostras foram coletadas e levadas ao laboratório em períodos quinzenais, sendo que nos meses de janeiro, fevereiro e março, o cronograma não pode ser seguido, devido ao recesso tanto no CEADS, quanto em alguns laboratórios que estavam realizando os experimentos.

Para o processo de amostragem foram estabelecidos dois pontos fixos para a verificação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os mesmos se encontram respectivamente na entrada e na saída do sistema de Zona de Raízes, como apresentado na Figura 5. As primeiras coletas de amostras foram realizadas no mês de outubro de 2004 e se estenderam até o mês de março de 2005. O processo de amostragem seguiu um padrão para que fosse melhor analisado, em que todas as coletas foram realizadas entre 6 e 8 horas da manhã. Contudo o sistema de Zona de Raízes é vulnerável, e bastante influenciado por condições climáticas e principalmente meteorológicas, por ser um sistema totalmente aberto. As amostras líquidas foram devidamente armazenadas em gelo e transportadas aos laboratórios responsáveis pelas respectivas análises.



Figura 5: Visão do Sistema de Zona de Raízes do CEADS, e os pontos de coleta na entrada e saída do sistema (F.Kaczala).

Foram coletadas 16 amostras em 8 ocasiões entre outubro de 2004 e março de 2005, e todas as análises seguiram o padrão internacional do *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998)

A cada evento de amostragem a temperatura foi medida no campo, com auxílio de termômetro. Este parâmetro tem importância devido à influência que ele exerce principalmente nos processos químicos e biológicos que ocorrem no sistema.

4.4 – Parâmetros Analisados

Laboratório do Departamento de Engenharia Sanitária e de Meio Ambiente da UERJ.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

A DBO é um importante parâmetro de análise em efluentes, por medir a matéria orgânica biodegradável presente. O que se mede através deste parâmetro, é a quantidade de oxigênio consumido para que se degrade a matéria orgânica presente em uma determinada amostra, através de um período pré-determinado de tempo, que geralmente é padronizado em 5 dias. Por isso pode ser encontrado também na literatura como DBO₅.

Este é um parâmetro significativo para a avaliação da carga orgânica lançada nos corpos d'água e seus respectivos impactos, sendo o principal a redução da oferta de oxigênio dissolvido no corpo receptor. Como conseqüências trazem significativos problemas, principalmente à vida aquática presente.

Fósforo Total

O fósforo presente na água apresenta-se principalmente sob a forma de ortofosfato, polifosfatos e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são a forma mais estável do fósforo em meio aquoso. Os fosfatos não são tóxicos, nem representam riscos diretos à saúde do homem ou de outros organismos, porém representam uma séria ameaça à qualidade da água de forma indireta. Quando ocorre um aumento no aporte de fósforo em um corpo

aquático, há um estímulo para o crescimento descontrolado de micro e macro organismos aquáticos fotossintéticos em quantidades indesejáveis, com conseqüências drásticas para aquele ambiente. Tal processo é também conhecido como a eutrofização.

Nitrogênio Total de Kjeldahl

Dentre as principais fontes de nitrogênio em sistemas aquáticos, estão os esgotos domésticos. É um constituinte de proteínas, clorofila e muitos outros compostos biológicos. A sua determinação é de extrema importância para se avaliar a tratabilidade dos esgotos domésticos por processos biológicos. Nos efluentes, as formas existentes são o nitrogênio orgânico, o nitrogênio amoniacal (NH_3), nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3), sendo que os que predominam, são o Nitrogênio orgânico e o amoniacal.

O Nitrogênio Total de Kjeldahl corresponde à soma da concentração do nitrogênio orgânico mais o amoniacal.

Além da eutrofização, o nitrogênio quando presente na água para consumo humano, na forma de nitratos, acima de uma determinada concentração (50 mg/l), causa em crianças a cianose, também conhecida como a doença do sangue azul, que se caracteriza pela substituição do oxigênio pelo nitrato no complexo sangüíneo.

Laboratório de Esquistossomose do Departamento de Ciências Biológicas da ENSP-FIOCRUZ.

Helminths:

Também conhecidos como vermes ou parasitos, estão presentes em efluentes domésticos e são patogênicos trazendo problemas a saúde pública. A contaminação da água pode ser resultado de dejetos humanos ou animais contendo helmintos e seus respectivos ovos ou larvas, já que o ciclo de vida destes organismos, freqüentemente envolve o homem e alguns animais como hospedeiros. Algumas espécies de caramujos também servem de hospedeiro para alguns helmintos. Os principais helmintos são os:

Ascaris lumbricoides, o *Ancilostoma ssp*, o *Schistosoma ssp*, *Trichuris trichiura*, dentre outros. Em sua maioria causam problemas gastro intestinais.

Algumas diretrizes utilizam os helmintos como um indicador a ser analisado no caso de utilização de efluentes tratados para irrigação.

Método de Análise: Técnica de sedimentação - Método de Bailenger modificado (WHO, 1989; AYRES & MARA, 1996).

Neste trabalho, foi adotada a técnica de sedimentação - método de Bailenger modificado (WHO, 1989), detalhadamente descrito em Ayres & Mara (1996). Ele é um pouco diferenciado do processo do *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*, e por este motivo está sendo apresentado com maiores detalhes. Simplificadamente, o procedimento de análise consiste de quatro etapas básicas:

1. Sedimentação das amostras por um período de tempo suficiente para que os ovos dos parasitos decantem;
2. Concentração do sedimento por centrifugação;
3. Tratamento do sedimento por: solução tampão de acetato-ácido acético de pH = 4,5 para modificar o equilíbrio hidrofílico-lipofílico de forma a otimizar a concentração dos ovos, pelo controle do pH; extração de gorduras com acetato de etila e ressuspensão final em solução de sulfato de zinco a 33% (d= 1, 18) para permitir a flotação dos ovos na câmara de leitura;
4. Contagem de ovos em uma câmara de McMaster de volume conhecido.

Laboratório de Geografia da UFRJ

Turbidez

Os efluentes domésticos podem conter uma ampla variedade de materiais causadores de turbidez, podendo ser eles inorgânicos ou orgânicos. Tais materiais encontram-se suspensos em partículas, impedindo a passagem de luz. Dependendo do tamanho das partículas em questão, elas sedimentam-se naturalmente após um determinado período de repouso, porém em tamanhos menores, elas não sedimentam, e neste caso são denominadas de colóides. É um importante parâmetro no que diz respeito ao processo

de desinfecção final, na qual as águas com maior turbidez, são mais complicadas de se inviabilizar microorganismos causadores de doenças, principalmente os vírus e também alguns protozoários.

Condutividade elétrica

Mede a capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica, em virtude da presença de íons. Este parâmetro tem relação direta com a salinidade. Quanto maior a condutividade, maior a presença de íons e, portanto de sais dissolvidos. A condutividade é um parâmetro de grande importância para a irrigação.

DQO (Demanda Química de Oxigênio)

A matéria orgânica biodegradável juntamente com a não biodegradável pode ser medida através deste parâmetro. A DQO corresponde ao equivalente em matéria orgânica que pode ser oxidada por um agente oxidante forte, geralmente o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), em meio ácido.

Oxigênio Dissolvido

Este parâmetro é de extrema importância para os organismos aeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Durante este processo, os microorganismos utilizam o oxigênio para a respiração, podendo vir a causar redução da disponibilidade no meio. Com isso alguns problemas podem vir a ocorrer, como por exemplo, a morte de organismos aquáticos que necessitam de oxigênio no meio para sobreviver. Além do que, a falta de oxigênio cria condições anaeróbias que podem gerar maus odores devido à liberação de gases.

Laboratório Aqualab Química Ltda.

Bactérias do Grupo Coliformes

As bactérias do grupo “coli” ou coliformes como também são conhecidas, são largamente utilizadas como indicadores de contaminação por esgotos domésticos. Isto acontece devido a estas bactérias habitarem normalmente o intestino humano como saprófitas, não causando geralmente qualquer dano ao seu hospedeiro. Dentre elas se

destacam o grupo das bactérias *coliformes fecais*, recentemente denominadas termotolerantes (Funasa 2004 *apud* Rapoport, 2004).

Dentre os diversos tipos de bactérias do grupo, a maioria é pertencente aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (FUNASA, 2004 *apud* RAPOPORT, 2004).

As bactérias que foram analisadas para a verificação da qualidade microbiológica do efluente neste trabalho foram: os *Coliformes totais* e a *Escherichia coli*, pelo método da membrana filtrante e meio de cultura.

4.5. Utilização de Diretrizes e Regulamentações para comparação com Resultados Obtidos

Em uma primeira fase do projeto, foi realizado um levantamento de maior abrangência possível de informações em forma de pesquisa bibliográfica onde foram utilizados diversos meios de comunicação na área científica, como: livros, periódicos, teses e dissertações antes defendidas, universidades, instituições de pesquisa, internet e outros.

Dentre as informações de grande importância, estava o levantamento de diretrizes e normas existentes para reúso de águas residuárias na irrigação, os parâmetros e limites estabelecidos, e a escolha dentre eles para ser utilizado como base de comparação para o efluente em estudo.

5- RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O reúso de águas é uma prática que deve ser incentivada principalmente em regiões onde exista um desequilíbrio entre a demanda e a oferta de água. No caso do Brasil, tais regiões abrangem principalmente as regiões áridas e semi-áridas, como o Nordeste e algumas áreas do Sudeste do país, onde há a carência de água até mesmo para o consumo humano.

Contudo, embora este processo já esteja sendo bastante difundido e utilizado em alguns países, no Brasil o reúso de águas ainda é uma prática não muito difundida. Para a implantação deste processo, há a necessidade de que pesquisas sejam feitas, de modo a determinar as melhores formas de utilização destas águas, e os critérios e cuidados a serem observados, principalmente no que diz respeito a saúde pública, e não esquecendo também dos aspectos ambientais.

Vários são os riscos sanitários associados ao uso de águas residuárias domésticas tratadas na irrigação. De acordo com Giordani (2003), a probabilidade de ocorrência de problemas de saúde, está intimamente relacionada à qualidade microbiológica do efluente e ao destino final dado a ele, não esquecendo de que o gerenciamento do processo também influencia bastante.

Um dos aspectos mais relevantes da utilização de esgotos são as possíveis implicações para a saúde pública, e que se constituem ainda objetos de controvérsias no seio da comunidade técnico-científica internacional. O consenso vai somente até o reconhecimento de que a irrigação com águas residuárias sem tratamento, apresenta riscos reais de transmissão de doenças, e que qualquer prática de irrigação com esgotos, envolve algum risco de saúde pública.

Entretanto, persistem polêmicas quanto aos níveis de riscos admissíveis, bem como as frequências e os períodos de exposição permitidos e, assim sendo, polêmicas quanto ao grau de tratamento e a qualidade dos efluentes necessária, e que seja suficiente para garantir a segurança sanitária da população (ROSE *et al.*, 1989; ASANO *et al.*, 1992; HESPANHOL & PROST, 1993).

Dentre os constituintes prejudiciais que estão presentes nos efluentes domésticos, os metais pesados e os compostos químicos, tanto orgânicos quanto os inorgânicos, estão presentes, porém em baixas concentrações, fazendo com que somente uma ingestão por longos períodos de tempo e seu acúmulo no organismo, possa representar riscos à saúde. Quando se trata de aspectos negativos em relação à saúde pública, a atenção especial deve ser direcionada aos microorganismos que também estão presentes, e que são possivelmente, potenciais causadores de doenças. De acordo com a OMS (1989), são conhecidas em torno de trinta doenças de veiculação hídrica causadas por estes organismos presentes tanto na água quanto nos efluentes, e que são de grande importância para a saúde pública. O Quadro 9 a seguir, apresenta problemas de acometimento hídrico, também da forma de transmissão e o que fazer para a prevenção.

Quadro 9 - Doenças Relacionadas com Água Contaminada. FONTE: FUNASA (1999)

Grupos de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças	Formas de Prevenção
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico (agente causador da doença) é ingerido.	<ul style="list-style-type: none"> - Diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase - Leptospirose - Amebíase - Hepatite infecciosa 	<ul style="list-style-type: none"> - Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes contaminadas - Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.
Controladas pela limpeza com água	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação	<ul style="list-style-type: none"> - Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose 	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas à água (uma parte do ciclo de vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático).	O patógeno penetra pela pele ou é ingerido	<ul style="list-style-type: none"> - esquistossomose 	<ul style="list-style-type: none"> - Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos - Evitar o contato de pessoas com águas infectadas - Proteger mananciais - combater o hospedeiro intermediário
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	<ul style="list-style-type: none"> - malária - Febre amarela - dengue - elefantíase 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar condições que possam favorecer criadouros - Combater os insetos transmissores - Evitar o contato com criadouros

Como já foi apresentado anteriormente, uma das medidas que a OMS (1989) preconiza para proteger a população de problemas de saúde, e da contaminação por estes organismos patogênicos, é o tratamento dos efluentes. Com a ausência do tratamento, o projeto pode representar algum risco, a não ser que se utilizem algumas outras medidas que impeçam a transmissão de doenças.

Porém, levando em consideração a realidade do país, observa-se uma enorme lacuna em se tratando de saneamento, principalmente no que diz respeito ao tratamento de efluentes domésticos (PARESCI, 2004). Segundo o IBGE (2002), somente 33,5% dos domicílios brasileiros são atendidos por rede de esgotos sendo que destes, apenas 35,3% são submetidos a tratamento para remoção de poluentes.

Estimativas efetuadas pelo Departamento de Saneamento da Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento, demonstram que será necessário algo em torno de quarenta bilhões de reais para proporcionar infra-estrutura de saneamento apenas para a população urbana do Brasil, até o ano de 2010 (HESPANHOL, 1999).

Respeitando esta realidade, a implantação de estações de tratamento e processos que utilizem técnicas simples e com baixos custos, que sejam acessíveis a população de baixa renda, populações rurais e pequenos municípios ou comunidades, seria a medida necessária e ideal para se reverter este quadro. Pois as tecnologias também chamadas de convencionais, que geralmente são implantadas nos grandes centros, como o processo de lodos ativados, por exemplo, requerem grandes investimentos de implantação, operação e manutenção. Com isto, é bem visível que o Brasil requer o uso de tecnologias mais acessíveis, e que necessitam de baixos valores de investimentos para se adequarem a nossa realidade.

Neste sentido, os processos de tratamento, bem como os sistemas, devem atender as características brasileiras econômico-financeiras, de operação e manutenção onde se constata a necessidade de não somente tratar esgotos, mas a necessidade de conjugar baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema como um todo (ROQUE, 1997).

Dentre algumas opções que passam por lagoas de estabilização e sistemas de fossas sépticas e filtros biológicos, uma que recentemente vem sendo implantada em algumas regiões ao redor do planeta como já descrito anteriormente, são os chamados *wetlands construídos*, também conhecidos por Zona de Raízes, Leitos Cultivados, dentre outros termos. Tais sistemas serão estudados nesta dissertação, por serem um processo onde requerem investimentos bem mais baixos do que as tecnologias convencionais, assim se enquadrando muito bem à realidade brasileira (PARESCHI, 2004).

Tamanha é a importância do tema, que a Agenda 21 enfatiza no Capítulo 18 e salienta que, “... em países em desenvolvimento, excretas humanos e esgotos são importantes fatores de deterioração da qualidade da água e que a introdução de tecnologias adaptadas para a construção de sistemas de tratamento de esgotos traria melhorias significativas, em termos de saúde pública e meio ambiente....”.

O presente trabalho focaliza a qualidade do efluente final do *Wetland Construído*, parte do sistema de tratamento de esgotos do CEADS, Dois Rios Ilha Grande, RJ. Tal análise de qualidade visa avaliar o potencial de utilização do efluente na irrigação e os riscos à saúde pública. Os resultados poderão ser utilizados como base inicial para avaliar a possibilidade de aproveitamento do sistema de tratamento, e o uso dos efluentes em regiões com limitações de recursos tanto, financeiros, quanto escassez de água.

6-Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas. Conforme descrito na Metodologia, as coletas começaram em Outubro/2004 e se estenderam até o mês de Março/2005. Todas as coletas, bem como a forma de transporte e também as análises, seguiram o que preconiza o *Standards Methods for Examination of Water and Wastewater*. Em seguida são apresentadas as datas de coleta e os respectivos valores das análises laboratoriais para os parâmetros investigados.

13 /10/2004

Condições Climáticas e Meteorológicas:

(Fonte: <http://reia.inmet.gov.br/climatolo.php>)

Temperatura Média: 25 °C. Sem chuvas nos dois dias que antecederam a coleta.

Quadro 10: Resultados das Análises do dia 13/10/2004

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	X	X
E. Coli. (UFC/100ml)	X	X
Cond.elétrica (microS/cm)	553,2	504,6
DQO (mg/l)	554,50	78,25
DBO (mg/l)	176	89
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	46,4	33,4
Turbidez (NTU)	30,50	6,96
NH ₃ (mg/l)	66,25	25,13
pH	6,98	7,10
NO ₃ - (mg/l)	8,95	5,45
OD (mg/l)	0,3	3,0
Fósforo Total (mg/l)	2,57	2,34
NO ₂ - (mg/l)	0,0235	0,0225
Ovos de Helmintos/litro	2	0
Temperatura	19,9°C	21,5°C
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)		
Cloretos (mg/l)		

3/11/2004

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 29 °C. No dia 2/11 ocorreram 30 mm de chuva.

Quadro 11: Resultados das Análises do dia 3/11/2004

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	1,65E+06	4,70E+05
E. Coli. (UFC/100ml)	1,22E+06	3,80E+05
Cond. Elétrica (microS/cm)	493,6	507,3
DQO (mg/l)	244	79,25
DBO (mg/l)	119	64
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	46	33,6
Turbidez (NTU)	43,1	2,38
NH ₃ (mg/l)	28,5	7,5
pH	6,21	6,44
NO ₃ - (mg/l)	2,7	2,8
OD (mg/l)	1,6	2,6
Fósforo Total (mg/l)	2,41	2,09
NO ₂ - (mg/l)	0,027	0,022
Ovos de Helmintos/litro	0	0
Temperatura		
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)		
Cloretos (mg/l)		

16/11/2004

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 23 °C. No dia 14 e 15/11 ocorreram no total uns 10 mm de chuva.

Quadro 12: Resultados das Análises do dia 16/11/2004

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	3,00E+05	1,30E+03
E. Coli. (UFC/100ml)	1,50E+05	1,00E+03
Cond. Elétrica (microS/cm)	456,3	501,3
DQO (mg/l)	268,75	80
DBO (mg/l)	119	67
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	46,5	33,4
Turbidez (NTU)	37,8	1,8
NH ₃ (mg/l)	52,5	14
pH	6,08	6,98
NO ₃ - (mg/l)	3	2,5
OD (mg/l)	1,2	2,6
Fósforo Total (mg/l)	1,9	1,62
NO ₂ - (mg/l)	0,032	0,015
Ovos de Helmintos/litro	2	0
Temperatura	22	22
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)		
Cloretos (mg/l)		

6/12/2004

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 25 °C. Nos dias antecedentes sem chuvas.

Quadro 13: Resultados das Análises do dia 6/12/2004

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	5,96E+07	8,10E+04
E. Coli. (UFC/100ml)	4,70E+07	6,80E+04
Cond. Elétrica (microS/cm)	381,3	513,5
DQO (mg/l)	223,45	62,09
DBO (mg/l)	X	X
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	48,9	31,6
Turbidez (NTU)	26,3	7,2
NH ₃ (mg/l)	56,25	20,5
pH	6,2	6,9
NO ₃ - (mg/l)	2,95	2,75
OD (mg/l)	1,6	2,3
Fósforo Total (mg/l)	2,09	1,45
NO ₂ - (mg/l)	0,028	0,023
Ovos de Helmintos/litro	0	0
Temperatura	24,9	22,8
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)		
Cloretos (mg/l)		

20/12/2004

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 28 °C. No dias antecedentes sem chuvas.

Quadro 14: Resultados das Análises do dia 20/12/2004

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	3.90E+07	6,50E+06
E. Coli. (UFC/100ml)	7.70E+06	6,00E+06
Cond. Elétrica (microS/cm)	497,6	427,3
DQO (mg/l)	193,3	25,1
DBO (mg/l)	X	X
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	X	X
Turbidez (NTU)	37,8	6,22
NH ₃ (mg/l)	X	X
pH	7,01	7,09
NO ₃ - (mg/l)		
OD (mg/l)	0,8	2,9
Fósforo Total (mg/l)		
NO ₂ - (mg/l)		
Ovos de Helmintos/litro	0	0
Temperatura	26	24
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)		
Cloretos (mg/l)		

24/01/2005

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 28 °C. No dia 21/01 houve 5 mm de chuva e no dia 23/01, 27 mm

Quadro 15: Resultados das Análises do dia 24/01/2005

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	1,05E+07	9,10E+05
E. Coli. (UFC/100ml)	9,80E+06	2,24E+03
Cond. Elétrica (microS/cm)	603	581
DQO (mg/l)	154,43	53,4
DBO (mg/l)	6	4
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	43,2	28,1
Turbidez (NTU)	9,59	0,6
NH ₃ (mg/l)	22	19
pH	6,8	7
NO ₃ - (mg/l)		
OD (mg/l)	2,42	7,85
Fósforo Total (mg/l)	1,8	1,6
NO ₂ - (mg/l)	x	x
Ovos de Helmintos/litro	0	0
Temperatura	27	25
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	32,4	19,2
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	25,6	14,8
Cloretos (mg/l)	49,07	44,57

21/02/2005

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 26 °C.. Sem chuvas nos dois dias antecedentes

Quadro 16: Resultados das Análises do dia 21/02/2005

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	1,22E+08	3,90E+06
E. Coli. (UFC/100ml)	2,50E+07	9,00E+04
Cond. Elétrica (microS/cm)	545	558
DQO (mg/l)	170	120
DBO (mg/l)	32	4
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	42	30
Turbidez (NTU)	52,09	2,91
NH ₃ (mg/l)	18	18
pH	6,92	7,04
NO ₃ - (mg/l)		
OD (mg/l)	0	1,54
Fósforo Total (mg/l)	1,9	1,6
NO ₂ - (mg/l)	0,01	0,009
Ovos de Helmintos/litro		
Temperatura	27,5	25
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	114	18
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)	90	17,2
Cloretos (mg/l)	47,66	45,65

07/03/2005

Condições Climáticas e Meteorológicas:

Temperatura Média: 28 °C. No dia 4/03 ocorreram 46 mm de chuva.. No dia 6/03, 5 mm de chuva.

Quadro 17: Resultados das Análises do dia 7/03/2005

Parâmetros	entrada	saída
Coliformes Totais (UFC/100ml)	1,01E+07	1,48E+06
E. Coli. (UFC/100ml)	5,10E+06	4,50E+05
Cond. Elétrica (microS/cm)	X	X
DQO (mg/l)	X	X
DBO (mg/l)	X	X
Nitrogênio Kjeldahl (mg/l)	34.9	15.9
Turbidez (NTU)		
NH ₃ (mg/l)		
pH		
NO ₃ - (mg/l)		
OD (mg/l)		
Fósforo Total (mg/l)	1.65	1.00
NO ₂ - (mg/l)		
Ovos de Helmintos/litro	1	0
Temperatura	25	23,2
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)		
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)		
Cloretos (mg/l)		

7- Discussão e Conclusões

Com base no Gráfico 1, é possível extrair algumas conclusões quanto aos resultados obtidos do processo de tratamento estudado em relação à bactéria *Escherichia coli*. Estes resultados serão comparados com valores limites estabelecidos pelas diretrizes existentes, além de algumas análises adicionais com relação ao comportamento da Zona de Raízes.

Em relação às diretrizes da OMS (1989), podemos afirmar que apenas o resultado de *Escherichia coli* do dia 16/11/2004, possivelmente respeitaria os padrões e limites que definem a categoria A. Esta categoria tem como limite máximo a densidade de 1000 Coliformes Fecais/100ml e os efluentes com tais limites podem ser aplicados em culturas que são ingeridas sem cozimento ou cruas, parques públicos e campos esportivos. Apesar das demais amostras de efluentes estarem livres de ovos de helmintos, uma outra restrição desta categoria, a densidade de *Escherichia coli* ultrapassa os valores estabelecidos na Categoria A.

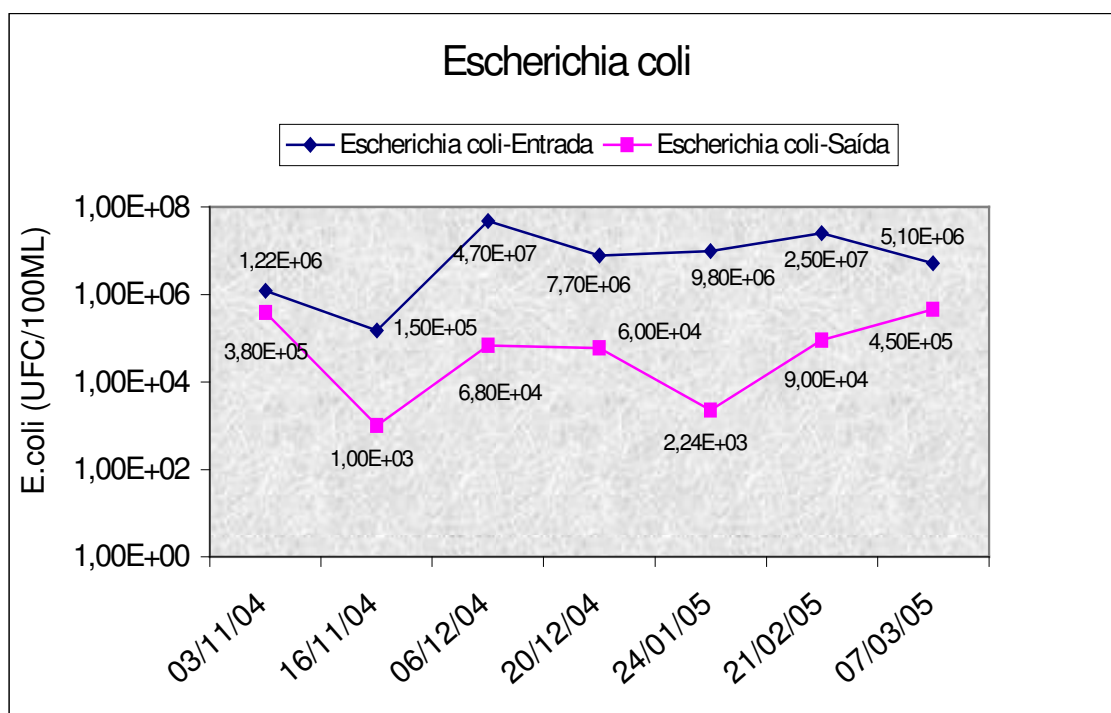


Gráfico 1 - *Escherichia coli* Entrada e saída do sistema (UFC/100ml).

Este resultado, juntamente com os outros dias de coleta respeita os limites das categorias B e C, já que a OMS não preconiza limites de *Escherichia coli* para este tipo de irrigação. A qualidade menos restrita para estas categorias, seria para a irrigação de cereais, culturas e alimentos processados industrialmente, plantas forrageiras e silvicultura. Para estas categorias somente há restrição em termos de parasitas nematóides ou helmintos, o que no caso está totalmente ausente.

Se forem levados em consideração os recentes estudos realizados por Blumenthal *et al* (2000), no qual foi proposta uma revisão das diretrizes da OMS, apenas as amostras colhidas nos dias 3/11/2004 e 7/03/2005 ultrapassaram os limites para *Escherichia coli* estabelecidos para a irrigação de culturas e alimentos processados por indústrias, forragens, e árvores frutíferas, que podem ter no máximo 10^5 coliformes fecais/100ml. Convém lembrar que nestes casos, se forem utilizados os processos de aspersão na aplicação do efluente, é necessário a ausência de crianças menores de 15 anos trabalhando no campo, ou nas proximidades da região desta aplicação. Tal procedimento é imposto, devido aos estudos que demonstraram que crianças entre 5-14 anos tiveram altos índices de diarreia causados pelo contato com aerossóis formados por efluentes que continham valores superiores a 10^5 coliformes fecais/100 ml.

Caso haja a presença de crianças, os limites são reduzidos a 1000 coliformes fecais/ 100 ml, e neste caso somente o dia 16/11/2004 está dentro destes limites. Nos outros dias a aplicação do efluente se restringiria a determinadas culturas, mas tomando precauções em termos de controle de exposição destas pessoas, conforme apresentado na Figura 1. O método de aplicação adequado seria o de gotejamento ou irrigação localizada, onde a produção de aerossóis é praticamente nula, e já que a presença de helmintos no efluente foi zero em todos os dias, deixando assim o solo livre de contaminação e possíveis infestações.

Já em relação à Resolução CONAMA 357/05, mesmo levando em consideração a proposta mais flexível, em que o limite para águas de classe 3 elevou seu valor permitido para 10000 *Escherichia coli*/100ml, a Zona de Raízes produziu um efluente que pode ser enquadrado em águas de classe 3 somente no dia 24/01/2005, com possibilidades de ser aplicado em culturas arbóreas como a silvicultura, e também culturas de cereais. Já no dia 16/11/2004, com uma qualidade um pouco melhor, o efluente se enquadrou à classe 2, podendo ser utilizado para irrigar hortaliças

consumidas cozidas e plantas frutíferas. Nos outros dias de coleta o efluente excedeu os limites estabelecidos pelo CONAMA, necessitando, portanto, de algum tipo de pós tratamento para desinfecção.

Contudo a Zona de Raízes em questão demonstrou produzir efluentes que condizem com processos de reuso menos restitos, na qual segundo esta filosofia, existem diversas regulamentações, que em sua maioria adaptaram a diretriz da OMS às condições locais. A maioria também, preconiza a ausência de limites para *Escherichia coli* nas categorias de irrigação, por exemplo, de cereais, forrageiras, culturas e alimentos industrialmente processados, silvicultura, viveiros de mudas nativas de regiões para reflorestamento, plantas ornamentais e árvores frutíferas. Porém possuem restrições quanto a ovos de helmintos.

Convém lembrar que a ausência deste limite impõe outras formas de controle de saúde pública, como algum controle da exposição humana, acesso restrito ao lugar e também os métodos de irrigação. Na Região do Mediterrâneo tal qualidade de efluente se aplicaria perfeitamente nestes casos acima citados: irrigação de cereais, forrageiras, culturas e alimentos industrialmente processados, silvicultura, plantas ornamentais e árvores frutíferas (BAHRI & BRISSAUD, 2002).

Já em países como Austrália e Africa do Sul, mesmo com bons níveis sociais e econômicos, há uma tolerância maior quanto à qualidade dos efluentes. Convém lembrar que na Austrália existem regulamentações regionais e que no Estado de Victoria, na região Sul, permite-se até 10^4 *Escherichia coli* /100ml para a silvicultura, onde somente os efluentes coletados nos dias 16/11/2004 e 24/01/2005 estariam enquadrados.

A remoção média de 75% de *Escherichia coli* está dentro da literatura de diversos trabalhos com Zona de raízes de fluxo sub-superficial. O problema quanto à utilização deste indicador, é que, mesmo com altas taxas de remoção, dependendo da densidade de microorganismos no afluente do sistema, o efluente ainda manterá a concentração alta, o que representa riscos à saúde pública. No caso em estudo, em com base no Gráfico 2, justo o dia com a menor taxa de remoção (16/11/2004), com apenas 33,33% coincide com a melhor qualidade de efluente, com apenas 1000 *Escherichia coli* /100 ml.

Ao passo que, mesmo com a alta taxa de remoção (97%) no dia 24/01/2005, o tratamento não alcançou a qualidade de efluente de 1000 *Escherichia coli* /100 ml. Com isto, devemos observar que este indicador, taxa de remoção, não tem muita aplicação em termos de reuso, e que os esforços devem ser direcionados na redução quantitativa antes da entrada no sistema de raízes, juntamente com a remoção. O ideal é entrar na Zona de Raízes com baixa concentração e ter uma alta taxa de remoção.

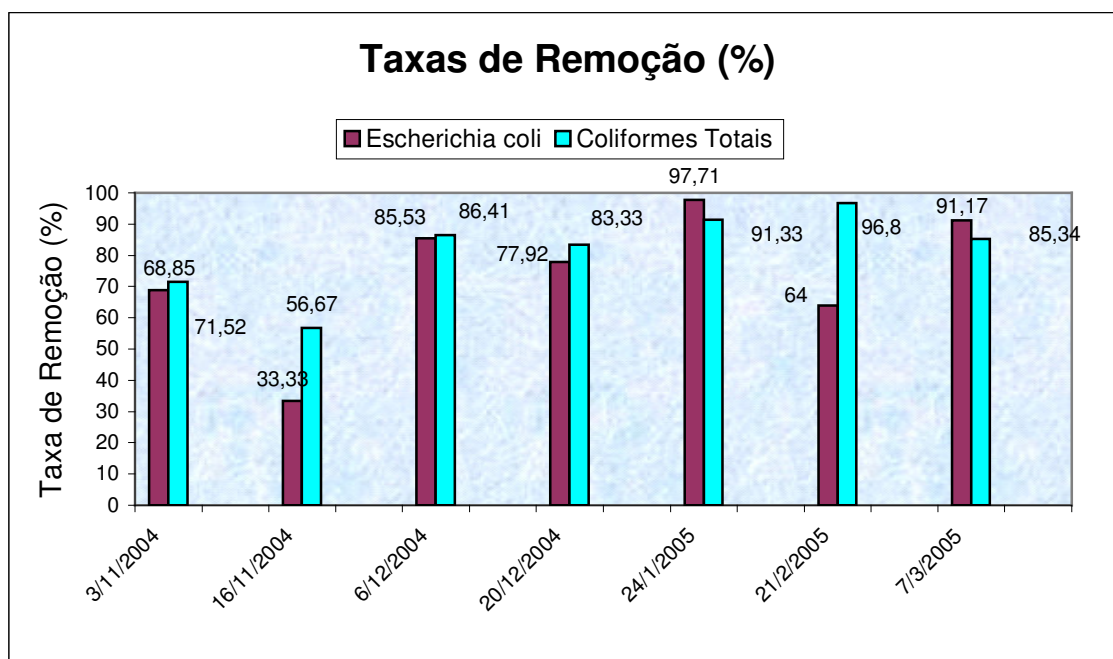


Gráfico 2. Taxas de Remoção de Microorganismos (%).

Da mesma forma que o ocorrido com as taxas de remoção de *Escherichia coli*, a indicação de uma alta taxa de remoção de Coliformes Totais, conforme também apresentado no Gráfico 2, não significa que a qualidade do efluente, é melhor do que quando a remoção for mais baixa. A concentração de microorganismos no afluente é fator crucial. O dia com a menor taxa de remoção de coliformes totais (56,67%), foi justamente o dia que apresentou a qualidade do efluente.

Thurston *et al* (2001), introduziram águas cloradas sem a presença de *Escherichia coli* e coliformes totais em um sistema de Zona de Raízes, obtendo como resultado uma densidade no efluente da ordem de 10^3 UFC/100ml de coliformes totais e 22 UFC /100ml de *Escherichia coli*. O estudo demonstrou que concentrações foram adicionadas pela fauna e flora dos arredores e também do próprio sistema.

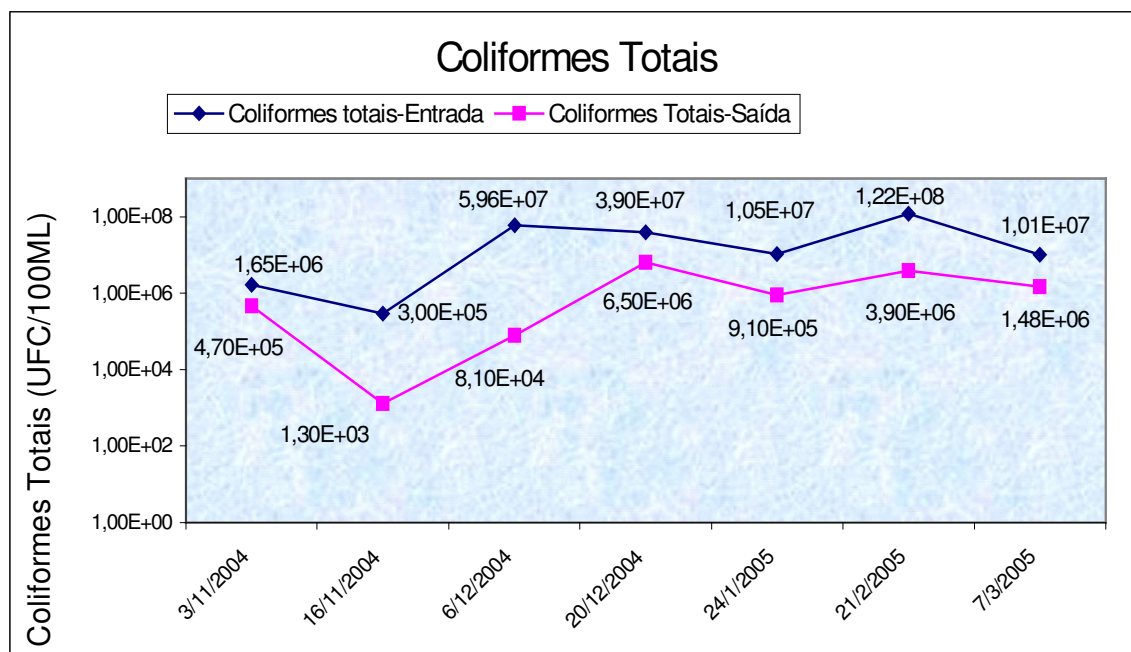


Gráfico 3. Coliforme Total. Entrada e saída (UFC/100ml).

De acordo com o Gráfico 3, pode-se observar o comportamento do sistema quanto à entrada e saída de Coliformes Totais. No presente estudo, este parâmetro não tem muita importância devido à ausência deste indicador na maioria das diretrizes e padrões para reúso. Até mesmo a nova Resolução CONAMA 357/05 eliminou este parâmetro de análise da qualidade das águas, considerando que a antiga Resolução CONAMA 20/86 ainda preconizava limites quanto aos Coliformes totais.

Apesar de não estarem diretamente relacionados com a transmissão de doenças, e por isto, sendo de menor importância para as diretrizes de reúso, algumas diretrizes ou normas impõem restrições nos parâmetros de DBO e também de turbidez. Contudo eles se relacionam indiretamente com os aspectos de saúde pública, pois quanto maiores as remoções destes parâmetros, melhores serão as condições sanitárias do efluente, visto que os microorganismos patogênicos estão indiretamente associados à turbidez, devido à adsorção dos mesmos aos sólidos em suspensão. Também estão associados à DBO, visto demandarem oxigênio para suas atividades biológicas. De qualquer forma, poucas

diretrizes ou normas impõem limites de DBO. No caso da CONAMA 357/05, os padrões de DBO são reduzidos, fazendo com que a Zona de Raízes estudada não obtivesse bons resultados, a não ser nos efluentes coletados nos dias 24/01 e 21/02/2005, os quais continham apenas 4 mg/l de DBO, se enquadrando desta forma em águas de Classe 2 e 3 desta resolução.

No caso de uma comparação com a USEPA, na qual os padrões apresentam valores de DBO bem baixos, o efluente analisado se enquadra para a irrigação de culturas consumidas cruas ou não processadas industrialmente e regas de parques e jardins, somente nas coletas realizadas nos dias 24/01 e 21/02/2005. Nestes casos o efluente manteve-se com a DBO abaixo da norma americana, que estabelece um valor limite de apenas 10 mg/l de DBO.

O efluente final da Zona de Raízes teve uma DBO média de 45.6 ± 43.4 mg/l, o que demonstra a alta taxa de variação da concentração de saída. Nos dias 24/01 e 21/02, o efluente foi lançado ao corpo receptor com apenas 4 mg/l de DBO, sendo muito inferior às saídas anteriores. Mas a entrada foi também mais baixa em relação aos outros dias, com respectivamente 6 e 32 mg/l de DBO. Podemos associar tal remoção ao recesso de férias de janeiro e fevereiro, conseqüentemente com uma redução significativa de pessoas no CEADS. Assim mesmo, de acordo com o Gráfico 4 a redução de DBO foi baixa no dia 24/01/2005, com uma taxa de apenas 33,33%. No dia 21/02/2005 a remoção foi alta (87,55%) sugerindo que algum fator possa ter contribuído para isto. O valor de carga orgânica que entrou neste dia no sistema, foi muito abaixo dos outros dias, com apenas 32mg/l de DBO. De acordo com Solano *et al* (2003), quanto menores as taxas de carga orgânica aplicadas, maior a eficiência de remoção.

Valeria a pena analisar melhor o papel das espécies de plantas existentes neste sistema, e que foram polinizadas naturalmente: as *Asteraceas* e as *Commelinaceas*. Talvez o processo de baixa remoção de DBO de acordo com o Gráfico 4, decorra do fato dessas famílias de plantas não terem tanta capacidade de transportar o gás oxigênio para a rizosfera, fazendo com que as colônias de bactérias que mineralizam a matéria orgânica, não sejam tão eficientes. O oxigênio é essencial para o metabolismo destas bactérias, e a utilização de espécies com alta capacidade de transporte de oxigênio é mencionado na literatura. Uma das plantas mais referenciadas por sua capacidade de transporte de oxigênio é a *Tipha latifolia*, conhecida como taboa.

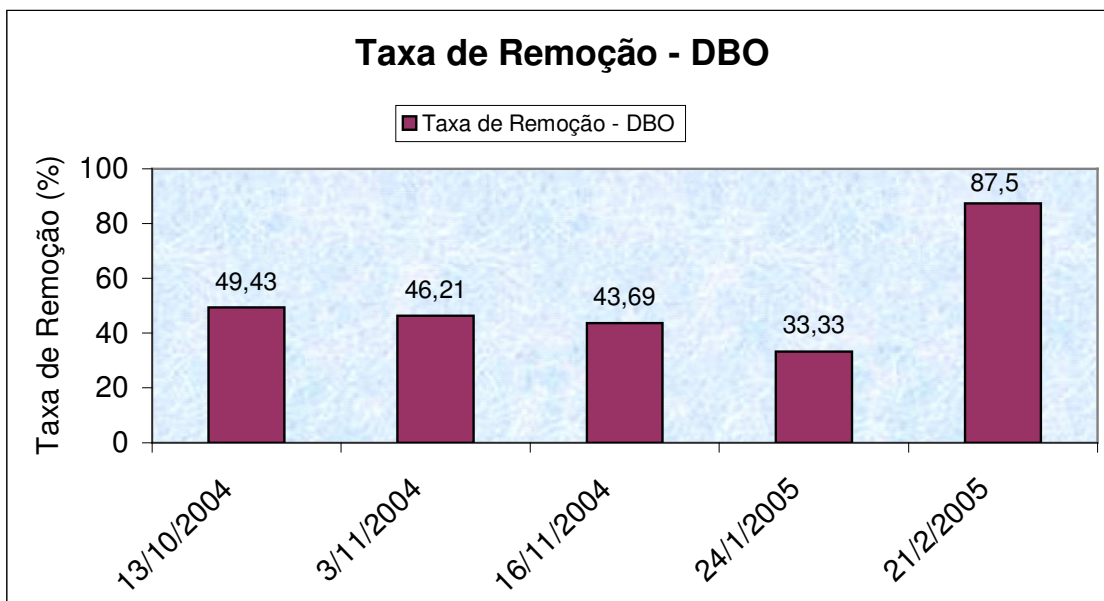


Gráfico 4. Remoção de DBO.

Analisando o Gráfico 5, onde foram comparados os valores de saída de DBO e a respectiva temperatura de saída do efluente, obteve-se um alto grau de correlação negativa com $R^2 = 0,8991$. Observamos assim, o provável efeito da temperatura na degradação da matéria orgânica, onde quanto maior a temperatura do efluente, menor foi a DBO encontrada no ponto de saída do sistema, acreditando assim que, em regiões como o Nordeste e Norte brasileiro, estas condições são bem favoráveis.

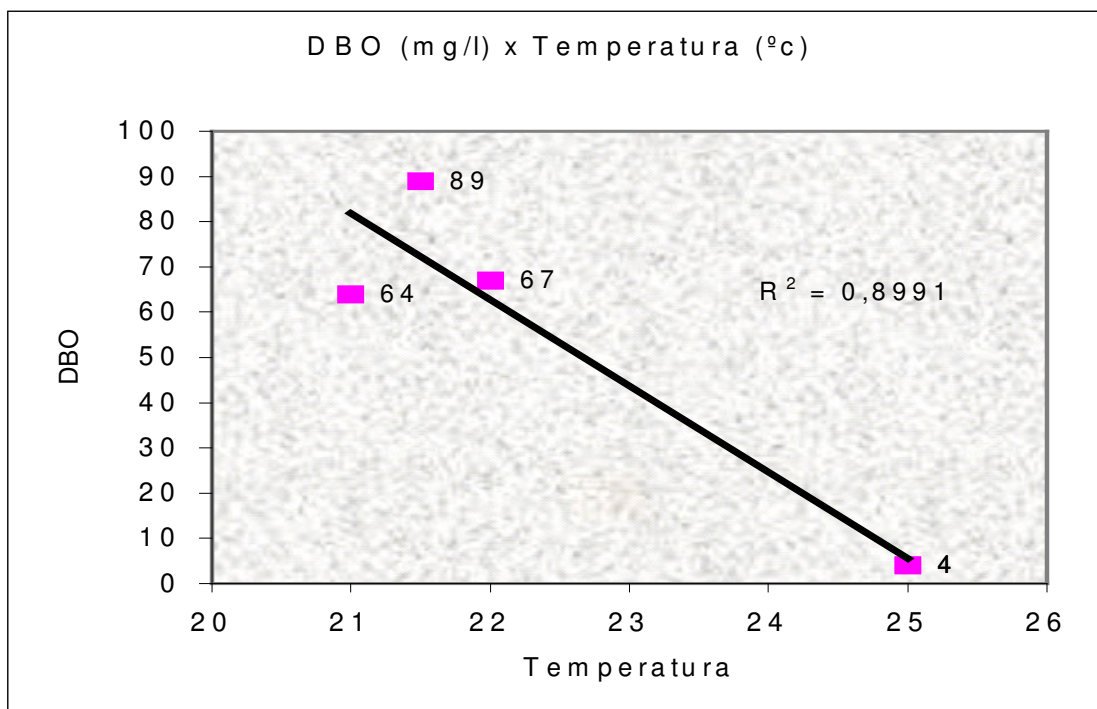


Gráfico 5 DBO₅ X Temperatura do efluente.

Em termos de remoção de matéria orgânica, a remoção de sólidos suspensos voláteis, (que é justamente a fração orgânica de sólidos), esteve diretamente relacionada à remoção de DBO, como ilustram as duas coletas. Como em qualquer sistema de tratamento de esgotos, deve-se buscar uma alta eficiência de remoção de sólidos suspensos, seja pelo alto tempo de detenção hidráulica, como também pela baixa velocidade de percolação do efluente, ou também pelo processo de filtração através de uma alta densidade de raízes.

Os benefícios indiretos à saúde pública também existem, pois de acordo com Karin *et al*, 2004 a sedimentação é também um dos principais processos na remoção de microorganismos, que devido à adsorção aos sedimentos presentes, sedimentam juntamente, sendo depositados no leito, e conseqüentemente sendo removidos da fração líquida.

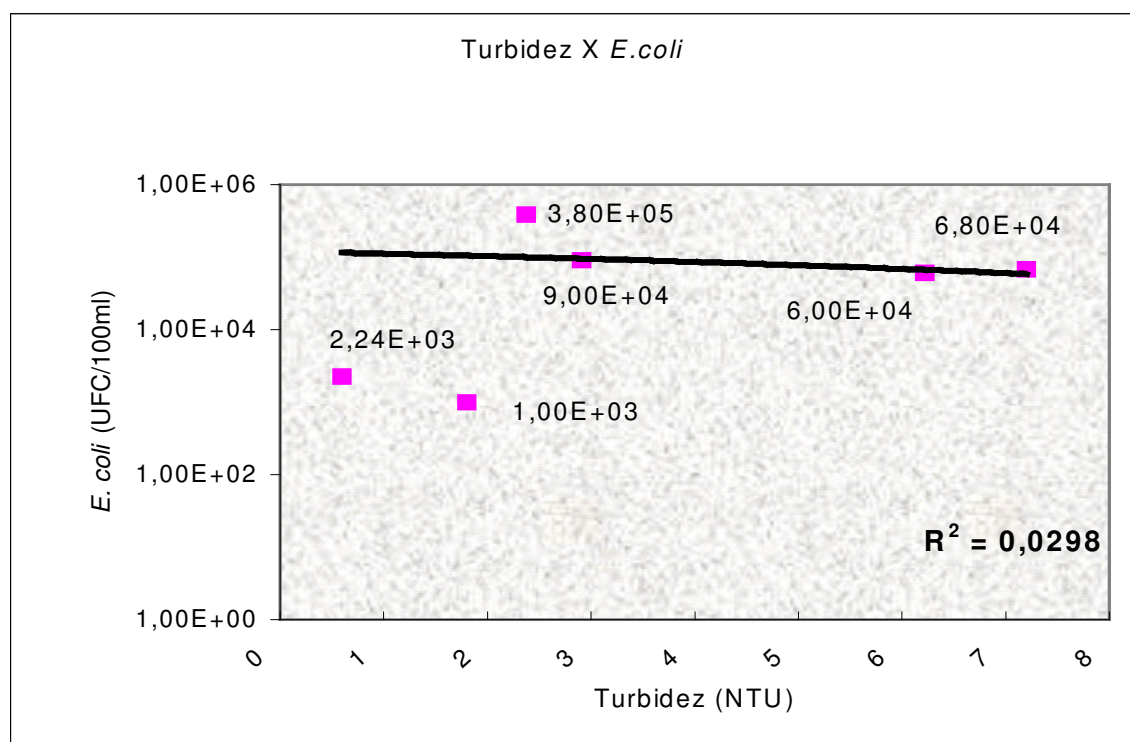


Gráfico 6 Turbidez (NTU) X Concentração de E. Coli (UFC/100ml).

Ainda em relação à saúde, a remoção dos sólidos também reduz a turbidez, favorecendo a desinfecção, visto que, quanto menor a turbidez, mais eficiente é a desinfecção. De qualquer forma, a concentração de sólidos em suspensão não manteve nenhuma relação com a turbidez, o que nos leva a crer que a turbidez é influenciada pelo tamanho das partículas e não pelo peso. Isto é demonstrado nos dias 24/01/2005 e 21/02/2005,

quando as concentrações de sólidos em suspensão foram quase as mesmas com valores de 18 e 19.2 mg/l respectivamente, enquanto que a turbidez foi distinta: 0.6 e 2.91 NTU respectivamente(ver no Gráfico 6).

Através do Gráfico 6 na página anterior, pode-se constatar que a turbidez não teve relação aparente com a concentração existente de *Escherichia coli* no efluente, sendo que nos dias 16/11/2004 e 24/01/2005, menores quantidades de *Escherichia coli* coincidiram com os menores valores de turbidez. Nos dias em que o efluente, embora mais turvo, apresentou baixa concentração de *Escherichia coli*, pode-se associar a alta turbidez à matéria orgânica vegetal que é abundante, ou até mesmo a outros tipos de microorganismos que na maioria dos dias foram encontrados nos efluentes, sendo eles: Amebas de vida livre, parasitas de vida livre, paramécios e também ovos de ácaros.

Com base no Gráfico 7, pode-se concluir que a Zona de Raízes teve um bom desempenho no papel da remoção de turbidez. De qualquer forma, a turbidez ainda está um pouco acima dos limites para reuso, principalmente com relação às legislações em outros países, como o da USEPA.

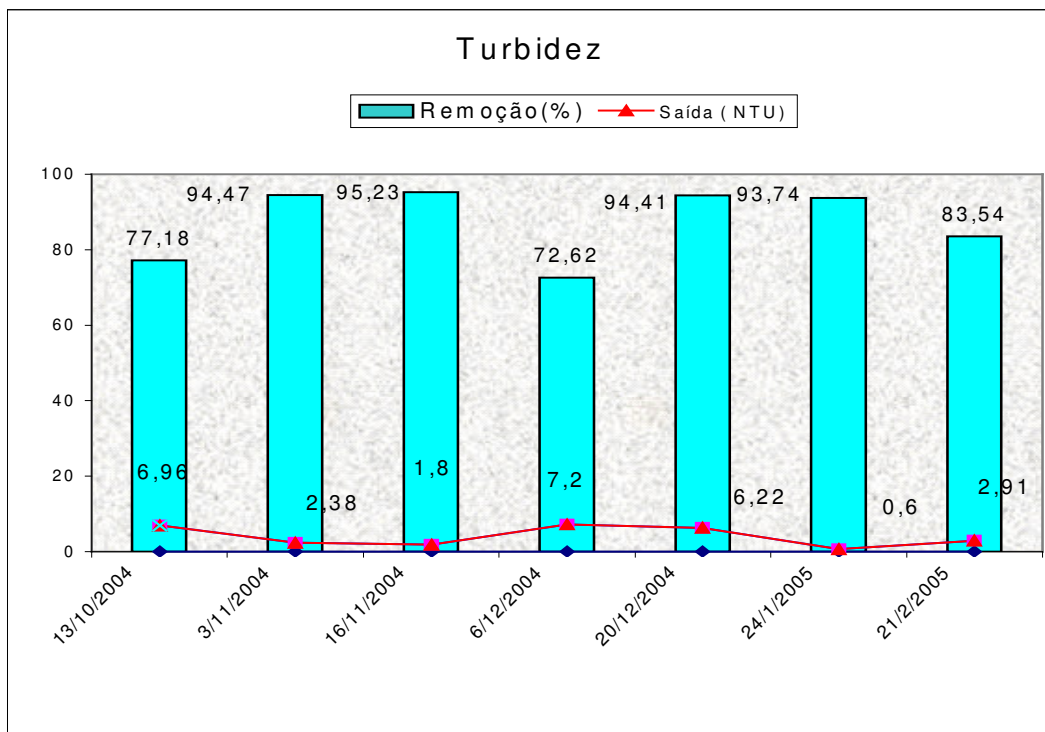


Gráfico 7 Remoção de Turbidez (%), Juntamente com valores de saída da turbidez (NTU)

A Resolução CONAMA 357/05, é bem flexível em relação à turbidez e com relação a este parâmetro, o efluente esteve dentro de todas as classes (1, 2 e 3) podendo ser utilizado para todo tipo de irrigação.

A USEPA preconiza para reuso turbidez abaixo de 2 NTU, sendo que somente nos dias 16/11/2004 e 24/01/2005 este resultado foi alcançado. Tal imposição é devido à possível necessidade de desinfecção e a utilização de processos custosos. No caso do efluente estudado, a desinfecção mais correta seria a cloração, que por sinal seria a opção de maior viabilidade econômica dada às características da região.

A remoção de fósforo total foi em média de 19 %. De acordo com Metcalf & Eddy (1991) um dos princípios de remoção de fósforo em um sistema de Zona de Raízes é a precipitação química. Ele associa-se ao ferro, ao alumínio e ao cálcio que se encontram livres no leito. Porém o pH entre 7 e 7,5 representa a faixa de valores mais adequada para que isto ocorra principalmente na precipitação e formação do fosfato de cálcio, e o efluente na maioria das vezes não atingiu tais valores de pH, permanecendo entre 6,44 e 7,10.

Um fator crucial também na remoção de fósforo, é a presença de íons livres e instáveis quimicamente dos elementos: ferro, alumínio e cálcio, que podem estar reduzidos, devido à falta de manutenção do leito. Da mesma forma que o leito, as plantas também participam ativamente na remoção do fósforo através da absorção, contudo elas necessitam de um processo contínuo e com uma determinada frequência, de uma manutenção, devido à redução desta capacidade de absorção de nutrientes ao longo do tempo.

Até mesmo existem poucos estudos acerca da capacidade de remoção do fósforo através de *Commelináceas* e *Asteráceas* em um sistema de tratamento por Zona de Raízes. De qualquer forma, a retirada do fósforo não é importante em termos de reuso na irrigação, devido à frequente necessidade de fertilizantes químicos, o que acarreta problemas ambientais e custos maiores.

A relação do sistema estudado e a retirada de ovos de helmintos foi totalmente benéfica, visto que o efluente não apresentou em nenhum dia de coleta, a presença destes ovos, tendo apresentado uma remoção de 100%. Contudo, tal análise é muito restrita devido a

entrada do sistema apresentar em apenas três dias a presença de ovos de helmintos. Esta quantidade de 1 e 2 ovos/L é bem menor em relação aos dados existentes da literatura, visto este ser um problema mais sério e originado em regiões endêmicas, geralmente regiões com baixa qualidade de vida e infra-estrutura sanitárias, onde pessoas já infectadas, principalmente crianças e adolescentes lançam em suas fezes estes organismos. No caso do CEADS, os esgotos são gerados por estudantes, pesquisadores e funcionários da UERJ.

De acordo com Ayres *et al.* (1992), no Nordeste do Brasil, a concentração de ovos de helmintos em efluentes brutos varia de 18-840 ovos/L, demonstrando que esta região tem muitos problemas de falta de saneamento, e em consequência problemas causados por parasitas.

Em termos de reuso, o efluente analisado se enquadrou em todas as coletas nas diretrizes da OMS, e também nas diretrizes revisadas por Blumenthal *et al* (2000), entretanto convém lembrar que o limite estabelecido de 0,1 ovos/L, gera a necessidade de analisar no mínimo 10 l de efluente. Neste caso, a precaução em termos de saúde pública, seria a ausência de crianças menores de 15 anos trabalhando nas culturas, e também no entorno da região, no caso de produção de aerossóis nos métodos de aspersão. Adicionalmente seria desejável alguma forma de controle de exposição dos trabalhadores. Tomadas as medidas corretas, o efluente produzido pela Zona de Raízes estaria apto a ser aplicado na irrigação sem maiores problemas de saúde pública.

8-Considerações Finais e Recomendações

Através da pesquisa bibliográfica realizada sobre as legislações existentes, verifica-se que diversos países, (e até mesmo regiões independentes dentro de alguns destes), possuem algum guia que oriente o processo de utilização de esgotos tratados em irrigação. Porém, dentre eles, existem dois guias principais e que foram utilizados para fins de comparação com os resultados obtidos. Foram eles:

- US-EPA (Agência de Proteção Ambiental Norte Americana) 1992. Guias para Reúso de águas residuárias. Tal publicação não só aborda os aspectos do reúso, mas também as formas de monitoramento do sistema e também as distâncias mínimas de exposição a serem seguidas;
- OMS (Organização Mundial da Saúde). A OMS no manual “WHO 1989: Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture“, leva em consideração os processos de tratamento, os métodos de aplicação da irrigação, as culturas a serem irrigadas e os métodos de controle de exposição humana.

.Em termos de Brasil, devido à inexistência ainda, de uma legislação específica para o reúso, foi utilizada a recente Resolução CONAMA 357/05, que é decorrente de algumas modificações realizadas na Resolução CONAMA 20/86, mas que manteve os mesmos objetivos:

- Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Quadro 8): Nesta resolução as águas permanecem divididas, de maneira semelhante a extinta Resolução CONAMA 20/86, em três categorias mais abrangentes: doces, salinas e salobras. Estas, por sua vez, são subdivididas em nove classes: cinco para as águas doces (classe especial, 1, 2, 3, e 4); duas para as águas salinas (classe 5 e 6); e duas para águas salobras (classe 7 e 8). Para os objetivos do presente trabalho, foram considerados tão somente as águas doces e as classes 1,2 e 3, onde:

As águas de Classe 1 possivelmente destinam-se aos seguinte tipos de reúso :

- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película

As águas de Classe 2 possivelmente destinam-se aos seguintes tipo de reuso :

- à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e;

As águas de Classe 3 possivelmente destinam-se aos seguintes tipo de reuso :

- à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras

Em relação à diretriz estabelecida pela OMS, a Zona de Raízes obteve resultados satisfatórios em termos de densidade de *Escherichia coli* somente para as categorias B e C, justamente pelo fato de não apresentarem limites quanto a este parâmetro. O tratamento realizado pelo sistema não obteve um efluente de qualidade que possa irrigar culturas consumidas cruas, como hortaliças, ou alguns usos urbanos como rega de jardins.

Mas de qualquer forma a Zona de Raízes demonstrou produzir efluentes que podem ser aplicados em culturas e alimentos industrialmente processados, culturas arbóreas, silvicultura, e cereais.

Contudo, alguns autores afirmam que a diretriz da OMS é limitada, por não levar em conta dados epidemiológicos. Também falta um estudo de avaliação de risco mais detalhado, relacionado aos diferentes problemas em termos de saúde, que variam de acordo com o tipo de patógeno, além de um estudo e uma avaliação adicional de outros organismos prejudiciais à saúde. Também deve ser levada em conta a possibilidade de ocorrência natural destes microorganismos, o que no caso de uma Zona de Raízes, assume grande importância, por ser este um sistema aberto, e totalmente vulnerável ao ambiente externo.

Em relação à diretriz estabelecida pela USEPA, concluímos que a Zona de Raízes não foi eficiente em termos de remoção de patógenos, fazendo-se necessário algum processo adicional de desinfecção. Isto demonstra a restrição imposta pelos padrões americanos, que estabelecem níveis altos de qualidade, tais como a ausência de coliformes fecais/100 ml, para irrigar culturas consumidas cruas. No caso de culturas forrageiras, culturas indústrias, árvores frutíferas e cereais há uma pequena flexibilidade para 200 coliformes fecais/100 ml, o que ainda é bem restrito. O efluente da Zona de Raízes

apresentou densidades de *Escherichia coli* e Coliformes Totais de acordo com a literatura estudada.

Seguindo a filosofia do risco zero imposta pela USEPA e pelo Estado da Califórnia, o efluente estudado não se enquadra nos padrões dos: EUA, Israel, Arábia Saudita, Kuwait, Jordânia e Japão, Itália, concluindo que os países com condições sócio-econômicas melhores, não podem exportar seus modelos de normas para a realidade brasileira.

A Resolução CONAMA 357/05 também demonstrou ser bem restrita em termos de reuso, ainda mais que ela não se refere diretamente ao tema. Esta Resolução classifica e especificamente, qualifica as águas superficiais em função de seus usos preponderantes. Com isto, podemos concluir que o ideal seria a realização de alguma discussão com uma equipe multidisciplinar, resultando na criação de uma possível diretriz geral brasileira, que leve em consideração as condições nacionais, e que possa servir de modelo às regiões brasileiras que implantarem projetos de reuso. Caberia a cada uma das regiões, ainda adaptarem a diretriz às características regionais, tendo em vista a abrangência geográfica e diversidade de fatores, tais como clima, tipos de solo, taxas de insolação, técnicas de cultivo, culturas irrigadas, nível sócio-econômico, nível educacional e até mesmo a incidência de diferentes tipos de doenças, que podem ser endêmicas em algumas regiões, e em outras, serem inexistentes.

Um dos fatores limitantes também da CONAMA 357/05, é a ausência do parâmetro biológico de ovos de helmintos, já que o Brasil é um país com diversos problemas decorrentes de contaminação com estes organismos. De qualquer forma estes não são os principais problemas, sendo a contaminação por vírus e protozoários as que mais causam doenças fatais. Assim, a inclusão destes parâmetros seria de grande valia para uma diretriz no Brasil, mas certamente com dificuldades de serem seguidas, devido às limitações financeiras para a detecção e quantificação destes organismos em laboratório. Mas para a saúde pública e a prevenção de doenças, essa seria uma necessidade real, além de uma norma específica para helmintos.

Com bases epidemiológicas concretas, alguns autores (BLUMENTHAL *et al* 2000) propuseram uma diretriz na qual realizaram algumas modificações e recomendações às diretrizes da OMS, para a proteção de saúde pública. Esta foi a diretriz em que o

efluente produzido e estudado melhor se enquadrou, até mesmo em relação às categorias que são mais restritas que as da OMS.

A categoria B desta diretriz é para a irrigação de cereais, alimentos industrializados, plantas forrageiras, pastos e árvores. Isso demonstra que esta seria talvez uma diretriz a ser avaliada e talvez adaptada às nossas condições, de acordo com os resultados obtidos. Respeitando este padrão poderíamos utilizar o efluente para irrigação de trigo, algodão, e até mesmo da soja, produtos estes importantes para a receita nacional. De qualquer forma esta diretriz deveria incorporar parâmetros como os vírus e também protozoários, como já recomendado anteriormente, principalmente alguns vírus entéricos e os protozoários *Cryptosporidium parvum* e *Giardia lamblia*.

As normas americanas são bastante restritivas, pois requerem qualidade ao nível de água de abastecimento humano. Por um lado, elas são vantajosas, devido à proteção que proporcionam em termos de saúde humana. Por outro lado elas envolvem tratamentos custosos, onde o processo de implantação, operação e manutenção, requerem técnicos especializados, o que é inviável no Brasil em termos econômicos e sociais. De acordo com as melhores condições econômicas, alguns estados americanos que possuem normas, impuseram limites de vírus e protozoários para projetos de reuso, como é o caso do Arizona.

A confiabilidade dada pela utilização de *E.coli* e Coliformes totais para a avaliação de riscos de saúde pública é bem limitada. Sendo assim, há a necessidade de encontrar e utilizar alguns indicadores que realmente se relacionem aos riscos apresentados por vírus e protozoários em projetos de reuso para irrigação.

Com isto, a atual pesquisa baseada somente em resultados de bactérias *Escherichia coli*, Coliformes totais, e ovos de nematóides como preconizam as diretrizes, fica um pouco limitada. Sendo assim, seria recomendada uma pesquisa com respeito à remoção, também de vírus e protozoários em sistemas de Zona de Raízes, visto ser este um sistema bem adequado às condições brasileiras, mas sem dados confiáveis quanto à eficiência de remoção destes organismos patogênicos. Após a comprovação de eficiência através de pesquisas, o sistema de Zona de Raízes poderia ser recomendado como polimento final de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos para fins de

reuso. Somente então seria recomendado expandir estes sistemas, sem maiores implicações para a saúde pública.

Em projetos de reuso, além da existência de parâmetros e limites estabelecidos por diretrizes e normas, é muito importante também alguma forma de monitoramento legal, para a verificação ao atendimento destes parâmetros. Esta verificação caberia aos ministérios ou secretarias de saúde pública. Do contrário, a criação de diretrizes não alcançaria seus principais objetivos, que são o de proteger a população.

O tratamento dos efluentes é considerado a melhor maneira de se proteger a população de problemas de saúde. Porém nem sempre os efluentes produzidos são condizentes com as normas. Em resposta à falta de segurança sanitária, podemos aplicar outros métodos de minimização dos riscos, ou até mesmo de eliminação dos mesmos. Ainda que com a possibilidade da restrição de culturas e dos diferentes métodos de irrigação existentes, alguns autores afirmam que é mais viável a implantação de métodos eficientes de controle de exposição das pessoas envolvidas com os projetos de reuso.

No caso dos trabalhadores rurais e seus familiares, algumas medidas protetoras seriam: a) imunização contra febre tifóide e Hepatite A e B; b) campanhas de educação sanitária, instalações médicas que tratem de doenças diarréicas, c) prover quimioterapia principalmente para infecções por helmintos em crianças, d) exigência de luvas e calçados apropriados para reduzir a infecção também por helmintos.

No caso de proteção dos consumidores o ideal seria a restrição das culturas, porém podem ser implantadas as seguintes medidas adicionais: a) cozimento de carnes e vegetais, b) cessar a aplicação das águas de reuso algumas semanas antes da colheita em caso de culturas para consumo humano, c) estimular padrões elevados de higiene pessoal e alimentar, d) promover campanhas educacionais.

Para o caso de pessoas residentes ou de passagem nos arredores, seria viável: a) a colocação de placas indicativas nos perímetros de áreas irrigadas, além de b) tentarem manter ao mínimo de cem metros, a distância entre estes campos e possíveis locais de acesso livre, como casas e estradas.

O sistema estudado atende um número de pessoas reduzido e extremamente variável ao longo do ano o que exigiria análises no mínimo mensais em todo o período. O presente estudo cobre aproximadamente 6 meses apenas. Por isto, além da recomendação de se estudar mais profundamente estes sistemas de tratamento de esgotos utilizando macrófitas, recomendam-se um estudo ao longo de um ano hidrológico, além de um estudo relevando alguns parâmetros que não foram considerados, e com uma maior quantidade e frequência de amostras. Porém, se for verificado constância no comportamento do sistema, a frequência e quantidade de coletas podem ser reavaliadas. O estudo não analisou o comportamento do sistema no inverno, onde justamente ocorrem menos chuvas e, portanto existe uma maior necessidade de água para irrigação. Além disso, no inverno, o sistema pode ser menos eficiente devido a um menor fator de diluição e também devido às temperaturas ambientes mais baixas.

Com isto, este trabalho pode servir como uma base de estudos quanto aos possíveis destinos que podem ser dados a alguns efluentes que contenham as mesmas características do sistema estudado, mas com limitações devido aos problemas descritos anteriormente. Há também a necessidade de análise de diversos componentes prejudiciais à saúde pública presentes na água.

Como conclusão e recomendação final, deve-se manter em mente a questão da escassez de água e promover a conscientização de que se deve utilizar este recurso de forma eficiente.

Atualmente os países que fazem o reúso se encontram em situação crítica de escassez e mesmo com diversos métodos utilizados para a proteção da população, correm sérios riscos de epidemias e problemas isolados de organismos patogênicos, como já existiu, por exemplo, no Chile com a febre tifóide e em Israel com a cólera. Ainda assim existem aqueles que não utilizam método algum de proteção à saúde.

Aqui no Brasil deve-se pensar no reúso e incorporá-lo nos planos nacionais de gestão de recursos hídricos, principalmente em regiões onde a demanda é precariamente satisfeita. Mas para isto, torna-se necessário o estabelecimento de mecanismos legais, além de programas de incentivo. Uma política de reúso adequadamente elaborada e implementada contribuiria tanto para os problemas de escassez de água, quanto para os problemas de contaminação de nossos corpos hídricos.

Com isto, e de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, a diretriz proposta por Blumenthal *et al* (2000), considerada aceitável do ponto de vista de restrição qualitativa, podendo ser adaptada às nossas regiões, utilizando os sistemas de tratamento por Zona de Raízes ou similares, devido à viabilidade econômica e técnica de tal opção para o nosso país.

9- Bibliografia:

ABU-RIZAIZA. O S: Modification of Standards of the Wastewater Reuse in Saudi Arabia. *Water Research* 33:2601-2608, 1999

Al-OMARI. A; M. FAYYAD: Treatment of Domestic wastewater by subsurfaceflow constructed wetlands in Jordan: *Desalination* 155:27-39, 2003

Agencia Nacional de Águas-ANA. (www.ana.gov.br) (Acessado em 17 de outubro de 2004).

ANGELAKIS, A.N; SPIRIDAKIS, S: The Status of Water Resources in Minoam Times: a preliminary study. Angelakis, A.N. & A. Issar, Editors, Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, p. 15-19, 1996.

ANGELAKIS, A.N. & L. BONTOUX. Wastewater Reclamation and Reuse in Eureau Countries. *WaterPolicy*, 2001; 3: 47-59.

ANGELAKIS, A.N., L. BONTOUX, & V. LAZAROVA: Main Challenges and Prospectives for Water Recycling and Reuse in EU Countries, *Wat. Sci. Tech., Wat. Supply*, 2003; 3(4): 59-68.

ANJOS, J.A.S.A: Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. São Paulo, 2003. Tese (doutorado) 328 p.

ANON: Waterborn diseases kill 10m-20 m people/year. *World water and Environmental Engineering*, 1996.

APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edition. American Public Health Association, Washington, DC, 1998.

ARMSTRONG, W; ARMSTRONG, P.M.B; JUSTIN, S.H.F.W: Convective gas-flow in wetland plant aeration, In: Jackson, M. B., Davies, D. D., Lambers, H.: *Plant Life under oxygen deprivation*. SBP Academic Publishing Bv, The Hague. Netherlands, 283p, 1998.

ASANO, T & LEVINE, A.D: Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present, And Future, *Water Science and Technology*, 1996, Vol. 33 No. 10-11, pp.1-14

ASANO, T.; MILLS, R.A.: Planning and analysis for water reuse projects, *Journal of the American Water Works Association*, 1990, January, 38±47.

ASANO, T.; RICHARD, D.; CRITES, R.W.; TCHOBANOGLOUS, G.: Evolution of tertiary treatment requirements in California. *Water Environ. Technology*, 1992, 4(2), 37±41.

ASANO, T.; LEONG, L.Y.C.; RIGBY, M.G.; SAKAJI, R.H.: Evaluation of the California wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data. *Water Science and Technology*, 1992, **26** (7-8), 1513 – 1524.

ASHBOLT, N.J.; A., BALL; M. DORSCH; C. TURNER; P. COX; A. CHAPMAN, & S.M.KIROV: The identification and Human Health significance of environmental aeromonads. *Water Science and Technology*, 1995, 31: 263-270

AYRES, R.M.; D.D MARA; R. STOTT & D. L. LEE: Wastewater Reuse in Agriculture and the Risk of Intestinal Nematode Infection. *Parasitology Today*, 1998, 8: 32-35

AYRES, R.M. & MARA, D.D: Analysis of wastewater for use in agriculture - A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques. Geneva: World Health Organization. 31p, 1996.

BAHRI, A & F. BRISSAUD: Guidelines for Municipal Water Reuse in the Mediterranean Countries. WHO Regional Office for Europe, Euro Project Office, MAP, Athens, Greece, pp 62, 2002.

BARTONE., C.R & ARLOSOROFF., S: Irrigation Reuse of Pond Effluents in Developing Countries. *Water Science. Technology* 1987, 19:146-164.

BEEKMAN, G. B. **Qualidade e conservação da água.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. Conferência. Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BLUM, D. AND FEACHEM, R.G. (1985) *Health aspects of nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture – part III: An epidemiological perspective*, IRCWD Report No. 04/85, SANDEC, CH-8600, Dubendorf, Switzerland

BLUMENTHAL, U.J.; MARA, D.D; PEASEY, A.; RUIS-PALACIOS., G.; STOTT, R.; 2000: Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9):1104-1116

BLUMENTHAL, U.J.: Generalised Model of the Reduction in Health Risk Associated with Different Control Measures for the Use of Human Wastes, *IRCWD News*, 13, 17, Duebendorf, 1998.

BOOTH, M.J.; AHRENS, C.; WERKENTHIN, F. B.: Respecting Rights of Indirect Reuse in Texas. Texas Water Law Conference. Austin, Texas, December, 1996. available from [URL:http://www.baw.com/bawweb/reuse/Reuse_Indirect_CA_paper_pdf](http://www.baw.com/bawweb/reuse/Reuse_Indirect_CA_paper_pdf).

BOUWER, H.: Ground water recharge with sewage effluent, *Water Science and Technology*, 1989. 23, 2099±2108.

BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S: Conceito de Reúso de Água. In: *Reúso de Água*. São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2002.

BRIX, H. Wastewater treatment in constructed wetlands: sistem design, removal processes, and treatment performance. In: PENSACOLA CONFERENCE ON CONSTRUCTED WETLANDS FOR WATER QUALITY IMPROVMENT, Pensacola, 1993. Constructed Wetlands for Water quality improvment. Proceedings, Boca Raton, Lewis 1993. Part I, p.9-22.

BROWN, L. **Escassez de água contribui para déficit na colheita mundial.** Universidade Livre da Mata Atlântica. 2002. Disponível na Internet: <www.wwiuma.org.br/lb_graos.htm>. Citado: 23 Nov. 2002.

BRYAN, F.L. (1977). Diseases Transmitted by foods contaminated by Wastewater. *Journal of Food Protection*. 40: 45-59.

CAMPOS, J. R. *et al.* Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo, Rio de Janeiro-RJ: ABES Projeto Prosab, 1999, 248p.

CEPIS 1996. Curso de tratamiento y uso de aguas residuales. OPS/CEPIS/PUB 96.20.

CEPIS 1998. Uso en Agricultura, Piscicultura y Forestación de las aguas residuales tratadas en Lagunas de Estabilización. Internal Document.

CGER (Commision on Geosciences, Environmental and Resources), 1998. *Issues in Potable Reuse: The Viability of Augmenting Drinking Water Supplies with Reclamaimed Water (book on line)*. Overview of Relevant Federal Guidelines and State Regulations. Available from [URL:http://books.nap.edu/books/0309064163/html/31.html](http://books.nap.edu/books/0309064163/html/31.html)

COLEMAN. J; K.HENCH; K.GARBUTT; A SEXSTONE; G.BISSONNETTE & J.SKOUSEN.: Treatment of domestic Wastewater by three plant species in Constructed Wetlands. *Water, air, and soil pollution, 2001*, 128: 283-295.

COWARDIN, L.M.; CARTER, F.C.; LAROE, E. T: Classification of Wetlands and Deepwater habitats of United States. Us Fish and Wildlife Service Pub. FWS/OBS-79/31. Washington D. C, 1979.

CRAUN, G.F.: Surface Water Supllies and Health. Journal of American Water and Wastewater Association, 1988, 80: 40-52

CRUZ, J.R.; P.CACERES; F.CANO; J.FLORES.; A. BARTLETT. & B.TORÚN: Adenovirus Types 40 and 41 and Rotaviruses associated with diarrhea in Children from Guatemala. *Journal of Clinical Microbiology, 1990*, 28:1780-1784.

Department of Primary Industries, Water and Environment (DPIWE) (2002) ENVIRONMENT PROTECTION NOTICE NO. 710/1. Tasmania www.dpiwe.tas.gov.au/inter.nsf/ (Acessado em 14/03/2005)

EPA Victoria (2002) *Environmental Guidelines for the Use of Reclaimed Water*. EPA Victoria, Publication No. 464.1 (2nd revision). Environment Protection Agency and Department of Human Services, (1999) *South Australian Reclaimed Water Guidelines (Treated Effluent)*. (www.deh.sa.gov.au/epa/pdfs/reclaimed.pdf) (Acessado em 14/03/2005)

ESTEVES, R.L Comunicação Pessoal,2004: Email:esteves@plugue.com.br

FEACHEM R.G., BRADLEY D.J., GARELICK H. AND MARA D.D. (1983) *Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. John Wiley, Chichester.

FELIZZATTO M. R.: ETE Cagif: Projeto Integrado de Tratamento Avançado e Reúso Direto de Águas Residuárias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES, n.21, 2001, João Pessoa-PB.

FERGUSON, C.M.; B.G. COOTE, N.J. ASHBOLT & I. M. STEVENSON: Relationships between indicators, pathogens and water quality in an estuarine system. *Water Research*, 1996, 30: 2045-2054.

FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002

FGV, 1998. *Plano Nacional de Recursos Hídricos* Fundação Getulio Vargas, (9 volumes)

FISHER, D., F. MC.CARRY & B. CURRIE: Strongyloidiasis in the Northern Territory. *The Medical Journal of Australia*, 1993, 159:88-90.

FLIERMANS, C. B. (1996) Ecology of Legionella. From data to Knowledge with a Little wisdom. *Microbial Ecology*. 32:203-228

FONSECA, A F.. (2003) Disponibilidade de Nitrogênio, Alterações nas Características Químicas no Solo e do Milho pela Aplicação de Efluentes de Esgotos Tratados. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz". -USP, São Paulo. 2003.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde), 1999. *Manual de Saneamento*. Brasília: Departamento de Saneamento, Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde.

GERBA, C.P., J.B. ROSE, C.N. HAAS, & K. D. CRABTREE. Waterborne rotavirus: A risk assessment. *Water Research*, 1996, 30:2929-2940.

GIORDANI, S; D.C. SANTOS. Metodologia de Identificação e Avaliação de Possibilidades de Reúso de Efluentes Domésticos Tratados. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Setembro/2003. Joinville.-Santa Catarina.

GORGUN, E. Personal communication. 2002. Email:Erdem.Gorgun@posta.mam.gov.tr

GRACZYK, T. K., M. R. CRANFIELD, R. FAYER, AND M. S. ANDERSON. (1996) Viability and infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts are retained upon intestinal passage through a refractory avian host. *Applied and Environmental Microbiology*. 59:3165-3170.

GUIDOLIN, J. C. **Reúso de efluentes**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

HAAS, C. N., AND J. B. ROSE. (1996) Distribution of *Cryptosporidium* oocysts in a water supply. *Water Research*. 30:2251-2254

HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; MONTEIRO, T. C. N.; SALLES, M. J.; ALMEIDA, L. M.; CÂNCIO, J.; 1997. *Saneamento e Saúde nos países em desenvolvimento*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Mundial da Saúde.

HESPANHOL, H.; PROST, A. M.E. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. . *Water Resarch*, **26** (6), 863-86, 1993.

HESPANHOL, I and PROST, A. (1994) WHO Guidelines and National Standards for Reuse and Water Quality, *Water Research*, 28 (1), pp. 119-124, London, 1994.

HESPANHOL, I. A urgência do reúso da água. *Revista Saneamento Ambiental*, n. 71, abr. 2000. p.18-21. Entrevista.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. São Paulo, 2001. Separata de: Resumo de trabalhos técnicos III ENCONTRO DAS ÁGUAS, Chile, 2001.

HESPANHOL, I. Reúso de Água. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999. p.270 – 303.

HO, B. S. W., T. -Y TAM, P. HUTTON, AND W. C. YAM. (1995) Detection and enumeration of *Giardia* cysts in river waters of Hong Kong by flocculation-percoll/sucrose gradient immunofluorescence method. *Water Science and Technology*. 31:431-434

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2002. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE.

INCORPORAÇÃO DA COLETA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DO *ESGOTO SANITÁRIO* NA AGENDA DE PRIORIDADES DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS DOCUMENTO COMPLETO (Versão final). Brasília, DF 2 de Abril de 2000.

INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE. Re: Água e irrigação segundo IFPRI e IWMI. 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 naInternet: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Citado: 22 Nov. 2002.

IRCWD (1985) Health aspects of Wastewater and Excreta use in Agriculture and Aquaculture. The Engelberg Report. *IRCWD News* **23**, 11-19

JORDÃO, E. P & PESSOA, C. A., 1995. *Tratamento de esgotos domésticos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

JORNAL DO BRASIL, 2005. Seca deixa 43 Municípios em Estado de Emergência em Santa Catarina. Rio de Janeiro, 19 fevereiro .

JUNK, W. J. (1988). Comunicação Pessoal In: Esteves, F. A. Fundamentos da Limnologia. Rio de Janeiro.

KARIN, M. R., F. D. MANSHADI, M. M. KARPISCAK, AND C.P.GERBA: The persistence and removal of enteric pathogens in constructed wetlands. *Water Research* 38:1831–1837, 2004

KASEVA.M.E: Performance of a Sub-Surface flow Constructed Wetland in Polishing Pre-treated Wastewater- a Tropical Case Study. *Water Research*: 38: 681- 687, 2004

KFIR, R., C. HILNER, M. DU PREEZ, AND B. BATERMAN. (1995). Studies on the prevalence of Giardia Cysts and Cryptosporidium oocysts.in South African Water. *Water Science and Technology*. 31: 435-438

KHOURI.N; KALBERMATTEN.J.M, BARTONE, CR (1994). Reuse of wastewater in agriculture: a guide for planners. UNDP-World Bank, 49 p.

KHURROO, M. S. (1996) Ascariasis. *Gastroenterology clinics of North America*. 25: 553-557

KNIGHT, R. L., KADLEC, R. H. Constructed Treatment Wetlands. A global Technology. In: *Water 21-Magazine of International Water Association*. London, IWA p.57-58, 2000.

KYPRIS, D. Considerations for the quality standards for the reuse of treated effluent. In: Proc."Wastewater reclamation and reuse" Cairo, Egypt, 11-16 Dec., 1988.

LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado da Água e algumas Considerações Sobre suas Possibilidades no Brasil. São Paulo, 1987. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LAZAROVA V., LEVINE B., SACK J., CIRELI G., JEFFREY P., MUNTAU H., BRISSAUD F. AND SALGOT M. (2000): Role of Water Reuse in Enhancement of integrated water management in Europe and Mediterranean Countries. 3rd International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse; France 3.-7. July 2000

LEITE, A M F. (2003). Reuso de Água na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. Dissertação (Mestrado). Universidade Católica de Brasília-Brasília. 2003.

LUCA, S. J. Alternativas de Controle de Poluição. In: PORTO, R. L. Hidrologia Ambiental. São Paulo, EPUSP/QBRH, 1991. p299-347.

MACKENZIE, W. R., N. J. HOXIE, M. E. PROCTOR, M. S. GRADUS, K. A. BLAIR, D. E. PETERSEN, J. J. KAZMIERZAK, D. J. ADISS, K. R. FOX, J. B. ROSE, AND J. P. DAVIS. (1994) A massive outbreak in: Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *The New England Journal of Medicine*. 331:161-167.

MANCUSO, P. C. S. O Reúso da Água e sua Possibilidade na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 1992. 132 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública.

MANCUSO, P. C. S.: O reúso de água e sua possibilidade na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 1992. 132p. Tese (doutorado) – Faculdade de Saúde Pública-USP

MANFRINATO, E. S; SALATI FILHO E; SALATI, E.: Water Supply System Utilizing the Edaphic-Phytodepuration Technique. IN: *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, Pensacola, Lewis Publisher, 1993. p 331-342.:

MARA, D. AND CAIRNCROSS, S. (1989) *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture*. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 187 pp.

MARA, D.; CAIRNCROSS, S. (organizadores). *Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture*, Genebra, OMS, 1989.

MARECOS DO MONTE, M. H. F., ANGELAKIS, A. N., & ASANO, T. (1996). Necessity and basis for the establishment of European guidelines on wastewater reclamation and reuse in the Mediterranean region. *Water Science and Technology*, 33(10–11), 303–316.

MARX, F. E., M. B. TAYLOR, AND W. O .B. GRABOW. (1995) Optimization of a PCR method for the detection of Astrovirus type 1 in environmental samples. *Water Science and Technology*. 31: 359-362.

MATOS MAR, JOSÉ Y MATOS LAGOS, RUBÉN. 1990. *Águas residuales, agricultura y alimentación en la gran Lima*. José Matos Mar Editor. 160 p.

MELO FILHO. A C; A C BEHRENS; C.R CADOSO; D.A R SANTOS; E.R.SILVA & V.R.LEAL. Análise do Sistema Wetland. Salvador. 2002, 14p. Monografia da (Disciplina Poluição-Gestão e Controle) - Universidade Contemporânea, Salvador.

METCALF & EDDY. Inc. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. 3. Ed. New York, McGraw - Hill Book, 1334 p., 1991.

METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*. 3 ed, Revised by. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. New York: McGraw-Hill, 1991.

MITSCH, W. J., GOSSELINK, J. G. *Wetlands*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1993. 2º Edição. 772p.

MOTA, S. *et al.* (organizador). *Reúso de Águas: a experiência da Universidade Federal do Ceará*, Fortaleza-CE: Imprensa Universitária da UFC, 2000.

NARUMI, S. (1987). Reuse of Treated Effluents for Moat Restoration in Ooita City, Sewage Works in Japan, pp. 36-43

NEUMANN, M., R. SHULZE-ROBBECKE, C. HAGENAU, AND K. BEHRINGER. (1997) Comparison of Methods for isolation of mycobacteria from water. *Applied Environmental Microbiology*. 63:547-552

NIANG, SEYDOU (1998). Épuration des eaux usées domestiques. Workshop on Cities feeding people: lessons learned from projects in Africa. IDRC. Nairobi. 21-25 June 1998

NOGUEIRA, S.F. (2003) Balanço de Nutrientes e avaliação de parâmetros em áreas alagadas construídas para tratamento de esgotos. 137p. Dissertação (mestrado)- Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP/ESALQ, Piracicaba, 2003.

O GLOBO, 2005. Falta de Chuva faz Sul virar Sertão Nordeste. Rio de Janeiro, 13 de março.

ONGERTH, J. E., G. D. HUNTER, & F. B. DEWALLE. (1995) Watershed use and Giardia cyst presence. *Water Research* 29:1295-1299

ONYANGO, E. **Re: Oferta de água em 2025.** In: Lista Fonte d'água. Centro de Referência do Everglades (USA), Movimento de Cidadania pelas Águas. Water Media Network, 16 Nov. 2002. Disponível na Internet: <<http://archives.ces.fau.edu/fontedagua.html>>. Citado: 20 Nov. 2002.

OUTWATER, A. B. Reuse of Sludge and minor wastewater residuals. [S. l]. Lewis Publishers, 1994, 179p.

PARESCHI, D. C. (2004) Caracterização da Fauna de Rotifera em área alagada Construída para Tratamento de Esgotos Doméstico - Piracicaba/SP. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PROYECTO REGIONAL SISTEMAS INTEGRADOS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES EN AMÉRICA LATINA: REALIDAD Y POTENCIAL. Convenio: IDRC – OPS/HEP/CEPIS 2000 – 2002 ESTUDIO GENERAL DEL CASO TACNA, PERÚ.

RAN. N, M. AGAMI, G. ORON. : A Pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemma Gibba* L) for Treatment of Domestic primary effluent in Israel. *Water Research* 38: 2241-2248, 2004.

RAPOPORT. B, (2004): Águas Cinzas: Caracterização, Avaliação Financeira e Tratamento para Reuso Domiciliar e Condominial. Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública-ENSP-FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2004

REVISTA BIO, 2001. Reúso da água – uma alternativa viável . *ABES*, n.18, ano XI, p 24-25, abril/junho.

ROQUE, O. C. C., 1997. *Sistemas Alternativos de Tratamento de Esgotos Aplicáveis às Condições Brasileiras*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

ROSE, J.B.; DE LEON, R.; GERBA, C.P. Giardia and virus monitoring of sewage effluent in the State of Arizona . *Water Science and Technology*, **21** (3), 43-47, 1989.

SALATI. E, (1987). Edaphic-Phytodepuration: A new Approach to Wastewater Treatment. In: REDDY. K.R & SMITH.W.H. Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery. Magnolia Publishing Inc. Orlando, Flórida, EUA.

SALATI. E., LEMOS. H. M.: Água e o Desenvolvimento Sustentável: In: Rebouças, A. C., Braga, B., Tundisi, J. G.: *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológica, Uso e Conservação*. São Paulo, Escrituras, 1999. p 01-37

SALATI, E; N.S.RODRIGUES. (1982) De poluente a nutriente, a descoberta do Aguapé. *Revista Brasileira da Tecnologia*, V.3, n 13: 37-42.

SANO, K; MIURA, T. (1990). Dual Water Supply System Using Reclaimed Wastewater in Fukuoka City. *Sewage Works in Japan*, pp.96-100

SCHOPPMANN, B: Reuse of treated wastewater - A case study in Peru. *Desalination* 106 (1 996) 225-23 1

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, Programa de Gestão para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia contribuinte à Baía da Ilha Gande, Rio de Janeiro: SEMARJ, 1997.

SHUVAL, H. L, ADIN, A, FATTAL, B., RAWITZ, E., AND YEKUTIEL, P. (1986). Wastewater Irrigation in Developing Countries-Health Effects and Technical Solutions. World Bank Technical Paper Number 51, The World Bank, Washington, D.C.

SOLANO.M.L; P.SORIANO, M.P.CIRIA: Constructed Wetlands as a Sustainable Solution for Wastewater treatment in Small Villages. *Biosystems Engineering*. 87:109-118, 2003

STATE OF CALIFORNIA (1978) Wastewater Reclamation Criteria. California Administrative Code Title 22, Division 4, Environmental Health, Dept. of Health Services, Sanitary Engineering Section (also cited in *Wastewater Reclamation and Reuse* (ed. T. Asano).

STRAUSS, M. Survival of excreted pathogens in excreta and faecal sludges. *IRCWD news* , 23: 4 – 9 (1985)

THE RAMSAR CONVENTION. (<http://www.ramsar.org/>) (Acessado em 23 de dezembro de 2004)

THURSTON, J. A; C.P.GERBA; K.E.FOSTER; M.M. KARPISCAK: Fate of Indicator Microorganisms, Giardia and Cryptosporidium in Sub Surface Flow Constructed Wetlands.:*Water Research*: 35:1547-1551, 2001.

TINNER, R. W.: Wetland Indicators: A guide to wetland identification, Delineation, Classification and Mapping. Boca Raton, Lewis Publishers, 1999. 392p

TSAGARAKIS. K. P; G. E.DIALYNAS; A N ANGELAKIS: Water Resources Management in Crete (Greece) including Water Recycling and Reuse and Proposed Quality Criteria. *Agricultural Water Management* 66:35-47, 2004

TUCCI, C.E.M. *et al.* *Gestao da Agua no Brasil*. Brasilia. UNESCO, 2001, 156p.

UDONSI, J. K., J. M. BEHNKE, AND F. S. GILBERT. (1996) Analysis of the prevalence of infection and associations between human gastrointestinal nematodes among different age classes living in the urban and suburban communities of Port Harcourt, Nigeria. *Journal of Helminthology*. 70:75-84

US EPA/USID (1992) *Manual – Guidelines for Water Reuse*, Report EPA/625/R-92/004, USEPA (Office of Water) and USID, Washington DC.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1992. *Guidelines for Water Reuse*. Washington: Office of Wastewater Enforcement and Compliance, Environmental Protection Agency.

VALENTIM, M. A A; D. M.ROSTON. Project of Constructed Wetlands for treating Septik Tank Effluent. In: International Conference on Wetlands Systems For Water Pollutin Control, Aguas de São Pedro, 1998. Proceedings, IAWQ, p 126-129

VON SPERLING, M, 1995. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Volume 1. Belo Horizonte : DESA , Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M, 1996. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Volume 2. Belo Horizonte: DESA, Universidade Federal de Minas Gerais.

VON SPERLING, M, 1996. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. *Lagoas de estabilização*. Volume 3. Belo Horizonte: DESA, Universidade Federal de Minas Gerais.

WALLIS, P. M., S. L. ERLANDSEN, J. L. ISAAC-RENTON, M. E. OLSON, W. J. ROBERTSON, AND H. VAN KEULEN. (1996) Prevalence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts and carachterization of Giardia spp. Isolated from drinking water in Canada. *Applied and Environmental Microbiology*. 62:2789-2797

WESLEY, I. V. (1996) Helicobacter and Arcobacter species- risks for foods and beverages. *Journal of Food Protection*. 59:1127-1132

WHO (1973) Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards. Report of a WHO Meeting of Experts, Technical Report Series No. 517, WHO, Geneva.

WHO (1989) Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture. Report of a WHO S cientific Group Technical Report Series N. 778, World Health Organization., Geneva

WILSON, R. & R. FUJIOKA. (1995) Development of a method to selectively isolate pathogenic *Leptospira* from environmental samples. *Water Science and Technology*. 31: 275-282

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. WMO. Geneva, 1997.

.