

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

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE  
ABATEDOURO DE AVES PARA FINS DE REÚSO EM IRRIGAÇÃO.**

**ISRAEL MINGHINI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP

Novembro – 2007

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

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE  
ABATEDOURO DE AVES PARA FINS DE REÚSO EM IRRIGAÇÃO.**

**ISRAEL MINGHINI**

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

Co-Orientador: Prof. Dr. Germano Francisco Biondi

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp – Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP

Novembro – 2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M665a Minghini, Israel, 1957-  
Avaliação qualitativa da água residuária de abatedouro de aves para fins de reúso em irrigação / Israel Minghini. - Botucatu : [s.n.], 2007.  
xi, 67 f. : il. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu,2007  
Orientador: Raimundo Leite Cruz  
Co-orientador: Germano Francisco Biondi  
Inclui bibliografia.

1. Água - Reutilização. 2. *Salmonella*. 3.Irrigação. 4. A-batedouro de aves. I. Cruz, Raimundo Leite. II. Biondi, Germano Francisco. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE ABATEDOURO  
DE AVES PARA FINS DE REÚSO EM IRRIGAÇÃO.

ALUNO: ISRAEL MINGHINI

ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO DE PÁDUA SOUSA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANDRÉA BOGATTI GUIMARÃES TOMAZELA

Data da Realização: 20 de novembro de 2007.

## *Dedico...*

...aos meus pais FRANCINETE DOS SANTOS MINGHINI e OSVALDO MINGHINI (in memoriam), que me ensinaram a viver com dignidade e lutar pelos meus ideais, e que nunca mediram esforços para realização dos meus sonhos.

...a toda minha família, que de uma maneira ou de outra me apoiaram na realização dos meus objetivos.

Há duas formas para viver sua vida:  
- Uma é acreditar que não existe milagre,  
- Outra é acreditar que todas as coisas são um milagre.

Albert Einstein

## AGRADECIMENTOS

- A DEUS que com certeza estendeu-me a mão iluminando meu destino, dando-me forças e saúde para trilhar no caminho que escolhi;
  
- A meu orientador Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz pela dedicação, paciência, confiança e principalmente por esta oportunidade;
  
- Ao meu co-orientador Prof. Dr. Germano Francisco Biondi, pela orientação a mim dispensada;
  
- À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ibiara C.L.A. Paz, ao Prof. Dr. Ariel Mendes e a Doutoranda Karen F. G. Cardoso - do Departamento de Produção Animal da FMVZ/UNESP, pela ajuda e contato com abatedouros de aves, sem vocês com certeza este experimento não teria sido realizado. Vocês são um presente de DEUS!
  
- Ao Médico Veterinário Dr. Júlio César Lopes, do serviço de Inspeção Técnica do Abatedouro de Aves em Pereiras – SP, pela ajuda e colaboração;
  
- Ao funcionário do Departamento de Engenharia Rural, José Israel Ramos, pelas análises e ajuda na coleta das amostras. Com certeza todos do departamento devem muito a você;
  
- Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, pela ajuda e colaboração em várias etapas do mestrado, principalmente na qualificação;
  
- Ao Departamento de Microbiologia e Imunologia do Instituto de Biociências - IB/UNESP- em especial a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Mores, responsável pelas análises de *salmonellas*.
  
- A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para realização desse trabalho.

Muito obrigado!

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Ao meu orientador Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, pela orientação, confiança, ajuda, e principalmente paciência com que teve comigo em todas as fases do mestrado. Sem você tudo seria mais difícil; é de pessoas como você que o mundo de hoje precisa. Sua humildade é contagiante.

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	X
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	XI
<b>1 RESUMO</b> .....	1
<b>2 SUMMARY</b> .....	3
<b>3 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
4.1 Importância da gestão e monitoramento de recursos hídricos para irrigação.....	7
4.1.1 Principais parâmetros de qualidade da água.....	10
4.1.1.1 Temperatura.....	10
4.1.1.2 Turbidez.....	10
4.1.1.3 Condutividade elétrica.....	11
4.1.1.4 Nitrato e Nitrito .....	11
4.1.1.5 Fósforo (P).....	12
4.1.1.6 Ferro (Fe).....	12
4.1.1.7 Sólidos sedimentáveis.....	13
4.1.1.8 pH .....	13
4.1.1.9 Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	14
4.1.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	14
4.1.1.11 Coliformes total e fecal.....	15
4.2 Irrigação com água de reuso.....	16
4.3 Aspectos inerentes à legislação sobre recursos hídricos e saúde pública.....	21



4.3.1 Microorganismos patogênicos presentes em águas poluídas .....	28
4.3.1.1 <i>Salmonella</i> .....	29
4.4 Principais métodos de tratamento de águas residuárias.....	30
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
5.1 Características e instalações do abatedouro de aves.....	37
5.2 Período de coleta das amostras .....	39
5.3 Locais e pontos de coleta das amostras .....	39
5.4 Cuidados gerais com os materiais de coleta .....	41
5.4.1 Acondicionamento das amostras .....	41
5.5 Análises realizadas .....	42
5.5.1 Procedimento de avaliação dos resultados .....	42
5.6 Metodologias utilizadas para medição dos parâmetros .....	43
5.6.1 Parâmetros determinados.....	43
5.6.1.1 No Laboratório de Recursos Hídricos .....	43
5.6.1.2 No Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas.....	46
5.6.1.3 No Laboratório de Microbiologia e Imunologia.....	46
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
6.1 Temperatura do ar e da água .....	47
6.2 Potencial hidrogeniônico (pH) .....	48
6.3 Condutividade elétrica.....	48
6.4 Ferro (Fe).....	49
6.5 Nitrato e Nitrito .....	50
6.6 Coliformes .....	51

6.7 Sólidos sedimentáveis .....	52
6.8 Alumínio (Al) .....	53
6.9 Turbidez.....	54
6.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	54
6.11 Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....	55
6.12 Fósforo (P).....	56
6.13 <i>Salmonellas sp</i> .....	57
6.14 Macro e micronutrientes.....	57
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	<b>60</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>62</b>

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> – Principais características físicas, químicas e biológicas da água.....	32
<b>Tabela 2</b> – Valores para águas de Classe 1 (CONAMA/2005) .....	42
<b>Tabela 3</b> – Valores para Temperatura do ar da água.....	47
<b>Tabela 4</b> – Valores de pH .....	48
<b>Tabela 5</b> – Valores da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ).....	49
<b>Tabela 6</b> – Concentrações de Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ).....	50
<b>Tabela 7</b> – Concentrações de Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) .....	50
<b>Tabela 8</b> – Concentrações de Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ).....	51
<b>Tabela 9</b> – Número de Coliformes fecais e totais (NMP) .....	52
<b>Tabela 10</b> – Volume de Sólidos sedimentáveis .....	52
<b>Tabela 11</b> – Concentrações de Alumínio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) .....	53
<b>Tabela 12</b> – Valores da Turbidez (UNT).....	54
<b>Tabela 13</b> – Valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ ) .....	55
<b>Tabela 14</b> – Valores de Demanda Química de Oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ ).....	55
<b>Tabela 15</b> – Concentrações de Fósforo ( $\text{mg L}^{-1}$ ) .....	56
<b>Tabela 16</b> – Concentrações de Macro e Micronutrientes ( $\text{mg L}^{-1}$ ).....	58

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> – Irrigação no Brasil por região (a) e por método (b) .....	8
<b>Figura 2</b> – Evolução da área irrigada no Brasil nos últimos 50 anos .....	9
<b>Figura 3</b> – Lagoas de estabilização aeróbias em série .....	38
<b>Figura 4</b> – Lagoa de estabilização anaeróbica.....	38
<b>Figura 5</b> – Lagoa de maturação .....	39
<b>Figura 6</b> – Local de coleta (primeiro ponto).....	40
<b>Figura 7</b> – Local de coleta (segundo ponto) .....	41

## **AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE ABATEDOURO DE AVES PARA FINS DE REÚSO EM IRRIGAÇÃO.**

Botucatu, 2007.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Área de Concentração – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.

**Autor: ISRAEL MINGHINI**

**Orientador: RAIMUNDO LEITE CRUZ**

**Co-Orientador: GERMANO FRANCISCO BIONDI**

### **1 RESUMO**

O objetivo do presente trabalho consistiu na avaliação de parâmetros de qualidade da água residuária proveniente de abatedouro de aves, visando analisar a possibilidade de reutilizá-la na irrigação de culturas agrícolas, após sua caracterização.

As águas residuárias do abatedouro de aves, localizado na cidade de Pereiras – SP, foram coletadas em diferentes dias e épocas do ano e analisadas quanto aos seguintes parâmetros: pH, temperatura, condutividade elétrica, fósforo total, nitrato, nitrito, sólidos sedimentáveis, ferro, alumínio, turbidez, *Salmonellas sp*, macro e micronutrientes. As temperaturas do ar e da água foram medidas no momento da coleta.

A discussão dos resultados obtidos esteve de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 17 de março de 2005, que estabelece os padrões para classificação dos corpos de água.

A condutividade elétrica foi avaliada segundo padrões propostos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB, 2005) e o alumínio, segundo valor estabelecido pelo Ministério da Saúde – Portaria nº 1 469.

Os resultados obtidos permitem concluir que a água residuária analisada, não deve ser descartada diretamente em corpos hídricos naturais, porém, pode ser utilizada na irrigação de culturas agrícolas, após simples desinfecção.

---

**Palavras chave:** água residuária, *Salmonellas*, irrigação, abatedouro de aves.

## **QUALITATIVE ANALYSIS OF WASTEWATER FROM A POULTRY SLAUGHTERHOUSE IN ORDER TO REUSE IT IN IRRIGATION.**

Botucatu, 2007

Dissertation (Master in Agronomy/ Concentration Area- Irrigation and Drainage)

Agronomical Science College – University from São Paulo

**Author: ISRAEL MINGHINI**

**Advisor: RAIMUNDO LEITE CRUZ**

**Co - Advisor: GERMANO FRANCISCO BIONDI**

### **2 SUMMARY**

The aim of this search consisted in comparing the quality of wastewater from a poultry slaughterhouse, trying to analyze the possibility of using it in the irrigation of agricultural growing, after its make-up.

Samples were collected from wastewater from a poultry slaughterhouse in Pereiras – SP, in different days or time of the year, analyzing the following: pH, temperature, electrical conductivity, total phosphorus, nitrate, nitrite, sedimentary solids, iron, aluminium, muddy, *salmonella*, macro and micro nutrients. The temperature of the air and of the water were measured at collection time.

The results were evaluated according to the Resolution of the Environment National Council (CONAMA) n° 357, on March 17<sup>th</sup>- 2005, which establish the patterns to classify the water contents.

The electrical conductivity was evaluated according to the amount suggested by CETESB/2005 and the aluminium according to the established amount by Health Ministry – Regulation n° 1.469.

The obtained results allow to conclude that the analyzed wastewater, must not be rejected in natural water contents, however, it can be used in the irrigation of agricultural growing, after simple disinfection.

---

**Keywords:** wastewater, *salmonella*, irrigation, slaughterhouse.



### 3 INTRODUÇÃO

Os parâmetros analisados para uma adequada interpretação da qualidade da água para irrigação, devem estar relacionados com seus efeitos na cultura, no solo e no manejo da irrigação, para evitar problemas relacionados com a saúde pública.

Destaca-se como parâmetro básico analisado para determinação de qualidade da água para irrigação o seu aspecto sanitário, devido principalmente aos diversos tipos de tratamentos adotados para sua despoluição (BERNARDO, 1995), obtendo-se um produto final conhecido como “água residuária”, e que muitas vezes é utilizada na irrigação de culturas – principalmente hortaliças e frutíferas.

No Brasil, o lançamento de água residuária nos meios hídricos ainda é prática comum. Os agricultores ribeirinhos utilizam estas águas para irrigar suas culturas e podem ser contaminados ou contaminarem os seus produtos agrícolas, muitas vezes, comercializados e levados diretamente à mesa dos consumidores sem a prévia avaliação da sua qualidade para o consumo. Esta prática popular está ligada a empreendimentos rudimentares sem nenhum controle técnico e sanitário.

O uso de água para fins domésticos, industriais, recreação, agrícolas e para geração de energia, vem aumentando a níveis preocupantes em escala mundial. A oferta de recursos hídricos em todas as regiões tem diminuído quantitativa e qualitativamente, com a demanda crescente pela pressão demográfica e econômica das sociedades modernas. Essa carência favorece a discussão sobre a necessidade urgente da utilização de águas de qualidade

inferior, como as águas residuárias domésticas ou industriais tratadas em um nível compatível, para a sua reutilização em outras finalidades (MACHADO, 2005).

Ainda segundo Machado (2005) ao liberar as fontes de água com padrões de qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, a reutilização de água de qualidade inferior para fins de irrigação, respeitando-se os limites de segurança à saúde pública, contribui para um melhor planejamento dos recursos hídricos.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar a qualidade da água residuária proveniente de abatedouro de aves, destacando a importância de parâmetros microbiológicos, para posterior utilização em irrigação, principalmente de hortaliças.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Importância da gestão e monitoramento de recursos hídricos para irrigação**

Essencial à vida, a água é uma substância necessária às diversas atividades humanas, além de constituir componente fundamental da paisagem e do meio ambiente (MEDEIROS et al., 2003). A qualidade da água constitui-se num dos aspectos mais relevantes na agricultura irrigada porque pode afetar o sistema de irrigação, a cultura, a qualidade do produto, o irrigante e as propriedades do solo.

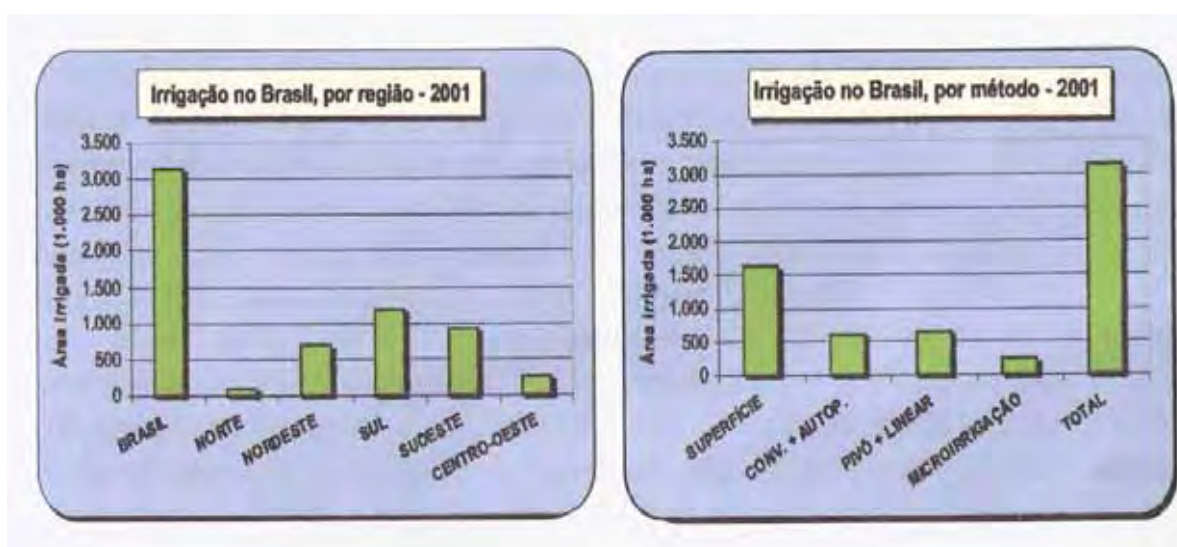
Felizmente, no Brasil as águas superficiais apresentam bons padrões para irrigação; no entanto, com a crescente degradação dos rios, reservatórios e lagos pelo lançamento de efluentes industriais, esgoto sanitário e resíduos da pecuária intensiva, pode-se implicar em futuro próximo à limitação do uso dessas águas para fins de irrigação (DOMINGUES, 2005).

No Brasil, 61% das águas captadas dos rios e lagos são utilizadas na irrigação e 50% dessa água é efetivamente utilizada pelas plantas.

A agricultura consome 70% dos recursos hídricos utilizados no mundo, enquanto a atividade industrial utiliza apenas 23% e o uso doméstico 7%. A área irrigada global é de aproximadamente 260 milhões de hectares, representando 17% da área total irrigada, porém contribui com 40% da produção de alimentos (COUTO, 2003 citado por DOMINGUES, 2005).

Estima-se que, a área irrigada no Brasil, está distribuída nas regiões do país aproximadamente nas seguintes porcentagens: Norte – 3%, Nordeste – 19%, Sudeste – 30%, Sul – 41%, Centro-Oeste – 7%. Em termos de porcentagem ocupada por método de irrigação, observa-se: superfície – 58%, aspersão convencional e autopropelida – 17%, aspersão mecanizada – 19%, microirrigação – 6%.

Na Figura 1 são apresentados os gráficos relativos a área irrigada no Brasil por região (a), e a área irrigada por método (b); ambos relativos a 2001.



Fonte: Domingues (2005)

(a)

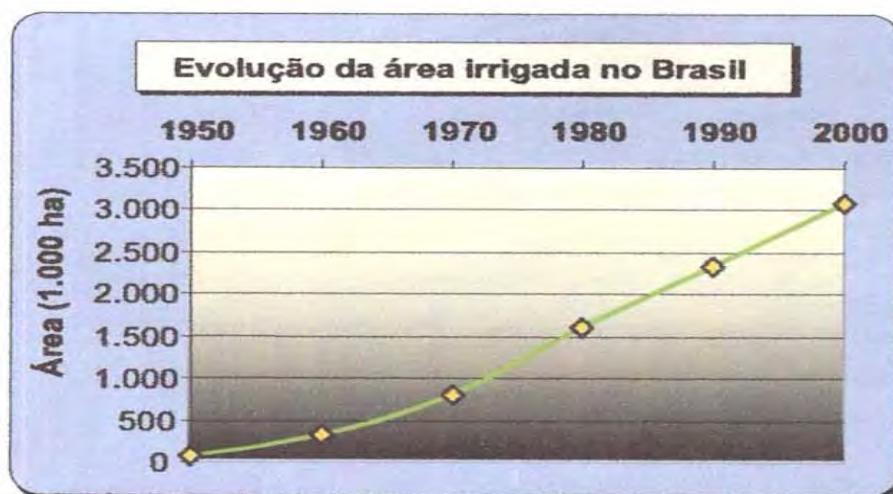
(b)

**Figura 1** – a) Irrigação no Brasil por região

b) Irrigação no Brasil por método

A área irrigada no Brasil representa cerca de 5% da área total cultivada, mas, contribui apenas com 16% da produção agrícola e representa 35% do total dessa produção (SANTOS, 1998 citado por DOMINGUES, 2005).

Na Figura 2 observa-se a evolução da área irrigada no Brasil nos últimos 50 anos.



Fonte: Domingues (2005)

**Figura 2** – Evolução da área irrigada no Brasil nos últimos 50 anos.

No âmbito dos recursos hídricos derivados dos mananciais, a agricultura irrigada é considerada a principal usuária, sendo responsável pelo uso de aproximadamente 61% do total de água utilizado.

Dentre os principais problemas encontrados na agricultura irrigada merecem destaque a baixa taxa de utilização de técnicas de manejo de irrigação, com desperdício de água e energia e a utilização por um grande número de irrigantes de sistemas de produção e de tecnologias desenvolvidas para a agricultura de sequeiro. Outro grande equívoco que se tem cometido é com relação à escolha do método e do sistema de irrigação.

Muitas vezes o agricultor ou empresário, por desconhecimento ou por assessoria inadequada, faz a opção por um sistema de irrigação totalmente inadequado para as suas condições ou para o tipo de cultura. Outro ponto a considerar é o projeto de irrigação em si, e o dimensionamento do sistema e dos equipamentos de irrigação que muitas vezes são feitos sem muito critério. Hoje, com o acirramento da competitividade pelo uso da água nos diversos setores e atividades e com a maior aplicabilidade dos instrumentos de gestão de recursos hídricos introduzidos pela lei 9.433/97 que trata da política nacional de recursos

hídricos e as correspondentes leis estaduais, é necessário um maior grau de organização do setor agrícola para se ajustar aos novos paradigmas e às exigências da sociedade com relação aos aspectos ambientais e de sustentabilidade (DOMINGUES, 2005).

#### **4.1.1 Principais parâmetros de qualidade da água**

O grau de poluição das águas é medido através de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas como parâmetros de qualidade das águas, que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer.

De maneira geral, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água) e gases. As características químicas, nos aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas e, as biológicas sob o ponto de vista da vida animal, vegetal e organismos unicelulares (CETESB, 2005).

##### **4.1.1.1 Temperatura**

Segundo Patemiani e Pinto (2001) a temperatura é a medida da quantidade de calor de um sistema. Através da absorção e espalhamento da luz solar na água, a energia dessa radiação diminui, transformando-se em calor. Este processo é influenciado pela estrutura molecular da água, pela presença de partículas em suspensão e, especialmente, por compostos orgânicos dissolvidos.

A temperatura atua em muitos equilíbrios físicos e químicos, sendo importante fator ecológico. Assim, as variações da temperatura influenciam as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> da água, o teor de carbonato e os valores de pH (PATEMIANI e PINTO, 2001).

##### **4.1.1.2 Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o

comprimento de onda da luz branca, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo e fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas (CETESB, 2005).

A turbidez é um dos parâmetros de controle de qualidade da água mais usados em sistemas de tratamento de água devido a sua rápida e fácil determinação com resultados bastante confiáveis e precisos (PATEMIANI e PINTO, 2001).

A turbidez da água é normalmente reduzida através da filtração.

#### **4.1.1.3 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica é a propriedade expressa pela quantidade de eletricidade transferida através de uma área unitária, num gradiente de potencial e intervalo de tempo definidos. É uma propriedade intrínseca de cada material e, no caso de sistemas líquidos depende do número de cargas de íons dissolvidos.

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade em conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica, principalmente pelo conteúdo de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto (ESTEVES, 1988).

Dependendo das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

A condutividade elétrica de uma solução é um fenômeno cumulativo, sendo resultado da somatória das condutividades dos diferentes íons (CONTE e LEOPOLDO, 2001).

#### **4.1.1.4 Nitrato e Nitrito**

A origem de excessos de nitrogênio na água está normalmente associada a despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e uso de fertilizantes. Devido a este último fator, sua importância na agricultura irrigada tem tido atenção

intensificada, principalmente devido a difusão das técnicas de fertirrigação. A presença de nitrogênio na forma de nitrato em excesso na água, pode trazer problemas graves de saúde à população, como a metahemoglobinemia; doença que pode causar morte em crianças (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Esta doença ocorre porque o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre. Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo  $10 \text{ ml L}^{-1}$  o valor máximo permitido (CETESB, 2005).

#### **4.1.1.5 Fósforo**

A presença do fósforo na água pode se dar de diversas formas. A mais importante delas para o metabolismo biológico é o ortofosfato. O fósforo é um nutriente e não traz problemas de ordem sanitária para a água. Sua presença nas águas pode ter origem na dissolução de compostos do solo (escala muito pequena), despejos domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes.

A utilização crescente de detergentes de uso doméstico e industrial favorece muito o aumento das concentrações de fósforo nas águas.

Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir, da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas e acelerar, indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização.

Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica (CETESB, 2005).

#### **4.1.1.6 Ferro total**

Segundo Esteves (1988), o ferro é um elemento considerado micronutriente em relação às plantas e necessário para o metabolismo animal, em concentrações elevadas pode se tornar tóxico.

A presença do ferro em águas superficiais é atribuída, principalmente, à decomposição de rochas ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. Sendo



um elemento abundante na superfície terrestre, é normalmente encontrado nos corpos d'água, para onde é transportado, principalmente pelas chuvas, por meio da lixiviação do solo.

#### **4.1.1.7 Sólidos sedimentáveis**

É a porção de sólidos em suspensão que se sedimenta sob a ação da gravidade durante um determinado tempo, à partir de 1 litro de amostra mantida em repouso.

É um teste muito utilizado para avaliar sistemas de tratamento de esgoto. A quantidade de sólidos sedimentáveis é determinada em  $\text{mm L}^{-1} \text{h}^{-1}$ .

#### **4.1.1.8 pH**

Conforme PATEMIANI e PINTO (2001), o potencial hidrogeniônico (pH) é medida importante na análise de água para irrigação por estar intimamente relacionado com a concentração de outras substâncias presentes na água. Assim, por exemplo, uma água que apresenta pH acima de 8,3 contém altas concentrações de sódio, carbonatos e bicarbonatos, podendo tornar-se inadequada para irrigação.

As águas de irrigação com pH inferior a 7,0 tornam-se corrosivas, enquanto valores de pH acima de 7,0 favorecem a incrustação de materiais nas tubulações e equipamentos de irrigação.

Os valores de pH da água de irrigação estão normalmente entre 6,5 e 8,4 (AYERS, 1977 citado por PATEMIANI e PINTO, 2001). Valores fora desses limites indicam que pode haver problemas na qualidade da água, recomendando-se uma análise mais detalhada dos parâmetros que definem sua qualidade.

De acordo com a CETESB (2005), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante, podendo determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

#### **4.1.1.9 Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

É a quantidade de oxigênio necessário para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores de DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, servindo os resultados de orientação para o teste da DBO (GEOCITIES, 2005).

A DQO é um parâmetro indispensável e bastante eficiente nos estudos e no controle de sistemas de tratamento anaeróbios de esgotos sanitários e de efluentes industriais, recomenda-se utilizar tal parâmetro conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Como a DBO mede apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor se aproxima da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente.

Um valor alto de DQO indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio.

De acordo com a CETESB (2005) o aumento na concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial. A DQO é geralmente medida em  $\text{mg L}^{-1}$ .

#### **4.1.1.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO traduz indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente no corpo de água. A matéria orgânica é formada por inúmeros componentes, como compostos de proteína, carboidratos, uréia, surfactantes (detergentes), gordura, óleos, fenóis, pesticidas, etc.

Esta matéria carbonácea, apresenta-se em suspensão ou dissolvida, podendo ser biodegradável ou não. Dada a diversidade dos compostos e formas como se apresentam no corpo d'água, procura-se quantificá-la, indiretamente, medindo-se sua capacidade de consumo de oxigênio dissolvido na água, que se dá através das bactérias oxidantes.

A DBO padrão é aquela que representa o consumo de oxigênio no processo de oxidação da matéria orgânica presente em uma amostra de água durante um período de 5 dias, e incubada a 20° C.

A DBO padrão está associada à porção biodegradável da matéria orgânica de origem vegetal e animal e também àquela presente nos despejos domésticos industriais.

Esgotos domésticos possuem valor de DBO em torno de 300 mg L<sup>-1</sup>, que representa o consumo de 300 mg de oxigênio em 5 dias à 20° C, no processo de estabilização da matéria orgânica carbonácea biodegradável presente em 1 litro de esgoto.

Um valor de DBO alto significa presença de poluição através da matéria orgânica proveniente de fontes pontuais e/ou difusas de origem doméstica ou industrial (GEOCITIES, 2005).

#### **4.1.1.11 Coliformes fecais e totais**

As bactérias do grupo coliforme são utilizadas como principais indicadores biológicos da qualidade das águas (contaminação fecal). A contaminação das águas por fezes humana e/ou animal pode ser detectada pela presença desse grupo de bactérias.

O grupo coliforme de bactérias se divide como indicador de contaminação fecal, da seguinte forma:

- coliformes totais (fecal e não fecal);
- coliformes fecais (fecal);
- estreptococos fecais (fecal).

O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente a 44,5° C e são capazes de fermentar o açúcar.

O uso das bactérias coliformes fecais para indicar poluição sanitária, mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme total, porque as bactérias fecais estão restritas ao sistema digestório de animais de sangue quente (GEOCITIES, 2005).

Segundo Fravet (2006) como os coliformes fecais (termotolerantes) existem em grande quantidade nas fezes de animais de sangue quente, quando encontrados na

água, indica que a mesma recebeu carga de esgoto doméstico e/ou de adubação orgânica e por isso são impróprias do ponto de vista sanitário para o uso na irrigação por aspersão, podendo conter microorganismos causadores de doenças.

O grupo de bactérias coliformes é encontrado no sistema digestório de animais de sangue quente (homem, porco, cão, vaca, etc), onde vivem saprofitamente, não causando em geral, nenhum dano ao hospedeiro. Cada pessoa descarta de 100 a 400 bilhões de organismos coliformes por dia, além de outras bactérias. Tais organismos nem sempre são patógenos, mas, indicam uma possível contaminação e a potencialidade de transmissão de doenças (BRANCO, 1986 citado por FRAVET, 2006).

Esse parâmetro de controle de qualidade da água para irrigação tem merecido grande atenção nos últimos tempos devido à difusão das técnicas de reúso de água residuárias para irrigação. Embora o reúso da água venha a contribuir para a economia desse escasso recurso natural, deve-se tomar cuidado com relação a contaminações por organismos patogênicos, pois mesmo após a colheita alguns microorganismos sobrevivem nos frutos e hortaliças por várias semanas, podendo contaminar seus consumidores (PATEMIANI e PINTO, 2001).

A Resolução nº 357/05 CONAMA, não estabelece valores limites quanto a existência de coliformes totais, entretanto, estabelece valores máximos permissíveis para coliformes termotolerantes, que é de 200 NMP mL<sup>-1</sup> em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano.

Os órgãos ambientais utilizam-se deste indicador para diagnosticar também as condições para o banho de mar. Esse serviço informa à população a adequabilidade ou não de banho junto às águas litorâneas (excelente, muito boa, satisfatória e imprópria) e é denominado de condições de balneabilidade.

De acordo com a CETESB (2005), a contaminação fecal é medida em número mais provável de coliformes por 100 mL de água amostrada (NMP100<sup>-1</sup> mL).

#### **4.2 Irrigação com águas de reúso**

O objetivo da irrigação é proporcionar umidade adequada para o desenvolvimento das plantas para aumentar a produtividade e superar o efeito dos períodos

secos. Qualquer que seja a fonte, a avaliação da água utilizada na irrigação das culturas é indispensável e de importância fundamental (MATTOS, 2003).

Segundo Reichardt (1990) na prática de irrigação, a longo prazo, a qualidade da água é um dos fatores mais importantes. Pequenas quantidades de soluto podem em projetos de irrigação mal elaborados, transformar lentamente uma área fértil em um solo salino de baixa produtividade. Quando o agricultor percebe o problema, muitas vezes é tarde demais, pois a recuperação de solos salinos ou salinizados é difícil, demorada e dispendiosa.

A agricultura irrigada requer elevados investimentos em sistemas e equipamentos de irrigação e independentemente do tamanho do estabelecimento exige a utilização de alta tecnologia de produção. Desta forma, cada vez mais a agricultura irrigada deverá buscar a racionalização do uso da água, o aumento da produtividade física, a melhoria da qualidade dos produtos, as estratégias de mercado, os aspectos relacionados à pós-colheita e comercialização e com a sustentabilidade dos sistemas do ponto de vista ambiental, econômico e social.

Considerando-se que, grande parte da produção de alimentos orgânicos provem da horticultura, especial atenção deve ser dada à qualidade da água, já que muitos produtos hortigranjeiros são consumidos “*in natura*”. A captação, os reservatórios e o sistema de irrigação adotado serão fatores determinantes na qualidade da água que está sendo utilizada (DIAS, 2000).

Para produção de alimentos orgânicos, por exemplo, o ideal é que a água para irrigação e higienização dos produtos tenha sua origem na propriedade e seja, de preferência, proveniente de nascentes. Sabe-se que, a agricultura de hoje é separada em sistemas com irrigação e sistemas sem irrigação, e que, além dos córregos e rios, deve-se recorrer a outras fontes como poços artesianos e poços do lençol freático. Esta disponibilidade de água pode ser o fator determinante para a viabilidade do sistema de produção orgânica (DIAS, 2000).

Segundo Bernardo (1995) quanto ao aspecto sanitário da água utilizada na irrigação, há três casos a considerar: a contaminação do irrigante durante a condução da irrigação, a contaminação da comunidade ao redor do projeto de irrigação e a contaminação dos usuários dos produtos irrigados. Nos dois primeiros casos, a principal doença é a esquistossomose, cuja contaminação se dá por meio de contato direto do irrigante com a água

de irrigação, especificamente no segundo, há as verminoses adquiridas pela ingestão dos hortifrutigranjeiros contaminados pela água de irrigação.

À medida que a água não está prontamente disponível ou o seu custo de produção é aumentado, ela torna-se um fator crítico para o desenvolvimento e, até mesmo, para a sobrevivência da sociedade (FIGUEIREDO, 1997). O objetivo maior da preservação da água é garantir sua qualidade e disponibilidade em todos os níveis de consumo. No que se refere ao uso da água na agricultura, a irrigação só passa a ser fator de risco para as reservas de água quando não inclui, nas práticas de manejo, os cuidados necessários para a conservação do solo e da vegetação e, quando não adota medidas preventivas para evitar a contaminação da água por agrotóxicos e fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2002).

As águas ocupam 71% da superfície do planeta, além do potencial hídrico subterrâneo que é 100 vezes maior que o potencial das águas superficiais. Do total, apenas 0,63% é água doce, e grande parte dela é imprópria para o consumo, sendo que a água doce do planeta viável para o aproveitamento humano, é de aproximadamente 14 mil Km<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>. Caso se mantenha a taxa de crescimento da população mundial em 1,6 % ao ano, e o consumo per capita de água se mantiver, haverá aproximadamente 50 anos de abastecimento de água garantido, após este período a procura será maior que a demanda (DIAS, 2000).

Segundo Oliveira et al. (2002) a agricultura utiliza grande quantidade de água e a atividade pode tolerar águas de qualidade inferior à necessária em indústria e uso doméstico. Em termos quantitativos, o volume de águas residuárias disponíveis para a irrigação é insignificante, em comparação com o total de água usado na agricultura irrigada, mas as possíveis conseqüências de seu uso são de tal importância econômica, ambiental e social, que a necessidade de planejamento é justificada para controlar, em longo prazo, os efeitos de salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos, sobre os solos e as culturas.

A substituição da água com bons padrões de qualidade por águas residuárias tratadas na irrigação, possibilita a economia de água doce, aumentando assim a disponibilidade de recursos hídricos para finalidades que requerem padrões de qualidade mais exigentes como o abastecimento domiciliar e industrial (MONTE, 2001).

As normas, os padrões e os códigos de prática de água de reúso agrícola no Brasil são realizados com base em diretrizes desenvolvidas por organismos internacionais.

A contaminação das águas no Brasil aumentou cerca de cinco vezes nos últimos dez anos, e, avança muito rápido num espaço de tempo considerado curto. No atual ritmo, se continuar, nos próximos dez anos a situação será realmente crítica.

O problema nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte sobre a situação, chama muito a atenção, pois as áreas onde há cinco anos não havia sido detectado nenhum tipo de poluição das águas, hoje já estão dentro das áreas consideradas contaminadas (MORELLI, 2005).

Segundo Machado (2005) a grande vantagem da utilização da água de reúso é a de preservar água potável exclusivamente para abastecimento de necessidades que exigem a sua potabilidade, como para o abastecimento humano. A demanda crescente por água tem feito do reúso planejado de água um tema atual e de grande importância. Deve-se considerar o reúso de água como parte de uma atividade mais abrangente de gestão integrada que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

Dentro dessa ótica, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, como os requeridos pelas diversas indústrias, sem dúvida, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

Durante as duas últimas décadas, o uso da água de esgotos tratados em irrigação de culturas aumentou significativamente devido principalmente à dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação. A água de reúso tratada é produzida normalmente dentro das estações de tratamento de esgotos (ETEs) e pode ser utilizada para inúmeros fins, como a geração de energia, irrigação de hortaliças, gramados e rega de áreas verdes.

Reúso é o processo de utilização da água por mais de uma vez, tratada ou não, para o mesmo ou outro fim (MACHADO, 2005).

O reúso da água pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003).

Os autores reafirmam que, o reúso indireto não planejado de águas ocorre quando a água já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante. O reúso planejado de água ocorre quando se pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água.

A utilização de águas residuárias na agricultura irrigada era prática de pequenas civilizações há aproximadamente 5000 anos (ASANO e LEVINE, 1996). A aplicação de águas residuárias ao solo é mencionada desde tempos antes de Cristo. O uso de efluentes com o propósito de beneficiar a agricultura, ocorria na Alemanha, já no século XVI. Desde essa época até hoje, a aplicação de efluentes no solo é praticada em diversos países como Inglaterra, Austrália, México, França, África do Sul, Argentina, Israel, Índia, Hungria, Bélgica, Estados Unidos, entre outros (BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

A aplicação de esgotos na agricultura vem tendo um grande avanço nas últimas décadas devido aos seguintes fatores: os benefícios econômicos referidos graças ao aumento de produtividade, dificuldades crescentes de fonte de água natural para irrigação e de impacto no solo e culturas, desde que tomadas das devidas precauções (MATTOS, 2003).

No Brasil, pouco ou quase nada se tem registrado sobre reúso direto de efluentes, tratados ou não, o que não quer dizer que não ocorra e de forma indiscriminada e sem controle. Mas o reúso indireto é, sem dúvida, prática corrente, haja vista a quase inexistência de tratamentos de esgotos, somente 10% do volume total de esgotos coletados no país são submetidos a algum tipo de tratamento (CABES citado por BASTOS, 1999a).

Na realidade brasileira, existirão sempre situações onde, não somente caberão, mas tornar-se-ão necessárias tecnologias simples e de baixo custo para tratamento de esgotos, incluindo seu reúso. Entretanto, há de se admitir que o conhecimento acumulado sobre o assunto no Brasil, ainda é escasso (BASTOS, 1999a).

Segundo Bastos (1999b) um bom ponto de partida seria o próprio conhecimento de que, de fato, o reúso é praticado no país, o que torna evidente a necessidade de pesquisas e ações na direção do reúso controlado, incluindo sua regulamentação.



Estando comprovada a excelência dos esgotos e/ou efluentes tratados na irrigação e se os riscos sanitários podem ser controlados e eliminados, o não aproveitamento dos mesmos só não ocorre quando não há vontade política, quando não são necessários por razões climáticas ou econômicas, quando não há sistemas de coleta de esgotos ou quando a prática não é aceita por motivos culturais (ANDRADE NETO, 1992).

Segundo Chernicharo (2001) a matéria orgânica contida nos esgotos aumenta a capacidade do solo em reter água, sendo que a aplicação dos nutrientes neles contidos pode reduzir, ou mesmo eliminar, a necessidade de fertilizantes comerciais.

Em geral, os esgotos sanitários apresentam teores de macro e micronutrientes satisfatórios, para a demanda da maioria das culturas. Porém, a presença de sais e sólidos dissolvidos fixos deve ser vista com atenção, já que tais características podem gerar um efluente salino, impróprio para a irrigação (FOLEGATTI, 1999).

Segundo Sousa et al. (2006), atualmente o uso de esgotos tratados na agricultura cresceu consideravelmente, haja vista ser este uma fonte natural de fertilizante que garante uma boa produtividade das culturas irrigadas.

A escassez de água como matéria prima em processos produtivos e as crescentes exigências em relação à quantidade e qualidade dos efluentes, visando preservar o meio ambiente, vem aumentando significativamente os custos, tanto no seu suprimento como no seu descarte.

A tecnologia do reúso acoplada com a reciclagem da água surge como um esforço da engenharia ambiental e sanitária, buscando uma solução para sua utilização racional em processo produtivo e a máxima proteção ambiental com o menor custo possível.

#### **4.3 Aspectos inerentes à legislação sobre recursos hídricos e saúde pública**

A Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA (BRASIL, 2005) estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, que segundo seus usos preponderantes, são enquadradas em 13 classes, dentro de limites de condições indispensáveis, visando os diferentes usos e o equilíbrio ecológico dos corpos de água.

As águas doces são classificadas em 5 classes, ou seja, classe especial e classes 1, 2, 3 e 4, de acordo com sua qualidade e condições de utilização, que assim podem ser descritas:

I – classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III – classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e a atividade de pesca.

IV – classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V – classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Essa Resolução estabelece os teores máximos permitidos de substâncias químicas potencialmente prejudiciais, além de valores relativos a parâmetros físico-químicos e biológicos.

O efluente dos esgotos, mesmo dos previamente tratados, pode conter ovos de patógenos que se dispersam pelos rios e campos, quando há inundações ou quando as águas são desviadas para irrigação (REY, 2001).

O uso de esgotos ou águas contaminadas por esgoto sanitário na agricultura de acordo com a legislação vigente, deve estar condicionado ao tratamento, às restrições quanto ao tipo de culturas, escolha de métodos de aplicação e controle de exposição do homem e de animais (MAGALHÃES et al., 2001).

Segundo SOCCOL e PAULINO (2000) vários trabalhos de pesquisa realizados no Brasil, demonstram a presença de ovos de helmintos ou cistos de protozoários em vegetais consumidos in natura. Porém, a maioria dos autores não realiza testes de viabilidade ou infectividade destes ovos ou cistos, os quais são de fundamental importância para a determinação dos riscos da infecção humana. Os autores citam que patologias no homem e nos animais são diversificadas, causadas por vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos, podendo apresentar desde uma sintomatologia simples até conseqüências mais graves.

Os limites para a presença de determinadas substâncias de origem antrópica na água têm por objetivo a proteção da saúde pública e a proteção, ou mesmo recuperação, dos ecossistemas (SANTOS, 2002).

De acordo com SAMPAIO et al. (2001) a utilização de águas residuárias na irrigação já representa parcela considerável. Vários trabalhos apontam que a próxima crise da humanidade estará intimamente relacionada com a disponibilidade e conservação dos recursos hídricos.

No Nordeste, a maior parte das águas residuárias destina-se à irrigação. Isso soluciona em parte a escassez da água existente para diversas atividades e evita a elevada exploração de poços subterrâneos, mantendo o equilíbrio dos aquíferos (BRITO, 2000).

ARAÚJO et al. (2000) relata uma experiência de reúso indireto de esgotos no cultivo de alface, onde foram montadas seis colunas experimentais de solo: três eram irrigadas com água oriunda de um riacho poluído e três eram com água de abastecimento, (servindo de testemunha).

Os resultados das análises bacteriológicas mostraram que os coliformes e estreptococos fecais estavam ausentes na água de abastecimento, porém, no líquido percolado a concentração média foi até  $10^2$  UFC  $100^{-1}$  mL, detectando a presença destas bactérias indicadoras no solo. No experimento, as concentrações médias de coliformes fecais da água de irrigação poluída apresentaram valores superiores ao estabelecido e recomendado pela World Health Organization (WHO, 1958) para irrigação irrestrita, como é o caso das alfaces, que são consumidas cruas.

Embora seja indispensável ao organismo humano, a água pode conter determinadas substâncias, elementos químicos e microorganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações que não sejam prejudiciais a saúde do ser humano. Apesar de os mananciais superficiais estarem mais sujeitos à poluição e a contaminação decorrente de atividades antrópicas, também tem sido observada a deterioração da qualidade das águas subterrâneas, o que acarreta sérios problemas de saúde pública em localidades que carecem de tratamento e de sistema de distribuição de água adequada (DI BERNARDO, 2000).

Segundo Di Bernardo et al. (2002) grande parte das doenças que se alastram pelos países em desenvolvimento é proveniente da água de qualidade insatisfatória. As doenças de transmissão hídrica mais comuns são: as febres tifóide e paratifóide, disenteria bacilar e amebiana, cólera, esquistossomose, hepatite infecciosa, giardíase e criptosporidíase. Outras doenças de origem hídrica incluem, as cáries dentárias (falta de fluor), fluorose (excesso de fluor), saturnismo (devido ao chumbo) e metaemoglobinemia (teor elevado de nitratos). Além desses males, os danos à saúde humana podem decorrer da presença de substâncias tóxicas na água.

Um aspecto a ser considerado quando se utiliza irrigação com águas residuárias é a tolerância das culturas a salinidade. A maioria das águas residuárias tratadas, não são muito salinas, geralmente se situam entre 200 e 500 mg  $L^{-1}$ . A importância da salinidade está na influência quanto ao potencial osmótico do solo, à toxicidade iônica

específica e a degradação das condições físicas que pode ocorrer no solo, prejudicando as culturas (MATTOS, 2003).

De acordo com ASANO e PETTYGROVE (1990) o efeito mais importante da salinidade sobre os cultivos é a redução da absorção de água pelas raízes das plantas. Algumas culturas podem alcançar valores que oscilam entre oito a dez vezes a tolerância de outras.

Na escolha do vegetal irrigado com águas residuárias deve-se, portanto, escolher uma cultura que seja tolerante ou pelo menos moderadamente tolerante à salinidade para que se possam manter os rendimentos das mesmas a níveis aceitáveis, pois, salinidades maiores do que a cultura pode suportar, reduzem a taxa de seu crescimento.

Segundo Terada (1985) as premissas básicas para a seleção de um vegetal que irá ser cultivado com água proveniente de esgotos domésticos tratados devem ter, principalmente, grande resistência à poluição e à umidade, requisitos extremamente importantes, já que o lançamento dos esgotos é acumulativo no solo; que seja perene; que tenha as raízes profundas, as quais permitam um maior alcance da ação do sistema radicular do vegetal na utilização dos macro e microelementos; capacidade de proporcionar uma maior aeração do solo; ser resistente a longos períodos de imersão; fácil obtenção e manuseio.

De acordo com Mattos (2003) preferencialmente deve-se utilizar a composição de diversas espécies vegetais, em vez de aplicar-se uma só espécie. A composição deve representar um melhor potencial e um complemento de cada espécie resultando em um equilíbrio no sistema solo-planta adaptado às condições da disposição de esgotos.

Ainda segundo Mattos (2003) na irrigação com água residuária, a escolha do método de irrigação deve ser considerada, tendo em vista os riscos à saúde dos trabalhadores e consumidores, o tipo de contaminação da cultura, as possíveis obstruções no sistema, os maus odores e a presença de aerossóis, além dos fatores econômicos, natureza do solo e sua topografia.

A irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato de água em gotas. O jato de água e o seu fracionamento são obtidos pela passagem da água sob pressão através de pequenos orifícios ou bocais. A água é aplicada às áreas por meio de

equipamento, tubulações, aspersores e conjunto moto-bomba, sendo este utilizado quando houver necessidade de vencer uma determinada altura manométrica.

Os aerossóis são definidos como partículas sólidas ou líquidas suspensas em um meio gasoso (CAVINATO, 1999). Essas partículas são transportadas pelo ar, apresentando tamanho que varia de 0,01 a 50  $\mu\text{m}$ . Os aerossóis produzidos por aspersores são, na sua maioria, não perceptíveis como aqueles existentes naturalmente no ambiente.

Segundo Paganini (1997) bactérias não podem ser detectadas em aerossóis a distâncias de dez ou mais metros, quando os esgotos a serem aplicados apresentarem concentrações inferiores a 1 000 microrganismos  $100 \text{ mL}^{-1}$  de amostra.

Hespanhol citado por Andrade Neto (1992), registra que uma distância de 50 a 100 metros de estradas e residências seja suficiente como proteção aos riscos reais dos aerossóis.

Os estudos realizados até o momento não indicam uma correlação definitiva entre exposição de aerossóis e doenças. Muitos deles indicam uma representativa incidência de doenças respiratórias e gastrintestinais em áreas que recebem, frequentemente, aerossóis resultantes da aplicação de esgoto. Essa incidência pode ser resultante de outros fatores concorrentes (PAGANINI, 1997).

No Brasil, estima-se que 60% das internações hospitalares estejam relacionadas às deficiências do saneamento básico, que geram outras conseqüências de impacto extremamente negativo para a qualidade e expectativa de vida da população. Estudos indicam que cerca de 90% dessas doenças se devem à ausência de água em quantidade satisfatória ou à sua qualidade imprópria para consumo. Em outras localidades brasileiras tem sido comum a distribuição de água que não atende ao padrão de potabilidade vigente no país. Além de problemas operacionais, a escolha inadequada da tecnologia adotada no projeto na Estação de Tratamento de Água (ETA) acarreta sérios prejuízos à qualidade da água produzida (DI BERNARDO, 2000).

De acordo com Bastos e Mara (1993) a probabilidade de uma pessoa contrair uma doença transmissível depende de vários fatores básicos:

- . **Concentração:** quantidade de microrganismos patogênicos lançados na rota de transmissão;
- . **Latência:** necessidade que certos microrganismos têm de um intervalo de tempo desde a infecção até tornar-se infectivo;

- . **Persistência:** capacidade de sobrevivência do microrganismo no meio ambiente, extra hospedeiro, medida de tempo;
- . **Dose efetiva:** número de microrganismos necessários para provocar uma infecção;
- . **Susceptibilidade** da pessoa à doença, que por sua vez depende da reação individual, principalmente em função dos níveis de nutrição e imunidade, e do comportamento da comunidade relativa aos hábitos culturais e padrões higiênicos.

De acordo com Brito (1997) o risco real de um indivíduo ser infectado depende na verdade da combinação de vários fatores, dentre os quais pode-se destacar: a resistência dos organismos patogênicos ao tratamento de esgoto e às condições ambientais; dose efetiva; patogenicidade; suscetibilidade e grau de imunidade do hospedeiro, grau de exposição humana aos focos de transmissão.

Os fatores aliados à existência de outros modos de transmissão foram identificados por (Shuval et al., 1986 citado por Bastos, 1999) como a base para formulação de um modelo epidemiológico capaz de medir os riscos teóricos e potenciais de transmissão de doenças através da irrigação com efluentes.

Shuval et al. (1986), citado por Brito (1997), elaboraram a seguinte classificação para os microrganismos patogênicos em ordem decrescente, segundo sua capacidade de impor riscos sanitários:

- Alto risco: helmintos (ex: *A. lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *N. americanus* e *A. duodenale*);
- Médio risco: bactérias (ex: *V. cholerae*, *S. ryhi* e *Shigellae spp*) e protozoários (ex: *E. hystolitica* e *G. lamblia*);
- Baixo risco: vírus (ex: vírus entéricos e vírus da hepatite).

A transmissão de doenças a partir da irrigação de efluentes de acordo com os critérios da OMS, ou seja; da avaliação dos riscos reais, somente pode ser realizada com base em estudos epidemiológicos. Entretanto, tais estudos merecem maiores pesquisas, devido à sua complexidade, uma vez que exigem a comparação entre populações expostas e não expostas aos riscos associados com a irrigação de águas residuárias.

Dos trabalhos disponíveis, cabe destacar o estudo de Blumental et al. (1996), conduzido no México em que mostra o resumo das informações disponíveis sobre a

sobrevivência no solo e plantas de microorganismos patogênicos encontrados nos esgotos sanitários. Cabe ressaltar que tais informações são bastante genéricas, sendo que fatores locais poderão influenciar na sobrevivência dos microorganismos. Geralmente, pode-se dizer que as temperaturas mais elevadas, períodos de insolação mais prolongados, solos com boa capacidade de drenagem (arenosos), baixos teores de umidade, superfícies lisas da cultura irrigada, são fatores que concorrem para a redução da sobrevivência de microorganismos.

As recomendações da OMS não incluem padrões bacteriológicos para a água a ser utilizada em irrigação de maneira irrestrita, devido à ausência de evidências epidemiológicas de riscos de transmissão de doenças bacterianas e viróticas aos agricultores, no entanto, pesquisas realizadas levaram os autores acima citados a incluir uma recomendação adicional de um limite de 10 000 CF 100 mL<sup>-1</sup> para irrigação restrita.

#### **4.3.1 Microorganismos patogênicos presentes em águas poluídas**

As principais doenças de veiculação hídricas e/ou alimentos são causadas por agentes biológicos.

A história nos tem relatado numerosos casos de epidemias provocadas pelo consumo de água contaminada por diferentes agentes etiológicos. Nos Estados Unidos, entre 1990 e 1992, ocorreram 1 768 surtos de veiculação hídrica, afetando 472 228 indivíduos e ocasionando 1 091 mortes. Nos países em desenvolvimento infecções e doenças parasitárias, equivalem a 44% dos óbitos e 71% da mortalidade infantil. Estima-se que ocorram no mundo cerca de 900 milhões de casos de diarreia e aproximadamente 2 milhões de óbitos infantis por ano, associados ao consumo de água contaminada (WORLD DEVELOPMENT REPORT, 1992).

Consta ainda no relatório da OMS que 80% das doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são ocasionadas pela contaminação da água (WHO, 1989).



#### 4.3.1.1 *Salmonella*

Segundo Delazari (1998) o índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas e o de coliformes fecais é empregado como indicador de contaminação fecal. Torna-se importante ressaltar a existência de duas formas distintas, pelas quais as águas poluídas atingem um determinado corpo receptor (rio, baía, lago, laguna, reservatório, aquífero subterrâneo e o mar).

A primeira, denominada fonte ou poluição pontual, refere-se, como a poluição decorrente de ações modificadoras localizadas, é o caso, por exemplo, da desembocadura em um rio, de efluentes de uma estação de tratamento de esgotos domésticos ou industriais, ou mesmo, a saída de um tronco coletor de esgotos domésticos sem tratamento, ou ainda a saída no mar, de um emissário submarino.

A segunda, denominada poluição difusa ocorre devido a ação das águas da chuva ao lavarem e transportarem a poluição nas suas diversas formas espalhadas sobre a superfície do terreno (urbano ou não) para os corpos receptores. A poluição difusa alcança os rios, lagoas, baías, etc., distribuindo-se ao longo das margens, não se concentrando em um único local como é o caso da poluição pontual.

Doenças de transmissão hídrica e alimentares são ocasionadas por ingestão de alimento e/ou águas contaminadas por microorganismos, toxinas e outros agentes químicos ou físicos.

As *Salmonellas sp*, são o gênero de bactérias patogênicas que mais causam problemas com gravidade pela ingestão de águas ou alimentos contaminados. A água pode ser contaminada no próprio manancial (rio, lago ou poço), por tratamento inadequado ou contaminação da rede de distribuição, podendo a bactéria sobreviver por períodos prolongados em esgoto, água, alimento ou gelo, porém pode ser eliminada pelo uso de hipoclorito de sódio.

O gênero *Salmonella sp* indica a presença das mais importantes bactérias que causam intoxicações alimentares. A análise de *Salmonella sp*, coliformes fecais, coliformes totais, é usada no controle da qualidade dos produtos derivados do frango.

Os produtos de origem animal em geral, e em particular os de origem aviária, têm recebido por parte do consumidor uma grande dose de atenção e preocupação (NASCIMENTO et al., 1996). A *Salmonella sp* é o mais importante organismo em surtos

associados à carne de aves, sendo um dos mais importantes enteropatógenos humanos frequentemente associados a microbiota entérica das aves (DELAZARI, 1998).

Nos Estados Unidos e Europa a *Salmonella* é considerada um grave problema de saúde pública. De acordo com o Departamento de Agricultura daquele país, estima-se que há um ovo contaminado com *Salmonella sp* para cada 20 mil ovos, o que significa que naquele país cerca de 2,7 milhões de ovos, anualmente, podem conter essa bactéria.

No Brasil, embora sejam inúmeros os trabalhos publicados que indicam a importância da *Salmonella* como um problema de saúde pública, ainda são escassos os dados sobre a situação da “cepa” identificada e encaminhada para o Instituto Adolfo Lutz (IAL) para confirmação e sorotipagem.

A doença geralmente causa febre, cólicas abdominais e diarreia que pode apresentar grumos de sangue, dura entre 4 e 7 dias, e a maioria das pessoas se recupera apenas com a reposição de sais e líquidos. Contudo a diarreia pode ser severa, e o paciente pode necessitar de hospitalização. Geralmente é mais grave em idosos, crianças, gestantes e imunodeprimidos, podendo a infecção se disseminar através da corrente sanguínea para outros órgãos e causar a morte (CVE, 2000).

#### **4.4 Principais métodos de tratamento de águas residuárias**

A qualidade da água utilizada e o objetivo específico do reúso geralmente estabelecem os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, os custos de capital, operação e manutenção associados (HESPANHOL, 2003).

Numa primeira análise visual, pode parecer que a água utilizada para a irrigação possa apresentar padrões de qualidade física, química e biológica pior do que aquela a ser usada para abastecimento público. Na verdade, são vários os fatores que determinam a qualidade da água para irrigação. No entanto, alguns fatores são considerados mais importantes do que outros, em função de seus efeitos no solo e na planta (PATEMIANI e PINTO, 2001).

O tratamento sanitário de água para fins de irrigação é um processo dispendioso que, em geral, não é utilizado pelos agricultores. Entre os tipos de tratamentos disponíveis, a cloração é uma alternativa relativamente simples, embora de custo elevado, que pode reduzir sensivelmente a pressão infectante de patógenos na água. O uso de lagoas de sedimentação e oxidação é outra opção para o tratamento de água para irrigação (MAROUELLI et al., 2001).

Ainda segundo o autor, da área total de hortaliças irrigadas no Brasil, mais de 90% são realizadas por aspersão, que, embora seja o método de irrigação mais utilizado, não deve ser considerado ideal para todas as condições e capaz de atender a todos os interesses envolvidos. Tratando-se de irrigação de hortaliças, culturas muitas vezes consumidas “cruas”, é preciso tomar cuidado com a qualidade da água empregada para a aspersão, pelo contato direto da água com a cultura, podendo contaminá-la.

De acordo com Patemiani e Pinto (2001) a qualidade desejável para a água usada na irrigação varia em função dos tipos de culturas onde será aplicada. Culturas alimentícias, por exemplo, exigem uma qualidade de água superior à de culturas não-alimentícias.

O grau de pureza da água é alterado devido a diversos componentes presentes na mesma, podendo ser retratados de maneira generalizada de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas. Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água (BISCARO, 2003). A Tabela 1 representa as principais características físicas, químicas e biológicas da água.

**Tabela I** – Principais características físicas, químicas e biológicas da água.

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

*Fonte: Von Sperling (1996).*

A ocorrência ou não de problemas com o uso de água de pior qualidade em irrigação está ligada a aspectos do solo, clima e da cultura, bem como às características do método de irrigação utilizado e à habilidade e aos conhecimentos do usuário da água no estabelecimento de sua estratégia de manejo do sistema. Portanto, a qualidade da água pode ou não ser um fator limitante à irrigação, desde que o agricultor esteja ciente de como proceder para evitar problemas (DOMINGUES, 2005).

Ainda segundo Domingues (2005) o Brasil com a segunda área potencial irrigável do mundo – 55 milhões de hectares, tem apenas uma pequena parcela de suas terras agricultáveis dedicadas à irrigação – 3 milhões de hectares, o que representa apenas 1% da área total irrigada no mundo. Atualmente, a agricultura depende de suprimento de água a um nível tal, que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento.

Se por um lado a prática da irrigação permite ampliar a oferta de alimentos com menor expansão da fronteira agrícola, possibilitando a preservação ambiental das áreas não ocupadas, por outro é a maior usuária de água – estima-se que no mundo 70% da água captada dos rios e lagos é utilizada na agricultura irrigada, sendo que apenas 40% dessa água chega às raízes das plantas, ainda que parcela representativa retorne para a bacia como água subterrânea ou por escoamento superficial.

Avalia-se que cerca de 10 bilhões de litros de esgoto por dia são jogados diretamente nos cursos d'água brasileiros. Informações obtidas pela Agência Nacional

de Energia Elétrica (ANEEL, 2002) junto a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Amazônia legal, demonstram que atualmente 49% do esgoto sanitário produzido no Brasil é coletado e, desse percentual, apenas 32% são tratados (FONSECA, 2002).

Ainda segundo Fonseca (2002) o efluente de esgoto tratado (EET) caracteriza-se por ser um material líquido que possui algumas características peculiares, diferenciando-o da água convencional. As principais diferenças em relação à água esta na presença de matéria orgânica expressa pela Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), macro e micronutrientes, metais pesados essenciais e não essenciais as plantas.

Para SOUZA et al. (2001), as águas residuárias tratadas quando lançadas em um corpo d'água ou mesmo infiltradas no solo, sofrem naturalmente diluição e aeração podendo, assim, ser novamente captadas, tratadas e reutilizadas como água potável.

Os métodos de tratamento de esgotos foram, inicialmente, concebidos como resposta à preocupação associada aos efeitos negativos causados pela descarga de efluentes no meio ambiente.

O tratamento biológico de esgotos e águas residuárias industriais é uma imitação de processos que ocorrem normalmente na natureza, denominado fenômeno da autodepuração. Essa técnica visa estabelecer a atividade de bactérias e microorganismos que se alimentam de matéria orgânica dos próprios resíduos; as bactérias, são os principais microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica presente nos esgotos.

Os processos biológicos de tratamento tem por principio básico reproduzir, as reações bioquímicas de oxidação da matéria orgânica por microorganismos que ocorreriam em corpos d'água receptores, antes do lançamento dos despejos nos mesmos.

De acordo com Naval et al. (2002) atualmente são utilizadas diversas tecnologias para o tratamento de águas residuárias. Os sistemas de tratamento mais comumente utilizados, que são projetados de acordo com as características principais dos despejos, da disponibilidade de área para o tratamento e da legislação referente ao local, são basicamente:

**a) Filtros biológicos:**

O filtro biológico é uma estrutura construída normalmente de concreto, que contém no seu interior um enchimento de materiais inertes como: pedras, plástico ou bambus, que serve de leito sobre o qual o esgoto é aspergido. O esgoto escorre através do leito, propiciando o desenvolvimento de uma população biológica que se acumula sobre o substrato do filtro sob forma de uma película de lodo, no interior do qual vivem os microorganismos aeróbios e anaeróbios, que consomem a matéria orgânica (MANCUSO, 2003).

**b) Lodo ativado:**

O processo de lodos ativados constitui-se de um tanque de aeração e um decantador secundário. Consiste em se provocar o desenvolvimento de uma cultura microbiológica na forma de flocos (flocos ativados) em um tanque totalmente misturado (tanque de aeração), que é alimentado pelo efluente a tratar.

De acordo com Mancuso (2003) o tratamento de esgoto por lodos ativados é um processo biológico no qual o material orgânico é utilizado como alimento pelos microorganismos. Isso é feito por meio de agitação e aeração da mistura constituída de esgoto e lodo biológico (microorganismos) em tanques de aeração ou reatores. Logo após segue-se a separação do esgoto tratado por decantadores, chamados secundários, de onde uma parte do lodo retorna ao tanque de aeração, descartando-se o excesso.

**c) Lagoas de estabilização:**

No sistema de Lagoas de estabilização ou Lagoa de oxidação não existe nenhum meio artificial ou qualquer tipo de equipamento mecânico em operação, o processo se baseia na decomposição bacteriana aeróbica.

Segundo Mancuso (2003) sob essa denominação agrupam-se alguns processos de tratamento, tendo em comum o uso de reservatórios artificialmente construído, geralmente de pequena profundidade, delimitados por diques de terra, paredes de alvenaria ou escavados no próprio terreno, nos quais águas residuárias brutas ou pré-tratadas são estabilizadas por processos naturais onde se desenrolam os fenômenos responsáveis pelo tratamento de esgotos. Estes fenômenos consistem na decomposição da matéria orgânica pela

ação dos microorganismos, troca de gases com o ar atmosférico, mistura e decantação de partículas, além da ação da temperatura, vento, insolação e precipitação pluviométrica. São as denominadas lagoas aeradas, aeradas aeróbias, aeradas facultativas, anaeróbias, facultativas, maturação.

É o método que mais se aproxima dos processos de depuração existentes na natureza.

De acordo com Paganini (2003) as lagoas de estabilização são os sistemas de tratamento de esgotos sanitários e efluentes mais eficientes, em termos de remoção de microorganismos patogênicos e de nutrientes eutrofizantes.

#### **d) Disposição controlada no solo:**

A disposição no solo de efluentes de Estação de tratamento de esgotos (ETE) é uma técnica de reúso de águas, podendo se caracterizar como um sistema de tratamento. Destaca-se que tal tecnologia não pode ser caracterizada como um simples depósito indiscriminado e desordenado de resíduos, necessitando de monitoramento adequado (FERREIRA, 2003).

De acordo com Paganini (2003) embora seja mais comum dispor os esgotos e efluentes nos corpos d'água, a disposição no solo é uma alternativa ainda empregada de forma muito intensa. A aplicação de esgotos no solo é atualmente vista como uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, em regiões áridas e semi-áridas, sendo os maiores benefícios dessa tecnologia os aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública.

#### **e) Reatores anaeróbios (reator UASB):**

Além dos processos aeróbios de tratamento de esgoto, existem os processos anaeróbios, onde a decomposição da matéria orgânica é efetuada através de microorganismos anaeróbios. A biodigestão anaeróbia tornou-se uma opção viável para certos tipos de despejos, principalmente os mais facilmente biodegradáveis, tais como despejos de indústrias alimentícias e agro-industriais.

Este processo baseia-se em uma série de reações em sequência, desencadeada por uma cultura diversificada de microorganismos anaeróbios, os quais

promovem a redução das moléculas orgânicas mais complexas (como gorduras e proteínas) a estruturas moleculares mais simples (aminoácidos, ácidos orgânicos, aldeídos e álcoois).

De acordo com Bezerra et al. (1998) o tratamento de esgotos utilizando reator UASB (upflow anaerobic sludge blanket) – reator anaeróbio de manta de lodo, constitui um método eficiente e relativamente de baixo custo para se removerem matéria orgânica e sólidos em suspensão, diminuindo consideravelmente o potencial poluidor dos esgotos após o tratamento.

Considera-se como significativa desvantagem do uso do reator UASB sua baixa eficiência quanto à remoção de patógenos e nutrientes, devido principalmente ao baixo tempo de detenção hidráulica deste tipo de reator, em torno de 6 horas.

Muitos países situados em regiões áridas e semi-áridas, tais como o norte da África e o Oriente Médio, consideram esgotos e águas de baixa qualidade como parte integrante de seus recursos hídricos nacionais, equacionando sua utilização junto aos sistemas locais de gestão, urbanos e rurais (HESPANHOL, 2003).



## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Características e instalações do abatedouro de aves**

Com a finalidade de identificar o potencial de utilização da água residuária proveniente de abatedouros de aves em irrigação de culturas agrícolas, foram coletadas amostras de água, à montante (afluente) e a jusante (efluente) do sistema de tratamento implantado no local. Devido à importância e a potencialidade para uso de efluentes tratados para fins agrícolas, optou-se por fazer o levantamento em um abatedouro de aves de médio a grande porte, com capacidade de abater até 100 000 aves por dia, localizado no município de Pereiras, SP.

O abatedouro conta com um sistema de tratamento de efluentes, composto inicialmente por um removedor de gorduras e material sobrenadante e de quatro lagoas de estabilização arranjadas em série: 2 aeróbias (Figura 3), 1 anaeróbia (Figura 4) e a última lagoa de maturação (Figura 5). O Tempo de Detenção Hídrica (TDH) total é em torno de 20 dias, com uma área total de aproximadamente quatro hectares.



*Fonte: Minghini (2007)*

**Figura 3** – Lagoas de estabilização aeróbias em série.



*Fonte: Minghini (2007)*

**Figura 4** – Lagoa de estabilização anaeróbia.



*Fonte: Minghini (2007)*

**Figura 5 – Lagoa de maturação**

## **5.2 Período de coleta das amostras**

As amostras de água residuária para as análises, num total de seis, foram coletadas em diferentes dias e épocas do ano de 2007.

O período escolhido para as coletas foi em função da época do ano e também da obtenção de autorização por parte dos proprietários, sendo as mesmas efetuadas nos dias: 25/04 - outono; 23/05 – outono e 21/06 – inverno, entre as 8h e 10 h da manhã.

Verificados os primeiros resultados das análises, constatou-se a não necessidade de novas coletas, uma vez que, estes se mostraram constantes e conclusivos.

## **5.3 Locais e pontos de coleta das amostras**

As amostras foram coletadas em dois pontos distintos do abatedouro:

- O primeiro, na entrada do escoadouro à montante das lagoas de estabilização; isso após a passagem da água utilizada na limpeza das aves, já livre de partes sólidas maiores como: pele,

pena, vísceras, etc, por um sistema especial de filtros para coleta de sangue e resíduos sólidos; que são utilizados na fabricação de rações e produtos similares na região;

A figura 6 mostra o primeiro ponto de coleta das amostras, à montante (afluente) das Lagoas de estabilização.



*Fonte: Minghini (2007)*

**Figura 6** – Local de coleta (primeiro ponto).

- O segundo, na saída, à jusante das lagoas de estabilização.

A figura 7 mostra o segundo ponto de coleta das amostras, à jusante (efluente) das Lagoas de estabilização.



*Fonte: Minghini (2005)*

**Figura 7** – Local de coleta (segundo ponto).

#### **5.4 Cuidados gerais com os materiais de coleta**

Tomou-se o cuidado na ocasião das coletas, da utilização de 3 frascos de vidro de 100 mL para *Coliformes* e 3 frascos de vidros esterelizados para *Salmonellas sp*, e outros dois frascos para as demais amostras, bem como o uso de luvas estéreis, evitando-se assim a contaminação da amostra e segurança do manuseador.

##### **5.4.1 Acondicionamento das amostras**

Após serem coletadas, as amostras foram acondicionadas em gelo para maior segurança dos resultados na ocasião das análises.

## 5.5 Análises realizadas

Para caracterização da qualidade da água residuária, para fins de irrigação, foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, ferro, nitrito e nitrato, coliformes fecal e total, sólidos sedimentáveis, alumínio, turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), fósforo, *Salmonella sp*, macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn).

### 5.5.1 Procedimento de avaliação dos resultados

Os resultados foram comparados, principalmente, com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357, de 17 de março de 2005, para águas de classe 1, que são destinadas à irrigação de hortaliças consumidas cruas. Os valores dados pela Resolução podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores para águas de Classe 1 segundo Resolução nº 357/05 CONAMA.

Parâmetros	Valores
pH	6,0 a 9,0
Turbidez	Até 40 unidades termotolerantes
DBO	3 mg L <sup>-1</sup>
DQO	3,0 a 5,0 mg L <sup>-1</sup>
Sólidos Sedimentáveis	1 mg L <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup>
Ferro	0,3 mg L <sup>-1</sup>
Nitrato	10 mg L <sup>-1</sup>
Nitrito	1,0 mg L <sup>-1</sup>
Fósforo	0,020 a 0,025 mg L <sup>-1</sup>

Como a Resolução nº 357/05 CONAMA não estabelece valores limites para a Condutividade elétrica e para o Alumínio, essas variáveis foram confrontadas com valores sugeridos pela CETESB (2005) e pelo Ministério da Saúde – Portaria nº 1 469.

As Temperaturas do ar e da água foram medidas na hora da coleta das amostras.

## **5.6 Metodologias utilizadas para medição dos parâmetros**

### **5.6.1 Parâmetros determinados**

#### **5.6.1.1 No Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP – Botucatu – SP:**

##### **- Potencial hidrogeniônico (pH)**

A metodologia utilizada para determinação do pH foi o potenciométrico, utilizando-se de medidor de pH, modelo DMPH – 2, com leitura direta.

##### **- Condutividade Elétrica (CE)**

O instrumento utilizado na determinação da Condutividade elétrica foi o condutivímetro digital, modelo KM – 31.

O condutivímetro digital, modelo KM – 31, é um equipamento ideal para diversas aplicações, por sua versatilidade de funções e simplicidade de operações. Possui instruções auto-explicativas que mantém diálogo com o usuário, permitindo que se interaja na rotina do programa conforme as características do sistema a ser analisado.

##### **- Nitrato, Nitrito e Ferro**

Foram determinados, com o uso do espectrofotômetro, modelo DR/2010 – HACH, utilizando metodologia descrita no manual do aparelho de acordo com o

“Standard Method for the Examination of Water and Wastewater”, APHA (1995) conforme se segue:

- Nitrato: Método 8039 (Cadium Reduction Method) na faixa entre 0 a 30,0mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub>.
- Nitrito: Método 8507 (Diazotization Method) na faixa entre 0 a 0,300 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>2</sub>.
- Ferro: Método 8008 (Ferro Ver Method) abrangendo a faixa de 0 a 3,00 mg L<sup>-1</sup> de ferro.

#### **- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO padrão está associada à porção biodegradável da matéria orgânica de origem vegetal e animal e também àquela presente nos despejos domésticos industriais.

Para análise da DBO utilizou-se o Método da incubação por cinco dias em estufa para DBO à 20° C, com ou sem diluição.

- **Método A:** Método da incubação sem diluição – Aplica-se às águas superficiais pouco poluídas, que contêm microorganismos próprios e oxigênio suficiente para que, após cinco dias de incubação, ainda haja oxigênio na amostra.

- **Método B:** Método da incubação com diluição – Aplica-se às águas superficiais poluídas e águas residuárias, porém que não têm oxigênio suficiente para que, após cinco dias de incubação, ainda haja oxigênio dissolvido na amostra.

#### **- Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

Para análise da DQO, utilizou-se 2 mL da amostra, colocou-se em um Kit de reagente para DQO, em seguida colocou-se a mistura no aparelho por 2 h à 140° C. Após esfriar até a temperatura ambiente, a leitura foi feita em comprimento de onda de 420 nm no espectrofotômetro modelo DR/2010.



### **- Coliformes**

As bactérias do Grupo Coliformes indicam a possibilidade de contaminação de um corpo de água por bactérias patogênicas.

Coliformes fecais e totais – foram determinados com o emprego do método cromogênico com a utilização de reagente Colilert e cartelas próprias (APHA, 1995).

### **- Turbidez**

A turbidez de uma amostra é a presença de material em suspensão, o qual possui a propriedade de refletir a luz incidente. Assim, a quantidade de luz refletida pelas partículas em suspensão é a turbidez.

A determinação da turbidez foi feita por leitura direta no espectrofotômetro modelo DR/2010 – HACH, utilizando a metodologia descrita no manual do aparelho, expressa em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT).

### **- Sólidos sedimentáveis**

É a porção de sólidos em suspensão, que se sedimenta sob a ação da gravidade durante o período de 1 hora à partir de 1 litro da amostra mantida em repouso em um cone de Imhoff.

Seu objetivo é verificar o volume de material sedimentável existente na água. É um teste muito utilizado para se avaliar sistemas de tratamento de esgoto.

A determinação dos sólidos sedimentáveis foi feita da seguinte forma:

- Agitou-se o frasco contendo a amostra de água residuária a ser analisada, colocando-a em seguida, no Cone de Imhoff de 1 000 mL. Após um período de sedimentação de 45 minutos e com o auxílio de um bastão de vidro, agitou-se novamente a solução, para que os sólidos aderidos à parede do cone se sedimentassem por mais 15 minutos. A leitura foi feita diretamente em  $\text{mL L}^{-1} \text{h}^{-1}$ .

### 5.6.1.2 No Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas – FCA/UNESP

#### - Macro e micronutrientes

Todas as leituras foram feitas diretamente nas amostras de águas residuárias analisadas. A leitura do **N** foi feita através de Titulação com o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , a do **P** (total) através da Colorimetria do Metaranadato, a dos elementos **S** e **B**, através do Espectrofotômetro (leitura através da luz). Os demais elementos: K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, foram medidos através da Fotometria de absorção atômica.

### 5.6.1.3 No Laboratório de Microbiologia e Imunologia do Instituto de Biociências – IB – UNESP – Botucatu/SP

#### - *Salmonellas*

Para análise de detecção de *Salmonellas sp*, utilizou-se a seguinte técnica:

Uma alíquota de 25 mL da amostra foi homogeneizada em 225 mL de água peptonada a 1% (Difco) e incubada da 35° C por 24 horas. Em seguida, transferiu-se 1 mL do homogeneizado para um tubo de ensaio contendo 10 mL de caldo tetrionato com iodeto de potássio. O tubo foi incubado a 35° C por 24 horas. Outra alíquota de 0,1 mL foi transferida para um tubo com 10 mL de caldo Rapapport, sendo incubado a 42° C por 24 horas. Após este período, uma alçada de cada tubo foi semeada em placas de Petri contendo ágar XLD (xilose-lisina-desoxicolato – Difco) e ágar CHROMagar (Boplife), sendo as placas incubadas invertidas a 35° C por 24 horas. A seguir, as colônias características de *Salmonella* foram isoladas e repicadas para tubos de ensaio contendo ágar tripticase soja inclinado (TSA – Difco), sendo incubados a 35° C por 24 horas (Cepas Estoque). A partir das cepas estoque foram realizados os testes bioquímicos (Agar Tríplice Açúcar Ferro – TSI e Ágar Fenilalanina – Difco) para confirmação das cepas características.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Temperatura do ar e Temperatura da Água

A temperatura desempenha principal papel de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos (CETESB, 2005).

Na tabela 3 são apresentados os valores da temperatura do ar e da água, nos pontos de coleta designados para estudo.

**Tabela 3.** Valores da temperatura do ar (°C) e da água (°C) no local de coleta das amostras.

Dia e época da coleta	Temperatura do ar °C		Temperatura da água °C	
	montante	jusante	montante	Jusante
25/04/07 (outono)	31,0	31,0	28,0	28,0
23/05/07 (outono)	19,0	19,0	19,0	22,0
21/06/07 (inverno)	17,0	17,6	18,0	18,3

Notou-se ligeira queda na temperatura tanto do ar quanto da água nos locais de coleta das amostras, devido à chegada do inverno, no entanto, estas temperaturas estão longe daquelas que podem influenciar a sobrevivência de ovos de parasitas.

A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais ou usinas termoelétricas (CETESB, 2005).

Segundo Andreoli e Pegorini (1998), a temperatura ideal para destruir ovos de parasitas presentes nos corpos d'água, é de 60° C.

## 6.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O valor do pH não indica a quantidade de ácidos das amostras de água ou efluentes, indica intensidade de acidez ou de alcalinidade presente no corpo d'água.

De acordo com a Resolução nº 357/05 CONAMA, os valores de pH devem estar entre 6,00 e 9,00, para águas de Classe 1.

A Tabela 4 mostra os valores de pH obtidos nas amostras analisadas.

**Tabela 4.** Valores de pH encontrados nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Valores de pH obtido	
	montante	jusante
25/04/07 (outono)	7,36	7,78
23/05/07 (outono)	7,00	7,65
21/06/07 (inverno)	6,35	7,41

Evidenciou-se que os valores de pH relacionados na Tabela 4, se enquadram nos valores especificados pela legislação, estando entre os valores limites permitidos de águas residuárias para fins agrícolas.

## 6.3 Condutividade Elétrica (CE)

À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados na água, a condutividade elétrica de mesma aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2005).

A legislação em vigor (CONAMA, 2005) não determina valores para o parâmetro CE, porém, a CETESB, orienta no sentido de que quando os valores forem superiores a  $50 \mu\text{S cm}^{-1}$ , deve-se verificar outros fatores (esgoto doméstico, fertilidade do solo da região, utilização de insumos agrícolas, etc.) que podem influenciar os resultados.

A Tabela 5 mostra os valores da CE obtidos nas amostras analisadas.

**Tabela 5.** Valores da Condutividade elétrica encontrados nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Valores da Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	
	montante	Jusante
25/04/07 (outono)	3,78	3,14
23/05/07 (outono)	2,19	3,24
21/06/07 (inverno)	4,85	3,29

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 5, em todas as amostras analisadas, os valores da CE são baixos, evidenciando-se que a água analisada, apresenta baixa concentração de íons, o que a caracteriza como de má condutividade elétrica, e que houve poucas modificações na sua composição, principalmente na sua concentração mineral.

#### 6.4 Ferro

Conforme Resolução nº 357/05 CONAMA, o valor máximo permitido para concentrações de ferro presentes nas águas de Classe I deve ser de  $0,30 \text{ mg L}^{-1}$ .

A Tabela 6 mostra as concentrações de ferro nas amostras analisadas.

**Tabela 6.** Concentrações de Ferro nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Concentrações de Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	
	montante	jusante
25/04/07 (outono)	0,00	0,27
23/05/07 (outono)	0,09	0,20
21/06/07 (inverno)	0,07	0,19

Observando-se os resultados na Tabela 6 verifica-se que em todas as amostras analisadas, as concentrações de Fe estão dentro dos padrões permitidos pela legislação, não apresentando risco quanto à utilidade da água para fins de irrigação.

### 6.5 Nitrato e Nitrito

No sistema digestório dos animais, o nitrato pode se reduzir a nitrito dando origem a substâncias cancerígenas. Os produtores devem ser alertados a otimizar o uso de fertilizantes nitrogenados para evitar possíveis problemas de saúde pública.

As Tabelas 7 e 8 mostram as concentrações de nitrato e nitrito nas amostras analisadas.

**Tabela 7.** Concentrações de nitrato nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Concentrações de Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	
	montante	jusante
25/04/07 (outono)	-	5,80
23/05/07 (outono)	7,60	4,50
21/06/07 (inverno)	-	8,20

**Tabela 8.** Concentrações de nitrito nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Concentrações de Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ )	
	montante	jusante
25/04/07 (outono)	-	0,015
23/05/07 (outono)	0,005	0,030
21/06/07 (inverno)	-	-

Pela Resolução nº 357/05 CONAMA, o valor máximo de nitrato é de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  e para nitrito é de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ . Com base nesta informação, pode-se observar que as concentrações de nitrato e de nitrito encontradas, cujos valores estão representados na Tabela 7 e 8 respectivamente, estão dentro dos parâmetros estabelecidos. Os valores acima deste padrão podem ser atribuídos ao uso de fertilizantes nitrogenados na área na forma de nitrato, já que esta forma é muito utilizada por ser mais estável no solo, não sendo esta a situação observada.

Por este parâmetro, é viável a utilização da água residuária analisada para fins agrícolas.

### 6.6 Coliformes

A Resolução nº 357/05 CONAMA estabelece que para águas de classe 1, o valor de coliformes fecais não pode ultrapassar 200 NMP, no entanto, não especifica valores limites para presença de coliformes totais.

A Tabela 9 relaciona os valores de coliformes fecal e total nas amostras analisadas.

**Tabela 9.** Número de Coliformes fecais e totais nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Número de Coliformes fecais e totais (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	> 2419,2	> 2419,2
23/05/07 (outono)	> 2419,2	>2419,2
21/06/07 (inverno)	>2419,2	>2419,2

Observou-se, pelos resultados das amostras analisadas na Tabela 9, que o número de coliformes fecais, está muito acima do limite máximo permitido na Resolução nº 357/05 CONAMA. Os valores de coliformes totais também encontram-se altos (> 2429,2), valores máximos de leitura do aparelho, evidenciando-se grande presença de coliformes. De acordo com os valores detectados para este parâmetro, a qualidade da água residuária analisada não está adequada para fins de irrigação agrícola, sendo classificada como imprópria para utilização em irrigação de hortaliças que são consumidas cruas. Portanto, a produção de hortaliças utilizando métodos de aspersão fica comprometida, a não ser que haja tratamento ou desinfecção da água dessa fonte.

### 6.7 Sólidos sedimentáveis

A Resolução nº 357/05 CONAMA, determina limite padrão de 1 mg L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, para águas de Classe 1.

Na Tabela 10 encontram-se os volumes de sólidos sedimentáveis obtidos nas amostras analisadas.

**Tabela 10.** Volume de Sólidos sedimentáveis nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Volume de Sólidos sedimentáveis (NMP L <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	32	0
23/05/07 (outono)	8,5	0
21/06/07 (inverno)	45	0



Observou-se pela tabela 10, que o volume obtido de sólidos sedimentáveis nas 3 amostras analisadas à montante das lagoas de estabilização estão bem acima do limite padrão estabelecido pela legislação, podendo ocasionar problemas de entupimento de emissores se utilizada em irrigação. Verificou-se à montante (afluente), elevada quantidade de resíduos sólidos liberados na água por ocasião da lavagem das aves, mostrando que houve alguma falha no sistema de coleta de sangue e sólidos (filtros) instalados antes das lagoas de estabilização. Os valores de sólidos sedimentáveis encontrados à jusante (efluente), evidenciam grande eficiência no sistema de tratamento da água residuária quanto à retenção de resíduos, já que estes reduziram-se a zero.

### 6.8 Alumínio

É abundante em rochas e minerais, sendo considerado um elemento constituinte, podendo também ser encontrado dissolvido em águas residuárias.

De acordo com a Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido nas águas de Classe I é de 0,2 mg L<sup>-1</sup>.

A Tabela 11 mostra as concentrações de Alumínio obtidas nas amostras analisadas

**Tabela 11.** Concentrações de Alumínio nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Concentrações de Alumínio (mg L <sup>-1</sup> )	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	-	0
23/05/07 (outono)	-	-
21/06/07 (inverno)	-	0

A Tabela 11 mostra que as concentrações deste elemento nas amostras analisadas, apresentaram valores bem abaixo do valor limite estabelecido pelo Ministério da

Saúde, não sendo nem mesmo detectadas pelo aparelho, evidenciando-se, que o efluente analisado, de acordo com este parâmetro, pode ser utilizado para fins de irrigação.

### 6.9 Turbidez

A Resolução nº 357/05 CONAMA, determina para águas de Classe 1, até 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT).

A Tabela 12 mostra os valores da Turbidez obtidos nas amostras analisadas.

**Tabela 12.** Valores da Turbidez nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Turbidez (UNT)	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	11	23
23/05/07 (outono)	15	25
21/06/07 (inverno)	36	27

Todas as amostras analisadas na Tabela 12, encontram-se abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução nº 357/05 CONAMA sendo que, apenas 1 dessas amostras, com valor (36 UNT) ficou próxima do valor máximo estabelecido pela referida legislação, evidenciando-se, maior quantidade de partículas sólidas dispersas na amostra analisada no momento da coleta.

De acordo com este parâmetro, a água residuária analisada pode ser utilizada para fins agrícolas.

### 6.10 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo Resolução nº 357/05 CONAMA, o limite padrão estabelecido para o consumo de O<sub>2</sub> no processo de oxidação em um período de 5 dias a 20° C é de 3 mg L<sup>-1</sup> (DBO).

A Tabela 13 mostra os valores obtidos de DBO nas amostras analisadas.

**Tabela 13.** Valores de DBO nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> ).	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	1.460	335
23/05/07 (outono)	1.495	416
21/06/07 (inverno)	3.650	612

Evidencia-se, principalmente à montante (afluente), valores muito superior ao limite padrão estabelecido, compreensivo pela emissão de grande quantidade de matéria orgânica no corpo d'água, comprometendo a qualidade da água residuária para descarte direto em rios ou demais corpos hídricos naturais, porém, não compromete por este parâmetro, a sua viabilidade para irrigação.

### 6.11 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Resolução nº 357/05 CONAMA, estabelece um limite padrão para DQO de 3 a 5 mg L<sup>-1</sup>.

A Tabela 14 mostra os valores obtidos de DQO nas amostras analisadas.

**Tabela 14.** Valores de DQO nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Demanda Química de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> ).	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	2 874	1 061
23/05/07 (outono)	2 726	1 140
21/06/07 (inverno)	4 871	1 174

Pelos resultados apresentados na Tabela 14 verifica-se elevados valores de DQO, concordando com o que já foi discutido para DBO. As amostras apresentam material orgânico, que pode levar ao comprometimento de corpos hídricos, porém da mesma forma que o parâmetro anterior, isso não impede o aproveitamento desta água para fins de irrigação.

### 6.12 Fósforo (P)

Segundo a Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo, o Fósforo (P) aparece em ambientes naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente, constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas.

Alguns efluentes industriais como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidade excessiva.

De acordo com a legislação (CONAMA, 2005) o valor padrão estabelecido encontra-se entre 0,020 e 0,025 mg L<sup>-1</sup>.

**Tabela 15.** Concentrações de Fósforo nas amostras analisadas.

Dia e época de coleta	Concentrações de Fósforo (mg L <sup>-1</sup> ).	
	Montante	jusante
25/04/07 (outono)	110,88	115,38
23/05/07 (outono)	70,88	110,38
21/06/07 (inverno)	202,88	112,38

Pelos resultados observados, na Tabela 15, verificou-se uma elevada concentração deste nutriente nas amostras analisadas, não recomendando o descarte desta água residuária diretamente em corpos hídricos, podendo causar sérios problemas como eutrofização. No entanto, o aproveitamento desta água para fins de irrigação é viável, pois o fósforo, é um importante macronutriente para as plantas.

### **6.13 *Salmonellas* sp**

A Resolução CONAMA 2005, não determina um limite padrão quanto ao número de bactérias existentes em corpos d'água, cabendo a órgãos do Ministério da Saúde, a vigilância e a notificação compulsória bem como o encaminhamento da “cepa” identificada para o Instituto Adolfo Lutz (IAL).

Em todas as amostras analisadas, não foram encontradas bactérias do gênero *Salmonellas*, não havendo risco de contaminação do irrigante ou do produto agrícola com o uso desta água em irrigação.

### **6.14 Macro e micronutrientes**

Os nutrientes analisados e apresentados na Tabela 16 são importantes no desenvolvimento de plantas, devendo ser adicionados na forma de fertilizantes, quando necessários, sendo benéfico do ponto de vista do desenvolvimento vegetal a sua presença na água de irrigação.

A Tabela 16 mostra as concentrações de macro e micronutrientes obtidos nas amostras de águas residuárias coletadas no abatedouro de aves e, em experimento realizado com água residuária de estação de tratamento de efluentes, em Espírito Santo do Pinhal - SP

**Tabela 16.** Concentrações de macro e micronutrientes nas amostras analisadas e na Estação de tratamento em Espírito Santo do Pinhal – SP (HUSSAR et.al. (2005), adaptado).

Elemento Químico	Concentrações (mg L <sup>-1</sup> )		Concentrações (mg Kg <sup>-1</sup> )
	Montante	Jusante	
N	77	76	456,4
P	33	31	81,5
K	65	71	73,4
Ca	23	17	52,0
Mg	4	3	7,5
S	30	35	63,5
B	1,19	1,02	1,5
Cu	0,08	0,02	0,10
Fe	0,43	0,21	0,24
Mn	0,01	0,01	0,10
Zn	0,08	0,02	0,10

N Tabela 16, comparou-se os resultados obtidos, com os valores apresentados de macro e micronutrientes em experimento realizado por Hussar et al. (2003), com água residuária de uma estação de tratamento de efluentes, em Espírito Santo do Pinhal – SP, para se determinar o efeito dos mesmos na fertirrigação da beterraba.

Notou-se através de comparação das concentrações de macro e micronutrientes obtidos nos diferentes experimentos, que apesar das águas residuárias serem provenientes de diferentes métodos de tratamento de efluentes, o primeiro – **Lagoas de Estabilização**, e o segundo – **Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)**, apresentaram expressivos valores comparativos entre si, quanto às concentrações de macro e micronutrientes, evidenciando-se a importância da qualidade nutricional dos referidos efluentes não só na aplicação da cultura da beterraba, como possivelmente na grande maioria das culturas agrícolas.

O uso do efluente analisado (água residuária) em irrigação agrícola, torna-se viável, mostrando a importância do reúso de águas residuárias tratadas na irrigação agrícola, devido principalmente às concentrações de nutrientes nelas apresentados, influenciando beneficemente na complementação ou mesmo na substituição da adubação química, podendo assim, beneficiar a produção.

## 7 CONCLUSÕES

Analisando-se os resultados obtidos, pode-se concluir que, de uma forma geral, as águas residuárias analisadas, encontram-se em condições de serem utilizadas para irrigação, após simples desinfecção.

- Observou-se que os parâmetros: Temperatura, pH, Condutividade elétrica, Ferro, Nitrato, Nitrito, Alumínio, Turbidez, *Salmonellas*, Macro e Micronutrientes, apresentam valores dentro dos padrões limites estabelecidos pela legislação no que se refere a águas de reúso para irrigação;
- Quanto as análises de Coliformes fecais e Coliformes totais, as águas residuárias analisadas, apresentam valores acima do permitido por lei, representando risco à saúde pública, por contaminação do produtor e dos produtos agrícolas;
- Para os parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), apesar de apresentarem valores superiores aos padrões legais, não comprometem a viabilidade de reúso da água residuária analisada para irrigação agrícola;
- A elevada concentração de Fósforo nas amostras analisadas, apresentando valores superiores ao limite estabelecido pela legislação, evidencia que, a água residuária analisada não deve ser descartada em corpos hídricos naturais, devido principalmente a problemas de eutrofização;



- Valores de Sólidos Sedimentáveis elevados à montante afluente) e reduzidos a zero à jusante (efluente) das lagoas de estabilização, justificam grande eficiência no sistema de tratamento da água residuária local, quanto à retenção de resíduos sólidos.

Especial atenção deve ser dada aos parâmetros analisados: presença de Coliformes fecais e Coliformes totais e o de sólidos sedimentáveis, por estarem relacionados com a incidência de doenças, principalmente para irrigação de hortaliças consumidas “*in natura*”.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, C. O. **O uso de esgotos sanitários e efluentes tratados na irrigação.** In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 9, 1992. Anais do IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza: ABES, 1992.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. **Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto.** In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.281-312.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1995. 1137p.

ARAÚJO, A. et al., **Reuso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivadas com alface (*Lactuca sativa L.*).** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 20, 2000. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro – RJ: ABES, 2000.

ASANO, T.; LEVINE, A. C. Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future. **Water Science Technology.** V.33, n. 10, p. 1-14, 1996.

ASANO, T.; PETTYGROVE, G. **Manual Practico de Riego com Água Residual Municipal Regenerada.** Catalunya: Edicions de la Universitat Politècnica Madrid, 1990. 481p.

BASTOS, R. K. X. **Utilização agrícola de esgotos sanitários.** Apostila de Curso, ABES. Recife, 1999.116p.

BASTOS, R. K. X. **Fertirrigação com águas residuárias.** In: **Workshop de Fertirrigação. Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças,** 1./ Marcos Vinícius Folegatti, coord. – Guaíba: Agropecuária, p. 279-291, 1999.

BASTOS, R. K. X. e MARA, D. D. **Avaliação dos Critérios e Padrões de Qualidade Microbiológica de Esgotos Sanitários tendo em vista sua Utilização na Agricultura.** In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 17, 1993. ANAIS, Natal-RN.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6 ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.

BEZERRA, S. M. C. **Influência do Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) sobre a auto-inoculação na partida de um reator UASB tratando esgoto sanitário.** 1998. 143 f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Pb, 1998.

BISCARO, G. A. **Utilização de águas receptoras de efluentes urbanos em sistemas de irrigação localizada superficial e subsuperficial na cultura da alface americana (*Lactuca sativa L.*).**2003. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

BLUMENTAL, U. J.; MARA, D. D.; AYRES, R. M. **Evaluation of the WHO Nematode Egg Guidilines for Restrired and Unrestricted Irrigation.** Water scence Techonology, v. 33. n. 10 – 19, 1996. p. 277– 83.

BRAILE, P. M. e CAVALCANTI, W. A. **Manual de tratamento de Águas Residuárias Industriais.** CETESB, São Paulo-SP, 1993. 763 p.

BRANCO, S. M. **Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária.** 3 ed. São Paulo: CETESB/AsCETESB, 1986. 640p.

BREGA FILHO, D. B.; MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reúso de água.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de água.** Barueri: Manole, 2003. p. 125-174.

BRITO, L. P. **Investigacion sobre reutilizacion de águas residuales para fines urbanos (recreativos y limpieza viária), com vistas a ustificar uma proposta de normativa.** Tesis doctoral. Madri: Universidade Politécnica de Madrid, 1997. 321 p.

BRITO, L. P. **Reutilizacion de água residual depurada.** Natal (RN): Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 2000. 209p.

CAVINATO, V. M. **Dispersão de Aerossóis em Valos de Oxidação.** Revista de Saneamento Ambiental. Ano 10. n. 56, p. 46-50, mar.1999.

CETESB, **Qualidade da água.** Disponível em: <<http://www.CETESB.sp.gov.br/Agua /rios/curiosidades.asp>> Acesso em: 16 mar. 2007.

CVE - **Centro de vigilância Epidemiológica.** Divisão de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DDTHA). 2000. Disponível em: < <http:// www.cve.saude.sp.gov.br> > Doenças

transmitidas por Água e Alimentos. Sistema de Informação. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde. Acesso em: 19 out. 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. 2 ed.; Belo Horizonte, MG: UFMG: Projeto PROSAB; 2001, 544p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Classifica as águas doces, salobras e salinas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 de março de 2005.

CONTE, M. de L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: Editora UNESP, 2001. 144 p.

DELAZARI, I. **Aspectos microbiológicos ligados a segurança e qualidade da carcaça de aves**. In: Semana Acadêmica Veterinária, 8., 1998, São Paulo. Anais. São Paulo: 1998. p. 71-77.

DIAS, E. R. de A. **Preservação da água – questão de sobrevivência**. In: Jornal da Agricultura Orgânica, Rio de Janeiro, jul. 2000.

DI BERNARDO, L. **Tecnologias de tratamiento de água con filtración rápida**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SELECCIÓN DE TECNOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA, 2000, Santiago de Cali, Peru.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. 1 ed. São Carlos: Rima, 2002, 237p.

DOMINGUES, A. F. **Agricultura Irrigada e o Uso racional da água**. In: Seminário “O Estado da arte da agricultura irrigada e as modernas tecnologias no uso racional da água na irrigação”- ANA – Superintendência – Brasília, 2005. p.7-19.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575 p.

FERREIRA, R. A. R.; NISHIYAMA, L. **Uma revisão sobre a disposição controlada de lodo de esgotos no solo**. In: II Simpósio Regional de Geografia “**Perspectivas para o cerrado no século XXI**”. Universidade federal de Uberlândia – Instituto de Geografia – 26 a 29 de nov. 2003.

FIGUEIREDO, S. V. de. Conflito relativo ao uso de água. In: SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: UFV, 1997. p. 37-44.

FINOTTI, P. Projeto Climágua: **Aplicação de águas tratadas em ETE para irrigação de vegetais**. Ribeirão Preto, 2004.

FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação**: citrus, flores e hortaliças. Agropecuária. 458p. Guaíba, 1999.

FONSECA, A. F. da. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FRAVET, A. M. M. F. de. **Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu – SP e Saúde Pública**. 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

GEOCITIES – 2005. <<http://www.geocities.com/wwwweibull/Param.htm?200626>. Acesso em: 16 mar. 2007.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil**: agricultura, indústria e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 37-96.

HUSSAR, G. J. et al. **Efeito do uso do efluente de Reator Aeróbio Compartimentado na Fertirrigação da Beterraba**. Espírito Santo do Pinhal SP. In: **Eng. Ambiental** – v.2, p. 35-45, jan.- dez. 2005.

MACHADO, C. J. S. **Reúso da Água doce**. In: Conselho Estadual de Recursos hídricos. Rio de Janeiro, set. 2005.

MAGALHÃES, N. F. et al. **Principais impactos nas margens do baixo Rio Bodocongá – PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgotos**. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2001, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: ABES, 2001. p. 1-10.

MANCUSO, P. C. S. **Tecnologia de reúso da água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p. 291-338.

MAROUELLI, W. S.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; **Irrigação por Aspersão em hortaliças/Qualidade da água, Aspectos do Sistema e Método prático de manejo**. Embrapa. Informações Tecnológicas/Brasília, DF, 2001, 111p.

MATTOS, K. M. C. **Viabilidade da Irrigação com Água Contaminada por Esgoto Doméstico na Produção Hortícola**. 2003, 151f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, J. A. A. Avaliação do manejo de irrigação no perímetro irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 80-84, 2003.

MORELLI, L. Coordenadoria geral da Defensoria da Água. In: **I Semana Brasileira de Economia e Contabilidade Ambiental**. Brasília/DF, 2004.

MONTE, M. M. do. **Gestão de Águas Residuais Tratadas para Rega de Campos de Golfe**. Instituto Superior Técnico. Lisboa, PORTUGAL: 2001. Disponível em: <<http://meteo.ist.utl.pt/~jjdd/LEAMB/LEAmb%20TFC%20site%20v1/2000-2001/MMonte%20relatório.pdf>> Acesso em: 16 março de 2007.

NASCIMENTO, V. O. et al. Qualidade microbiológica dos produtos avícolas. In: **Simpósio Goiânio de Avicultura**, 2., 1996, Goiânia. **Anais...**Goiânia: 1996. p. 13-17.

NAVAL, L. P. et al. **Avaliação da emoção de matéria orgânica em diversos sistemas de tratamento de esgoto operando em escala real**. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancun, México, 27 al 31 oct. 2002.

OLIVEIRA, R. A. et al. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico Vermelho-Amarelo**. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 263-267, 2002.

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

PAGANINI, W. S. **Reúso da água na agricultura**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (editores). **Reúso da água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 339-402.

PATEMIANI, J. E. S.; PINTO, J. M. **Qualidade da água**. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. C. Irrigação série Engenharia Agrícola. Ed. Piracicaba: FUNEP/SBEA, 2001, v.1, p. 195-253.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole LTDA, 1990, primeira edição, 188p.

REY, L. Tênia e teníases. **Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nas Américas e África**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 519p.

SAMPAIO, S. C. et al. Perda de carga contínua em tubulações conduzindo água residuária da suinocultura. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental. Campina Grande, v.5, n.3, p. 391-396, 2001.

SANTOS, A. D. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo**. 2003. 265f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOCCOL, V. T.; PAULINO, R. C. **Riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, P. A. (Eds). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 245 – 258.

SOUSA, J. T. de et al. **Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental**. Revista de Biologia e Ciências da Terra. Suplemento especial, v.1, 2º semestre 2006, p. 90-97.

TERADA, M. et al. **Tratamento de esgotos doméstico por disposição no solo com utilização de gramíneas**. Revista DAE, V. 45, n. 142, p. 249-254, set. 1985.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 240 p.

WHO - World Health Organization. **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture**. Geneva, 1989.

WORLD DEVELOPMENT REPORT – WDR. **Development and the environment**. Oxford, University Press, 1992. 134p.