

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**CULTIVO DE TILAPIA DO NILO EM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COM  
DIFERENTES TAXAS DE ALIMENTAÇÃO.**

**EMANUEL SOARES DOS SANTOS**

**FORTALEZA-CEARÁ-BRASIL  
JUNHO/2008**

**CULTIVO DE TILAPIA DO NILO EM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COM  
DIFERENTES TAXAS DE ALIMENTAÇÃO.**

**EMANUEL SOARES DOS SANTOS**

**DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida à coordenação do  
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Pesca da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Pesca.**

**FORTALEZA-CEARÁ-BRASIL  
JUNHO/2008**

Esta Dissertação foi submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Pesca, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A transcrição de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

---

Emanuel Soares dos Santos

DISSERTAÇÃO APROVADA EM \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Professor Doutor Manuel Andrade Furtado Neto  
Presidente

---

Professor Doutor Moisés Almeida de Oliveira  
Conselheiro

---

Professor Doutor Suetônio Mota  
Conselheiro

---

Professora Doutora Marisete Dantas de Aquino  
Conselheira

## DEDICATÓRIA

**Dedico esta dissertação as famílias;**

**A família que me recebeu,**

**pois me aceitaram como eu sou e me ajudaram sempre.**

**Vocês estão diretamente ligados a esta vitória.**

**A família que me formou,**

**pois é graças a eles que sou quem eu sou.**

***Mãe, eu te amo, obrigado por tudo!***

**A família que eu formei,**

**Pois são a razão da minha vida, minha motivação,**

**É por vocês que não vou parar de crescer.**

**Especialmente ao meu filho Miguel que se juntou neste ano a mim, Karla e**

**Malú, deixando esta família ainda mais completa.**

***Abençoa Senhor as famílias...***

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que estiveram direta ou indiretamente envolvidos na realização do experimento desta dissertação.

Aos integrantes da rede PROSAB, em especial aos bolsistas que realizaram as análises de água no LABOSAN. A todos professores da UFC envolvidos no Edital PROSAB 5, em especial ao Professora Dr. André Bezerra dos Santos. Aos colaboradores que proporcionaram todo apoio e suporte necessários para execução dos experimentos, dentre estes gostaria de agradecer de forma enfática ao Diassis, meus dois braços nas rotinas de campo.

A ASTEF – Associação Técnico Científica Engenheiro Paulo de Frontim, pela concessão da minha bolsa desde o ano passado.

A equipe do Laboratório de Microbiologia do LABOMAR, coordenados pela Professora Dra. Regine F. Vieira, que realizaram as análises microbiológicas no decorrer de todos os anos de pesquisa que realizamos.

A Professora Dra. Silvana Saker Sampaio, pelas horas dedicadas a me ensinar a trabalhar com os dados coletados, realizar as análises estatísticas e a interpreta-los da maneira com que nesta dissertação estão expostos.

Ao Professor Dr. Moisés Almeida de Oliveira, pelo encaminhamento e orientações desde o início da minha jornada no mundo acadêmico.

Ao Professor Dr. Suetônio Mota, pelo apoio em todos as horas, pois sempre, de alguma forma, fazia com que toda e qualquer necessidade fosse suprida para a execução dos experimentos no decorrer dos anos em que venho trabalhando junto a ele. Espero que estes anos perdurem com muita saúde.

A Professora Dra. Marisete Dantas de Aquino, pelo amparo dado nos momentos de aflição, durante o tempo de tribulação sofrido por nossa equipe.

A todos os meus amigos, e especialmente ao MSc. David Araújo Borges, grande colaborador e companheiro durante todos estes anos dentro e fora de aula.

**SUMÁRIO**

<b>RESUMO</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivo Geral</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Objetivos Específicos</b>	<b>6</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>7</b>
<b>2.1. A Aquicultura</b>	<b>7</b>
2.1.1. A Piscicultura	<b>9</b>
2.1.2. Sistemas de Produção em Piscicultura	<b>10</b>
2.1.3. Qualidade de Água em Piscicultura	<b>13</b>
2.1.3.1. <i>Temperatura</i>	<b>14</b>
2.1.3.2. <i>pH</i>	<b>15</b>
2.1.3.3. <i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i>	<b>16</b>
2.1.3.4. <i>Nitrato</i>	<b>19</b>
2.1.3.5. <i>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i>	<b>20</b>
<b>2.2. Reúso de Água</b>	<b>21</b>
<b>2.3. Reúso de Água na Piscicultura</b>	<b>26</b>
2.3.1. A Escolha da Espécie	<b>29</b>
2.3.2. As Tilápias	<b>30</b>
2.3.3. Qualidade do Pescado Produzido	<b>35</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>39</b>

<b>3.1. Descrição do Experimento</b>	<b>39</b>
<b>3.2. Área de trabalho</b>	<b>39</b>
<b>3.3. Protocolos experimentais</b>	<b>43</b>
3.3.1. Hipóteses Testadas	43
3.3.2. Acompanhamento dos Parâmetros de Qualidade de Água	44
3.3.3. Povoamento e Biometrias	45
3.3.4. Curvas de Crescimento	46
3.3.5. Acompanhamento da Capacidade Produtiva	47
3.3.6. Qualidade do Pescado Produzido	47
3.3.7. Análises Estatísticas	48
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>49</b>
<b>4.1. Acompanhamento da Qualidade de água</b>	<b>49</b>
4.1.1. Temperatura	49
4.1.2. pH x Nitrito	50
4.1.3. OD x DQO	54
<b>4.2. Curvas de Crescimento</b>	<b>61</b>
<b>4.3. Taxa de Sobrevivência</b>	<b>66</b>
<b>4.4. Acompanhamento da Capacidade Produtiva</b>	<b>69</b>
4.4.1. Parâmetros Zootécnicos	70
4.4.1.1. <i>Crescimento em Comprimento (cm/peixe)</i>	70
4.4.1.2. <i>Ganho de Peso (g/peixe)</i>	71
4.4.1.3. <i>Ganho de Biomassa (g/m<sup>3</sup>)</i>	73
4.4.1.4. <i>Produtividade (kg/ha/dia)</i>	75
4.4.1.5. <i>Conversão Alimentar</i>	76
<b>4.5. Qualidade do Pescado Produzido</b>	<b>78</b>



<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>80</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>82</b>

## RESUMO

A distribuição de água é muito desigual tanto em geografia quanto em precipitação ao longo do ano, fazendo com que este recurso esteja aquém das necessidades da população. O que nos faz considerar a prática do reúso de águas como uma das saídas para a problemática da oferta hídrica. Esta pesquisa tentou desenvolver a melhor metodologia de cultivo para a aplicação da piscicultura com uso de esgoto tratado. Utilizou-se nove (09) viveiros com 50m<sup>3</sup> de volume cada, que foram abastecidos com esgoto doméstico tratado para o cultivo de tilápia do Nilo, em três tratamentos experimentais; 1° Tratamento, não foi ofertada ração; 2° Tratamento, foi ofertada 50% da ração indicada pelo fabricante; 3° Tratamento, foi ofertada 100% da ração indicada pelo fabricante. Foram acompanhados os seguintes parâmetros de qualidade de água: Temperatura, pH, OD, Nitrito e DQO. A partir dos dados colhidos nas biometrias foram analisados os parâmetros de crescimento, em comprimento total (cm/peixe), peso (g/peixe) e biomassa (g/m<sup>3</sup>); nos quais foi feita a análise estatística ANOVA e o Teste de *Tukey*; além da produtividade (kg/ha/dia) e taxa de Conversão Alimentar (CA). Foram realizadas análises microbiológicas do pescado produzido. Dentre os parâmetros de qualidade de água o OD e a DQO apresentaram variações extremas, em que, o OD chegou a 1,79mg/l; e a DQO em 494,0 mg/l. Para o crescimento em comprimento (cm/peixe) o Tratamento 2 apresentou o melhor resultado, sendo estatisticamente diferente dos outros dois tratamentos. Para o ganho de peso (g/peixe) o Tratamento 2 apresentou o melhor resultado, porém, é estatisticamente semelhante ao Tratamento 1, que, por sua vez, é semelhante ao Tratamento 3. Para o ganho de biomassa (g/m<sup>3</sup>) o Tratamento 2 obteve o melhor resultado, porém, este é estatisticamente semelhante ao Tratamento 1, já o Tratamento 3 apresentou o pior resultado; assim como para produtividade e conversão alimentar. Apenas uma amostra de brânquia apresentou contaminação por *Estafilococcus Coagulase Positiva*, o que não inviabiliza o consumo deste pescado. Pelos resultados apresentados concluiu-se que o melhor tratamento a ser aplicado para o cultivo de tilápia do Nilo com uso de esgoto doméstico tratado é aquele em que se utiliza 50% da ração indicada pelo fabricante (Tratamento 2).

## ABSTRACT

The distribution of water is very uneven both in geography and in rainfall throughout the year, making this feature is short of the needs of the population, making us consider the practice of reuse of water as one of the exits to the problems of water supply. This research sought to develop the best methods of cultivation for the implementation of fish farming with the use of treated sewage. It was used nine (09) ponds with 50m<sup>3</sup> of volume each, which were fuelled by domestic sewage treated for the on-growing of Nile tilapia in three experimental treatments. 1° treatment was not offered commercial feed, 2° treatment was offered 50% of the commercial feed suggested by the manufacturer; 3° treatment was offered 100% of the commercial feed suggested by the manufacturer. The following water quality parameters were observed: temperature, pH, OD, nitrite, BOD and COD. From the data collected in biometry, were analyzed the parameters of growth in total length (cm/fish), weight (g/fish), biomass (g/m<sup>3</sup>) productivity (kg/ha/day) and food conversion rate (CA). All this data were statistically analyzed (ANOVA and Tukey test). Microbiological analyses of produced fish were conducted. Among the parameters of water quality OD and COD showed extremes variations, where OD reached 1.79 mg/l, and COD 494.0 mg/l. For growth in length (cm/fish) treatment 2 presented the best result and is statistically different from the other two treatments. To gain weight (g/fish) the treatment 2 presented again the best result, however, is statistically similar to treatment 1 and 3. For the gain of biomass (g/m) treatment 2 obtained the best result, however, this is statistically similar to the Treatment 1. Treatment 3 showed the worst outcome, as well as productivity and feed conversion. Only a sample of gill showed contamination by *Estafilococcus* Coagulase positive, yet it not makes the consumption of this fish inappropriate. By those findings we concluded that the best treatment to be applied is the cultivation of Nile tilapia with the use of treated domestic sewage is the use of 50% of commercial feed suggested by the manufacturer (treatment 2).

**LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1** - Valores relativos de cada grupo taxonômico na produção mundial da aquicultura em 2004 (FAO, 2006). **8**
- Figura 2** - Crescimento da produção mundial da aquicultura (incluindo plantas) de 1954 até 2004 (FAO, 2006). **8**
- Figura 3** - Crescimento da produção das quatro principais espécies da aquicultura brasileira de 1980 até 2004 (FAO, 2006). **9**
- Figura 4** - Comportamento do OD ao longo do dia em função da fotossíntese e respiração na água (Boyd, 1990) **17**
- Figura 5** - Formas potenciais de reúso de água. **23**
- Figura 6** - Crescimento da produção de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, no mundo de 1950 até 2005 (Fonte: FAO Fisheries Statistic). **31**
- Figura 7** - Exemplar de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **32**
- Figura 8** - Imagem de satélite onde pode-se visualizar as Lagoas de Estabilização e o Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará. **40**
- Figura 9** - Lay-out da área experimental destinada à piscicultura no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **41**
- Figura 10** - Viveiro experimental para piscicultura construído em alvenaria no Centro Experimental de Reuso de Águas da CAGECE, Aquiraz, Ceará, 2007. **42**
- Figura 11** - Bateria de três (03) viveiros experimentais com tela de proteção no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, **43**

2007.

- Figura 12** - Área Operacional, utilizada como armazém e ponto de apoio no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **43**
- Figura 13** - Amostra dos alevinos que foram estocados nos Viveiros Experimentais no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **47**
- Figura 14** - Curvas de temperatura medidas na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **52**
- Figura 15** - Curvas de pH medidos na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **54**
- Figura 16** - Curvas de OD medidos na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **58**
- Figura 17** - Curvas de DQO medidos na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **60**
- Figura 18** - Curvas de OD e DQO medidos na água dos tanques do tratamento experimental 1 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **61**
- Figura 19** - Curvas de OD e DQO medidos na água dos tanques do tratamento experimental 2 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **62**

- Figura 20** - Curvas de OD e DQO medidos na água dos tanques do tratamento experimental 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **63**
- Figura 21** - Curvas de crescimento em comprimento total (Lt) médio dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **65**
- Figura 22** - Curvas de crescimento em peso (W) médio dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **67**
- Figura 23** - Amostra dos peixes ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **68**
- Figura 24** - Representação gráfica do crescimento em comprimento (cm/peixe), ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **73**
- Figura 25** - Representação gráfica do ganho de peso (g/peixe), ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **75**
- Figura 26** - Representação gráfica do ganho de biomassa ( $\text{g/m}^3$ ), ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **77**

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1** - Resumo das densidades e produtividades dos sistemas de produção (modificado de ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004). **13**
- Tabela 2** - Efeitos causados em peixes de acordo com a faixa de pH (modificado de BOYD, 1990). **16**
- Tabela 3** - Variação dos teores do OD em tanque e viveiros (modificado de Zimmermann, 2001). **19**
- Tabela 4** - Concentração letal de nitrito para algumas espécies em água doce (modificado de VINATEA, 1997). **20**
- Tabela 5** - Composição média em termos de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e energia do alimento natural dos peixes (adaptado de HEPHER, 1988). **27**
- Tabela 6** - Os dez maiores produtores de tilápia em 2004. **32**
- Tabela 7** - Critério preliminar de qualidade microbiológica para reúso em aquicultura (Adaptado de MARA e CAIRNCROSS, 1989 apud FELIZATTO, 2000). **36**
- Tabela 8** - Diretrizes do PROSAB para o uso de esgotos sanitários em piscicultura (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007). **37**
- Tabela 9** - Critérios da qualidade para alimentos recomendados pela ANVISA (Adaptado de ANVISA, 2001 *apud* MOTA *et al.*, 2007). **38**
- Tabela 10** - Parâmetros físico-químicos e métodos/aparelhos utilizados para o acompanhamento da qualidade da água dos Tratamentos 01, 02 e 03. Aquiraz, Ceará, 2007, **45**

- Tabela 11** - Valores médios e desvio padrão de comprimento, peso e biomassa além da densidade de estocagem dos Tratamentos 01, 02 e 03. Aquiraz, Ceará, 2007. **46**
- Tabela 12** - Principais parâmetros zootécnicos analisados dos peixes cultivados nos Tratamentos 01, 02 e 03. Aquiraz, Ceará, 2007. **48**
- Tabela 13** - Média, desvio padrão, máximo e mínimo de Temperatura dos tratamento 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **51**
- Tabela 14** - Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de pH nos três tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **53**
- Tabela 15** - Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de Nitrito três tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de E Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **55**
- Tabela 16** - Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de Oxigênio Dissolvido (OD) nos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **56**
- Tabela 17** - Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo da Demanda Química de Oxigênio (DQO) nos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **59**
- Tabela 18** - Valores médios e desvio padrão do comprimento total (Lt) dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **64**



- Tabela 19** - Valores médios e desvio padrão do peso (W) dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **66**
- Tabela 20** - Taxas de sobrevivência finais nos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **70**
- Tabela 21** - Resultados dos principais parâmetros zootécnicos avaliados nos peixes dos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007. **80**

## 1. INTRODUÇÃO

Em termos globais, a quantidade de água disponível em nosso planeta é muito superior ao total necessário aos diversos usos da população. No entanto, a distribuição de água é muito desigual tanto em geografia quanto em precipitação ao longo do ano, fazendo com que este recurso esteja aquém das necessidades da população. Além da distribuição irregular e das perdas, deve ser considerada a crescente degradação dos recursos hídricos, resultado da ação antrópica, tornando parte da água imprópria para diversos usos. Assim, muitas regiões do mundo apresentam problemas relacionados com a água, seja pela escassez ou pela qualidade inadequada da mesma (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007).

Um exemplo da distribuição desigual da água, é o que ocorre no Brasil. Enquanto cerca de 80% da água existente no país localiza-se na Amazônia, onde vive 5% da população, o restante dos recursos hídricos (20%) destina-se a abastecer 95% dos brasileiros. A situação ainda fica mais grave na região Nordeste, onde a disponibilidade de água, por habitante, é ainda menor (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007).

Nos últimos anos, uma parte da humanidade parece ter atentado para a grave situação da degradação dos recursos naturais, passando a se preocupar em desenvolver soluções ou estratégias para tentar reverter este quadro, ou pelo menos, conviver de maneira harmônica com a natureza na condição que ela se encontra, tentando com isso dar tempo para que os próprios sistemas naturais revertam a situação.

Foi então que surgiram conceitos como “gestão ambiental”, eco-desenvolvimento” e “desenvolvimento sustentável”. Segundo Pereira (2004), a Gestão Ambiental considera que o sistema produtivo e a natureza são integrados, o melhor aproveitamento das matérias primas diminui os resíduos e os impactos/custos ambientais.

“Na esteira das ações que buscam colocar em prática o combate ao desperdício, como forma de melhorar a gestão pela qualidade nos processos produtivos, surge um conjunto de estratégias integradas e preventivamente aplicadas a processos, produtos e serviços, tendo por objetivos, aumentar a eficiência do emprego de matérias primas, energia e água, visando, simultaneamente, reduzir os riscos ambientais e aumentar o lucro do negócio. A estas estratégias deu-se o nome de Tecnologias Limpas” (CABEDA, 1999 *apud* PEREIRA, 2000).

Na busca do desenvolvimento de atividades que obedeçam aos pilares da sustentabilidade, em que as atividades devem ser economicamente viáveis, ecologicamente corretas e socialmente justas, é que nos faz considerar a prática do reúso de águas como uma das saídas para a problemática da oferta hídrica. Quando se faz o reúso em atividades como a agricultura e a aqüicultura, ainda podem-se agregar a atividade econômica, a geração de emprego e produção de proteína.

Considerando o uso racional da água, é possível então substituir as fontes de abastecimento de atividades produtivas que toleram águas de menor qualidade, implantando, neste caso, o reúso, assim deixando um maior volume de água de melhor qualidade para os usos nobres, como é o caso do abastecimento humano.

A prática de aqüicultura refere-se ao cultivo de animais e plantas em meio aquático tendo em vista o consumo alimentar para o homem ou para animais (KELLNER; PIRES, 1998 *apud* AQUINO et al., 2007).

Por esta ser uma atividade que demanda grande quantidade de água, torna-se então necessário o desenvolvimento de soluções alternativas para esta necessidade, sendo o uso de efluentes tratados uma das possíveis soluções.

Segundo Bastos *et al.* (2003b), com a desigualdade existente na distribuição de água no país, a piscicultura água de esgoto sanitário constitui fonte alternativa da produção de proteína de baixo custo, além de funcionar como uma forma de reciclagem de nutrientes.

Estas são características desta atividade que não podem ser desconsideradas, pois a piscicultura é responsável por cerca de 45% de toda a produção da aqüicultura mundial, que atualmente é de aproximadamente 60 milhões de toneladas, isto é, algo em torno de 27 milhões de toneladas produzidas anualmente (FAO, 2006).

Em relação a reciclagem de nutrientes pode-se enfatizar a capacidade de produção de biomassa de algas nos sistemas de tratamento de esgoto, em especial nas lagoas de estabilização. Segundo Matheus (1985), estas possibilitam a reciclagem de matéria orgânica e nutrientes de esgotos domésticos e, se bem projetadas, as lagoas podem funcionar como reatores biológicos econômicos do ponto de vista do consumo e aproveitamento de energia natural luminosa com excelente efetividade na fixação da energia solar, comparando-se com a produtividade por hectare atual das safras agrícolas que produzem menos de 0,1 g/m<sup>2</sup>/dia. Em lagoas de estabilização pode-se

produzir, no mesmo hectare, taxas de cem a duzentas vezes maior de proteína, ou seja, de 10 a 20 g/m<sup>2</sup>/dia. Esta biomassa que se desenvolve nas lagoas de estabilização consiste principalmente de algas.

Ainda conforme Matheus (1985), pesquisas têm sido conduzidas em diversas partes do mundo, no sentido de utilizar essa massa de algas, pois elas constituem importante fonte de alimento protéico, chegando a ser mais de 50% (em peso seco) a proporção de proteínas existentes nesses organismos.

Para aproveitar de forma eficiente toda esta biomassa de qualidade devem ser utilizadas espécies de peixes que possuam a capacidade de assimilar esta fonte protéica com eficiência. Dentre as espécies mais utilizadas nas pesquisas e nos cultivos com reúso de esgoto ao redor do mundo, estão as carpas e as tilápias.

De acordo com Peirong (1989), a tilápia é onívora com tendência para ser herbívora. No estágio larval, alimenta-se principalmente de zooplâncton e o espectro alimentar aumenta com o crescimento do peixe. No hábito alimentar são incluídos todos os tipos de plâncton, seres bentônicos, algas, pequenas plantas aquáticas, detritos orgânicos, e pequenos animais tais como minhocas, microcrustáceos, insetos aquáticos.

Pelos argumentos acima expostos, fica clara a importância do desenvolvimento da presente dissertação, pois nela tentou-se desenvolver a melhor metodologia de cultivo para a aplicação prática em piscicultura com uso de água de esgoto tratado, assim como servir como base para novos experimentos.

Com este experimento se almeja também ajudar a justificar economicamente a implantação de estações de tratamento de esgotos (ETE's),

nos locais onde não existirem, assim como o funcionamento mais eficiente destas, pela exigência dos padrões para o reúso.

Para uma melhor abordagem o tema em questão o tema foi dividido em várias etapas sendo a primeira destas o capítulo 2, que descreve um revisão bibliográfica, de onde foram retirados embasamentos científicos para justificar e os procedimentos seguidos e resultados alcançados neste trabalho.

No capítulo 3 estão descritos os materiais utilizados e a metodologia experimental seguida para a realização deste trabalho, assim como a definição das variáveis de avaliação a serem utilizadas para as análises dos resultados.

Já no capítulo 4 apresenta-se os resultados obtidos no decorrer e ao final do experimento, tomando como base, para discuti-los, o levantamento bibliográfico previamente exposto no capítulo 2.

Finalmente, no capítulo 5, estão expostas as conclusões obtidas através das análises dos resultados alcançados neste estudo.

Tendo em vista a importância do uso racional dos recursos hídricos e a geração de proteína animal, ambos tão escassos para grande parte da população do nosso país, e em especial da região nordeste, este trabalho tem os seguintes objetivos:

### **1.1. Objetivo Geral**

Desenvolver uma metodologia adequada para o cultivo da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, utilizando esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização.

## 1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar qual a melhor rotina alimentar para o cultivo da tilápia do Nilo, com o uso de esgoto doméstico tratado, com base nos resultados zootécnicos.
- Acompanhar a qualidade da água, para verificar os efeitos que os diferentes manejos alimentares causam à mesma e, conseqüentemente aos peixes estocados.
- Verificar a qualidade microbiológica do pescado produzido, visando garantir a segurança alimentar do futuro mercado consumidor.
- Fornecer subsídios para viabilizar a implantação de estações de tratamento de esgoto nos locais onde não existam, assim contribuindo para a proteção do meio ambiente.
- Produzir proteína animal de qualidade e acessível à população em massa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

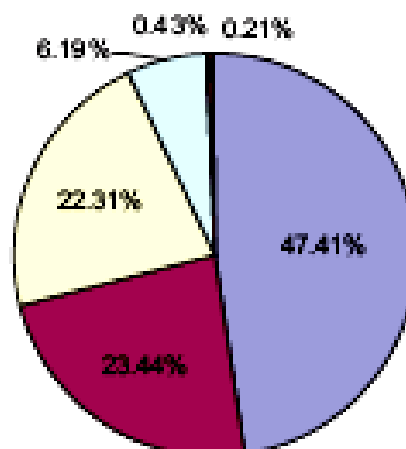
### 2.1. A Aqüicultura

A aqüicultura pode ser definida, de uma maneira simples, como o processo de produção de organismos aquáticos, sejam eles animais ou vegetais.

A aqüicultura, provavelmente, é a atividade que mais cresce no setor de produção de alimento. Atualmente, é responsável por aproximadamente 50% da produção mundial de pescado, sendo vista como tendo grande potencial para suprir a crescente demanda por alimento de origem aquática. Tendo em vista as projeções de crescimento populacional para as próximas duas décadas, estima-se que será necessário um aumento de cerca de 40 milhões de toneladas, até 2030, para a manutenção do consumo *per capita* de alimento de origem aquática (FAO, 2006).

Em 2004, havia registro de que eram cultivadas aproximadamente 336 espécies divididas em 115 famílias. No ranking de produção, em primeiro lugar estavam os peixes, em segundo lugar as plantas aquáticas, em terceiro lugar os moluscos e em quarto lugar os crustáceos como mostra a Figura 1 (FAO, 2006).

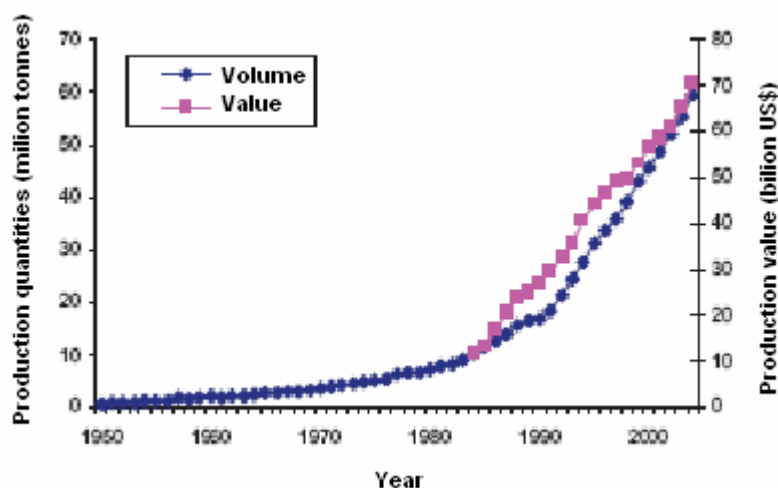




Fonte: FAO, 2006.

**Figura 1 - Valores relativos de cada grupo taxonômico na produção mundial da aqüicultura em 2004.**

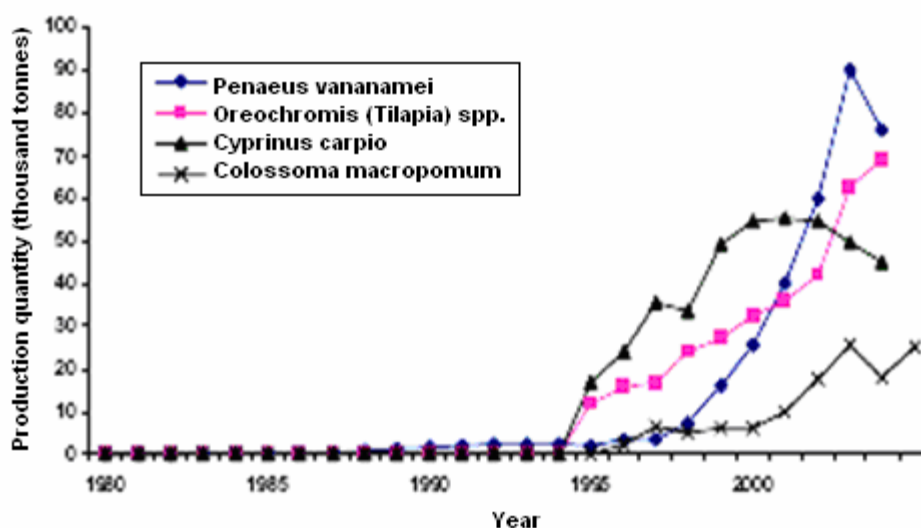
Segundo a FAO (2006), a aqüicultura mundial cresceu muito durante os últimos 50 anos, tendo a produção passado de aproximadamente um milhão de toneladas, em 1950, para 59,4 milhões de toneladas, em 2004 (Figura 2).



Fonte: FAO, 2006.

**Figura 2 - Crescimento da produção mundial da aqüicultura (incluindo plantas) de 1954 até 2004.**

No Brasil, a aqüicultura também vem acompanhando esta tendência de crescimento, sendo possível observar na Figura 3 o crescimento na produção de 1980 a 2004 das quatro espécies mais significativas para a aqüicultura brasileira, segundo a FAO (2006): o camarão branco, *Penaeus vannamei*, a tilápia, *Oreochromis spp.*, a carpa comum, *Cyprinus carpio*, e o tambaqui, *Colossoma macropomum*.



Fonte: FAO, 2006.

**Figura 3 - Crescimento da produção das quatro principais espécies da aqüicultura brasileira de 1980 até 2004 .**

### 2.1.1. A Piscicultura

A aqüicultura recebe diferentes nomenclaturas, dependendo do organismo que está sendo cultivado. A denominação piscicultura se refere à atividade de criação de peixes, podendo variar entre a piscicultura marinha, que é aquela realizada com espécies marinhas e em ambientes com água

salgada ou salobra, e a piscicultura continental, que é aquela realizada em águas interiores e com espécies de água doce.

A piscicultura é uma prática registrada desde a Roma Antiga e, depois de séculos, em função do crescimento demográfico e da demanda por alimentos, apresentou grande expansão na região indo-pacífica, principalmente na China. A partir do século XV, desenvolveu-se inicialmente em monastérios, na Europa Central e Ocidental, e, posteriormente em todo o mundo: desde o início do século XX, na América do Norte, depois da 2ª Guerra, na África e, mais recentemente, no Oriente Médio e na América Latina (SOUZA; TEIXEIRA FILHO, 1985; TIAGO, 2002).

Segundo a FAO (2006), no mundo, em 2004, as carpas eram as espécies de peixe de água doce mais cultivadas, sendo líderes absolutas com aproximadamente 18 milhões de toneladas produzidas neste ano, seguida pelas tilápias, com apenas aproximadamente 2,0 milhões de toneladas.

### **2.1.2. Sistemas de Produção em Piscicultura**

Existem vários sistemas de produção em piscicultura utilizados em todo o mundo para as mais diferentes espécies. A seguir, serão descritos os principais sistemas de produção utilizados atualmente conforme ZIMMERMANN e FITZSIMMONS (2004).

- **Sistema extensivo:** Pode ser definido como aquele em que a intervenção humana é praticamente inexistente, e geralmente limita-se a simples estocagem de 500 a 1000 alevinos  $\text{ha}^{-1}$  de lâmina d'água, sem

qualquer manejo de fertilização do corpo d'água ou alimentação dos animais. A alimentação dos peixes é baseada na produtividade natural do corpo d'água. As produtividades variam de 150 a 500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e as safras duram de 8 a 12 meses. Existe também o sistema extensivo em que a intervenção humana é limitada, e a estocagem é de 1.000 a 5.000 alevinos ha<sup>-1</sup> de lâmina d'água e há um fornecimento de uma ou mais fontes de matéria orgânica (esterco, restos de lavoura, farelos, ou rações desbalanceadas com menos de 28% de proteína bruta - PB). As produtividades variam de 500 a 2.500 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. As safras duram de 8 a 12 meses.

- **Sistema semi-intensivo:** A intervenção humana nesta modalidade de cultivo de organismos aquáticos é maior que na anterior; a estocagem é de 5.000 a 25.000 alevinos ha<sup>-1</sup>, e a adição de fertilizantes químicos e adubos ocorre em quantidades maiores, visando principalmente, promover a produtividade natural. Os viveiros têm água de coloração esverdeada, porém, a principal fonte de alimento são as formulações peletizadas, fareladas ou umedecidas, quase sempre desbalanceadas (de 20 a 28% PB), sendo oferecida a uma taxa de 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Já são necessárias análises para o acompanhamento da qualidade da água, e há trocas d'água diárias a uma taxa de 5 a 10% do volume total. As produtividades obtidas variam de 2.500 a 12.500 kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup>, com safras que duram de quatro a oito meses.

- **Sistema intensivo:** A intervenção humana é decisiva. As taxas de estocagem são da ordem de 25.000 a 100.000 alevinos ha<sup>-1</sup>, as águas são geralmente verdes, porém a adubação é somente química e obtida por meio da

mineralização das fezes dos peixes. A principal fonte de alimento é ração peletizada, farelada ou umedecida, balanceada, com 32% de PB, oferecida pelo menos 3 vezes ao dia. A utilização de aeração mecânica a uma taxa de 2 a 4 CV ha<sup>-1</sup> é praticamente obrigatória, principalmente durante a madrugada. As trocas d'água são de 10 a 35% do volume total dia<sup>-1</sup>. As produtividades variam de 12.500 a 50.000 kg ha<sup>-1</sup> safra<sup>-1</sup>, com safras que duram de três a seis meses.

- **Sistema superintensivo:** compõe um conjunto de esquemas de produção quase sempre em ambientes de águas claras, transparentes, podendo ser subdividido em diversas modalidades, de acordo com suas principais estruturas físicas: estufa-tanques em “V”, *raceways*, canais de irrigação, recirculação, aquaponia e gaiolas flutuantes ou tanques-rede. As densidades de cultivo e produtividades variam bastante de uma modalidade para outra, no entanto, todas são de alta produtividade (até 300 kg m<sup>-3</sup>); as durações de safra também apresentam variações. Possuem grande dependência de elevada qualidade de água, exigindo monitoramento constante, e dependência total de ração balanceada de alta qualidade.

Na Tabela 1 está apresentado um resumo comparativo das variações de densidade populacional e índices de produtividade que caracterizam os diversos sistemas de produção.

**Tabela 1 - Resumo das densidades e produtividades dos sistemas de produção (Adaptado de ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).**

<b>Sistemas de produção</b>	<b>Densidade Populacional</b>	<b>Produtividade</b>
Extensivo	500-1000 alevinos ha <sup>-1</sup>	150-500 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Extensivo/semi-intensivo	1.000-5.000 alevinos ha <sup>-1</sup>	500-2.500 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Semi-intensivo	5.000-25.000 alevinos ha <sup>-1</sup>	2.500-12.500 kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>
Intensivo	25.000-100.000 alevinos ha <sup>-1</sup>	12.500-50.000 kg ha <sup>-1</sup> safra <sup>-1</sup>
Superintensivo	10-600 m <sup>-3</sup>	5-300 kg m <sup>-3</sup> safra <sup>-1</sup>

### **2.1.3. Qualidade de Água na Piscicultura**

A qualidade da água em viveiros de peixes depende do equilíbrio estabelecido pela comunidade biótica existente, que neste caso é bastante complexa, sendo composta por produtores primários (fitoplâncton, perifíton e, às vezes, macrófitas), heterotróficos (peixes, zooplâncton e zoobentos) e decompositores (bactérias e fungos) (BASTOS *et al.*, 2003a).

Pescod (1977) apud Kellner; Pires (1998) *apud* Mota *et al.* (2007), afirmou que os principais parâmetros que afetam o desenvolvimento dos peixes são: concentração de oxigênio dissolvido; presença de compostos tóxicos; temperatura; presença de substâncias não biodegradáveis, devido ao efeito cumulativo na cadeia alimentar; bem como substâncias que possam conferir aos peixes odor e sabor desagradáveis.

Segundo Bastos *et al.* (2003b), dentre os principais parâmetros de qualidade da água de interesse na piscicultura destacam-se: transparência, pH.

alcalinidade, OD, condutividade elétrica, temperatura, nutrientes (N–Nitrogênio, P–fósforo) e clorofila-a.

A seguir, são feitas algumas considerações sobre os parâmetros de qualidade de água utilizados nesta pesquisa, sendo abordadas as principais características, efeitos e faixas de tolerância para temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrito e demanda química de oxigênio (DQO).

### **2.1.3.1. Temperatura**

A temperatura é a medição da intensidade de calor na água. Segundo Sawyer e McCarty (1978), apesar de ser um parâmetro de fácil medição, representa um importante indicador limnológico, já que interfere substancialmente na velocidade das reações químicas e biológicas. Adicionalmente, um aumento na temperatura diminui a solubilidade dos gases, aumentando a taxa de transferência destes, e influenciando na densidade dos líquidos.

A temperatura é um dos principais limitantes numa grande variedade de processos biológicos, desde a velocidade de simples reações químicas até a distribuição ecológica de uma espécie animal (HARDY, 1981 *apud* VINATEA, 1997). Segundo Laevastu e Hayes (1984), peixes e camarões são animais pecilotermos, e, ao contrário dos mamíferos e aves, a temperatura de seu sangue não está internamente regulada. Em vista disto, a temperatura ambiental tem profundo efeito sobre o crescimento, a taxa de alimentação e o metabolismo desses animais.

Segundo Boyd (1990), as espécies cultivadas em águas tropicais crescem melhor em temperaturas de 25°C a 32°C. Esta faixa de temperatura ótima para o crescimento coincide com a sugerida por Kubitzka (2000), que afirmou que: “tilápias são peixes de águas tropicais que apresentam conforto térmico entre 27 a 32°C. Temperaturas acima de 32°C e abaixo de 27°C reduzem o apetite e, conseqüentemente, o crescimento”.

### **2.1.3.2. pH**

Potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração do íon hidrogênio ( $H^+$ ) em escala anti-logarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (SPERLING, 1995).

O efeito do pH sobre os peixes geralmente é indireto, influenciando na solubilidade, na forma e na toxicidade de diversas substâncias, como metais pesados, amônia e gás sulfídrico, tóxicos aos peixes, e no próprio equilíbrio do sistema carbônico. O pH ideal para o cultivo de peixes encontra-se na faixa de 6,5 - 9,5, em que a presença de bicarbonatos é predominante (BASTOS *et al.*, 2003b).

Segundo Proença e Bittencourt (1994), a faixa de pH considerada boa para a aquicultura está entre 6,0 e 9,0, sendo ideal entre 7,0 e 8,0. Já segundo Boyd (1990), valores inferiores a 6,5 diminuem os processos reprodutivos.

Proença & Bittencourt (1994) *op cit.* enfatizam que os indivíduos mais jovens são mais vulneráveis ao baixo pH, e segundo Boyd (1989) a intensa atividade do fitoplâncton durante o dia retira o  $CO_2$  dissolvido na água causando um incremento de pH. Estas informações são de fundamental



importância ao se considerar a grande abundância de fitoplâncton presente na água efluente das lagoas de estabilização, e que o experimento foi realizado com alevinos.

Na Tabela 2 podem ser vistos alguns efeitos do pH em peixes cultivados.

**Tabela 2 - Efeitos causados em peixes de acordo com a faixa de pH (adaptado de BOYD, 1990).**

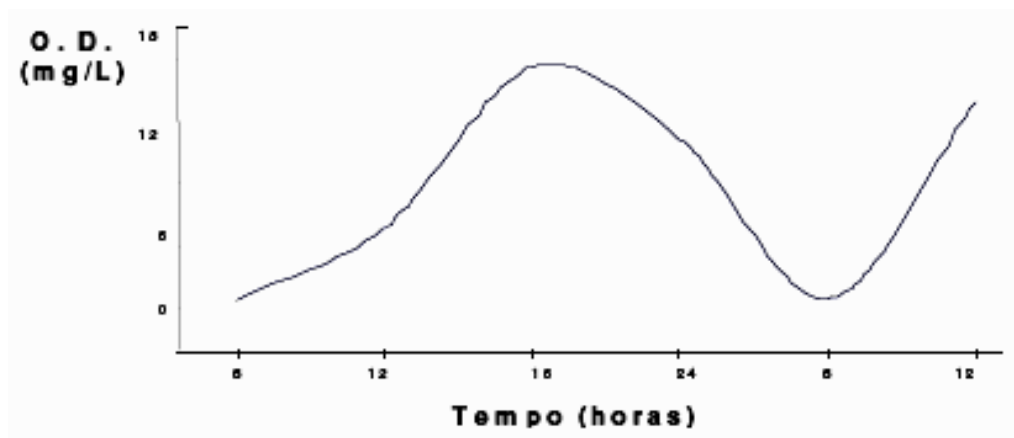
<b>Faixa de pH</b>	<b>Efeito</b>
<4,0	Ponto de morte ácida
4,0 – 5,0	Não há reprodução
5,0 – 6,0	Crescimento lento
6,0 – 9,0	Melhor crescimento
9,0 – 11,0	Crescimento lento
>11	Ponto de morte básica

### **2.1.3.3. Oxigênio Dissolvido (OD)**

O oxigênio dissolvido (OD) é a mais importante variável da qualidade da água na aquicultura (BOYD, 1990). O oxigênio é o gás mais abundante na água, depois do nitrogênio, também o mais importante, já que nenhum peixe poderia viver sem ele (PIPER *et al.*, 1989).

A liberação de oxigênio na água mediante processo fotossintético pelo fitoplâncton é a principal fonte de obtenção do O.D. em um sistema de cultivo de peixes (SILVA; FERREIRA; LOGATO, 2001).

Segundo estes mesmos autores, durante o dia, o oxigênio é produzido por fotossíntese, processo por meio do qual as algas transformam o gás carbônico e a água em oxigênio e carboidratos na presença da luz. Durante a noite ocorre o processo inverso, o oxigênio produzido durante o dia é consumido pela respiração, processo em que a alga produz gás carbônico por intermédio do carboidrato e consumo do oxigênio produzido durante o dia, mas a produção de oxigênio pela fotossíntese é maior que a de gás carbônico (Figura 4).



Fonte: Boyd, 1990.

**Figura 4 - Comportamento do OD ao longo do dia em função da fotossíntese e respiração na água.**

Segundo Boyd (1989), os efeitos adversos dos baixos níveis de oxigênio geralmente se traduzem numa diminuição do crescimento dos organismos e uma maior susceptibilidade às enfermidades. Segundo Chang & Ouyang (1988), concentrações críticas de oxigênio podem ser alcançadas depois de maciça mortalidade do fitoplâncton e sua decomposição subsequente.

Cada organismo tem um limite ideal de OD na água para sua sobrevivência, contudo, viveiros que contêm valores maiores que 4,0 mg/l de OD são os que apresentam boa condição para a criação de organismos aquáticos. Já valores, por exemplo, inferiores a 1,5 a 2,0 mg/l podem ser letais à maioria das espécies caso permaneçam expostas por apenas poucas horas (SILVA; FERREIRA; LOGATO, 2001).

As tilápias toleram baixas concentrações de OD na água. Apesar desta tremenda habilidade em sobreviver algumas horas sob anoxia, tilápias frequentemente expostas ao baixo OD ficam mais susceptíveis a doenças e apresentam desempenho reduzido (KUBITZA, 2000). Este mesmo autor sugere que os níveis de OD acima de 3,0 a 3,5 mg/l são ótimos para o cultivo dessa espécie.

A supersaturação de gases dissolvidos vem a ser um sério problema no cultivo de animais aquáticos, dando como resultado uma patologia peculiar chamada “enfermidade das borbulhas”. Este fenômeno pode causar mortalidade maciça dos organismos cultivados. Porém, na maioria dos casos, os níveis de supersaturação de oxigênio não chegam a ser tão altos para tanto, mas provocam efeitos subletais que incidem diretamente sobre o crescimento dos animais (BOUCK, 1976; WEITKAMP; KATZ 1980 *apud* VINATEA, 1997).

A Tabela 3 demonstra as faixas de concentração de OD e os respectivos efeitos causados aos peixes.

**Tabela 3 - Variação das concentrações de OD na água e seus efeitos nos peixes (modificado de ZIMERMANN, 2001).**

Concentração de OD	Efeito
> 1,5 ou 2 mg/l	Letal se permanecer exposto por poucas horas
2 ou 5 mg/l	Crescimento lento se exposto continuamente
5 mg/l de saturação	Melhor condição para um bom desenvolvimento
Acima da saturação	Pode ser nocivo se a condição de supersaturação ocorrer em todo o volume do tanque

#### **2.1.3.4. Nitrito**

O nitrito é um contaminante em potencial no ambiente aquático (GROSELL; JENSEN, 1999 *apud* LIMA, 2005). É um composto intermediário na conversão da amônia a nitrato (nitrificação). Normalmente, sua acumulação é resultado de uma nitrificação incompleta. Considerado mais tóxico que a amônia, o nitrito pode causar uma condição na qual a hemoglobina é oxidada à metahemoglobina, impedindo o funcionamento do mecanismo de transporte de oxigênio e, como resultado, o peixe pode experimentar estado de hipoxia, cianose e eventualmente a morte (MIDLEBROOKS, 1972).

Em solução aquosa, o nitrito encontra-se sob duas formas: o ácido nítrico não-ionizado ( $\text{HNO}_2$ ) e o nitrito ionizado ( $\text{NO}_2^-$ ), e o equilíbrio entre as duas formas é determinado primeiramente pelo pH ambiental (RUSSO et al, 1981; TOMASSO, 1994).

Segundo Boyd (1990), é difícil determinar a mais alta concentração de nitrito tolerável em águas de viveiro, dado que sua toxidez está estreitamente

relacionada com a concentração de oxigênio dissolvido e com diversos outros fatores. Contudo, é necessária atenção quando as concentrações de nitrito excedem a 10 mg/l na forma de nitrito (cerca de 0,3 mg/l na forma de  $\text{NO}_2 - \text{N}$ ).

Em água doce, dependendo da espécie, concentrações de nitrito entre 0,7 e 2,0 mg/l podem causar massiva mortalidade aos peixes, e quando expostos a níveis sub-letais (0,3 a 0,5 mg/l) podem sofrer redução no crescimento e na resistência a doenças (KUBITZA, 1998).

Na Tabela 4 está exposta a concentração letal de nitrito para algumas espécies em água doce.

**Tabela 4 - Concentração letal de nitrito para algumas espécies em água doce (adaptado de VINATEA, 1997).**

<b>Espécie</b>	<b>Conc. de <math>\text{NO}_2</math> (mg/l)</b>
<i>Salmo gardinieri</i> (Ad)	0,55
<i>Salmo gardinieri</i> (12 g)	0,19
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i> (Ad)	0,50
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i> (Al)	0,88
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Ad)	3,80
<i>Rhamdia quelen</i> (20 g)	1,19

Ad: adulto; Al: alevino

#### **2.1.3.5. Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

Segundo Mota (2006), a decomposição da matéria orgânica de um líquido é feita, inicialmente, por bactérias aeróbias, que utilizam o oxigênio

dissolvido no meio. Quanto maior for a quantidade de matéria orgânica, maior a necessidade (demanda) de oxigênio para sua oxidação.

A quantidade de oxigênio para os microrganismos decomporem a matéria orgânica contida no meio aquático por meio do processo de oxidação aeróbia é chamada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). A DBO é determinada em laboratório à temperatura de 20°C, correspondente a 5 dias, sendo chamada de DBO padrão.

A demanda de oxigênio pode ser determinada, em laboratório, por oxidação química da matéria orgânica, obtendo-se a Demanda Química de Oxigênio (DQO). Os valores de DQO são superiores aos de DBO, pois na sua determinação, são oxidadas tanto a fração biodegradável quanto a fração inerte (MOTA, 2006).

O teste de DQO é bem mais rápido (2 a 3 horas) do que o da DBO (5 dias, para a DBO padrão), sendo utilizado, no mesmo, um oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido (MOTA, 2006). Por este motivo foi utilizado o valor de DQO para mensurar a demanda de oxigênio neste experimento.

## **2.2. O Reúso de Água**

Segundo Metcalf & Eddy (1991), reúso de água é definido da seguinte maneira: “é o uso de água residuária tratada para finalidades tais como irrigação e troca térmica em indústrias”. Porém, uma definição mais abrangente foi citada por Lavrador Filho (1987) apud Brega Filho e Mancuso (2003) e Mota et al. (2007) dizia: “reúso de água é o aproveitamento de águas previamente

utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”.

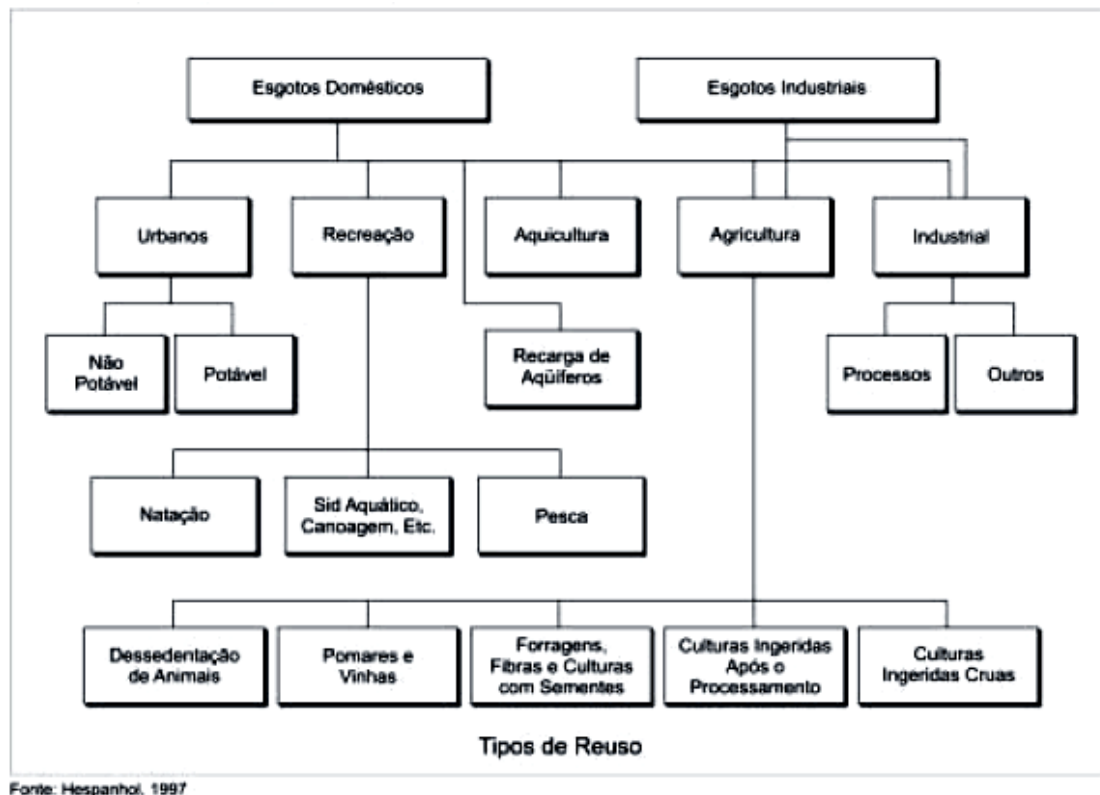
No âmbito de uma definição legal para esta atividade pode-se citar a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos apud Mota et al. op. cit, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a política de reúso direto não potável de água e apresenta as seguintes definições:

- Reúso de água: utilização de águas residuárias;
- Água de reúso: água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas.

Pode-se classificar o reúso de água como direto ou indireto. O indireto é aquele que pode ser feito de forma planejada, onde, após o devido tratamento, os efluentes são lançados nos corpos d'água para serem utilizados a jusante após diluição e de maneira controlada; ou não planejada, que acontece quando a água já utilizada em alguma atividade é descartada no meio ambiente e, então, é novamente utilizada sem a consciência do uso anteriormente dado a ela.

O reúso é considerado direto quando o efluente, após o tratamento, é encaminhado diretamente para o local onde será feito o novo uso a que se destina. Este ainda pode ser interno, também chamado de reciclagem, ou externo ao local onde é produzido. Como exemplos, podem-se citar o reúso na agricultura e na aquicultura.

A Figura 5, retirada de Hespanhol (1997), mostra um diagrama com as formas potenciais de reúso de água.



**Figura 5 - Formas potenciais de reúso de água.**

O reúso de esgoto tratado deve ser uma prática amplamente aplicada, pois, além de ser uma forma de aumentar a oferta hídrica nos locais onde há carência de água, também trata-se de uma maneira de controlar a poluição, principalmente em regiões onde há pouca ou nenhuma água para diluição do esgoto, quando o potencial de poluição se torna ainda maior.

“A não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem águas de qualidade inferior”. Esta foi a política de gestão adotada pelo Conselho Nacional das Nações Unidas (1985) para as áreas carentes de recursos hídricos, já mostrando a preocupação com a problemática da falta e da poluição destes, e com o intuito de incentivar a prática do reúso de água.



Conforme a Resolução n° 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, anteriormente citada, o reúso direto não potável de água abrange as seguintes modalidades:

- Reúso pra fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndios, dentro da área urbana.
- Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para a produção agrícola e cultivo de florestas plantadas.
- Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente.
- Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais.
- Reúso na aqüicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A prática de reúso mais utilizada no mundo tem sido em irrigação, já sendo adotada em vários países, podendo-se dar ênfase aos dados citados por Tsutiya (2001): somente na China e no México são irrigados com esgoto 1.330.000 ha e 250.000 ha, respectivamente.

O reúso de águas em indústrias tem sido cada vez mais praticado, inclusive no Brasil. Em alguns casos, as indústrias tratam seus esgotos e os aproveitam nas próprias unidades, como é o caso da algumas indústrias têxteis e de papel (MOTA , 2006).

Os autores acima referidos citam que o uso de esgotos tratados também apresenta boa perspectiva no cultivo de peixes (piscicultura), para o qual a literatura indica as seguintes formas:

- Adição de esgoto (ou excreta) aos tanques piscícolas (diluição de cerca de 100 a 150 vezes).
- Cultivo de peixes diretamente em lagoas de estabilização (maturação)
- Cultivo de peixes em tanques-rede colocados em lagoas de estabilização.
- Tanques de cultivo de peixes utilizando efluentes de estações de tratamento.

Atualmente, as estações de tratamento de esgoto não são projetadas visando à integração com um sistema de reúso, o que nos leva a considerar a importância de começar a se desenvolver algumas normas para tal fim.

Dependendo do uso que se pretende dar ao efluente serão necessárias adequações no tratamento para que este fique nas condições condizentes para tal. Essa necessidade pode onerar o tratamento que será dado ao esgoto, devendo este custo adicional ser incluso dentro do projeto de reúso, para se calcular a viabilidade da implantação.

Segundo Pereira (2004), a utilização da área adjacente a estação de tratamento de esgoto (ETE) para o uso da água residuária pela piscicultura ou agricultura ocupa o espaço, impedindo o avanço da urbanização na direção da ETE e disponibiliza a área e a água para atividades produtivas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS/WHO) considera o reúso de águas uma forma de promover o saneamento, já que agrega valor ao tratamento de esgotos. Os peixes criados em ambientes com menos de  $10^3$

coliformes fecais/100 ml poderão ser consumidos pelo homem (WHO, 1989 apud PEREIRA, 2004).

Sendo assim, a aqüicultura, cultivando peixes ou plantas aquáticas para o consumo humano ou para animais, é um campo de aproveitamento cada vez maior de águas residuárias dos países em desenvolvimento, e, por meio dessa orientação, devem ser implementadas pesquisas, para iniciar o estabelecimento de diretrizes para a proteção da saúde pública (OMS, 1987 apud FELIZATTO, 2000).

### **2.3. Reúso de Água na Piscicultura**

A piscicultura, desde sua concepção, foi feita sobre a prática do reúso, pois há muito tempo eram cultivados peixes dentro dos sistemas de abastecimento das cidades, as chamadas “*piscinae*”, de onde veio a origem do termo piscicultura, assim como também tem sido bastante comum a associação do cultivo com outros animais como, porcos, marrecos, cabras, galinhas, para a utilização da suas fezes para a fertilização da água. O esterco aumenta a quantidade de matéria orgânica na água, aumentando assim a produtividade primária, que é uma fonte rica de proteína que pode ser aproveitada pelo homem por meio da assimilação destas pelos peixes.

Diversos estudos sobre o uso de esgotos sanitários em piscicultura mostram a viabilidade do mesmo, além da possibilidade de se obter uma boa produtividade, a minimização de riscos associados a saúde, e ainda a aceitação do produto no mercado de consumo (BASTOS *et al.*, 2003b)

Os métodos atuais de reúso com vista à aplicação na aquicultura consideram a recuperação dos nutrientes presentes na biomassa aquática (algas, plantas aquáticas ou peixes), a preocupação com a saúde pública, além dos aspectos comerciais do produto final (BEVERIDGE, 1996 apud FELIZATTO, 2000).

Conforme Matheus (1985), pesquisas têm sido conduzidas em diversas partes do mundo, no sentido de utilizar essa massa de algas, pois elas constituem importante fonte de alimento protéico, chegando a ser mais de 50% (em peso seco) a proporção de proteínas existentes nesses organismos (Tabela 5).

**Tabela 5 - Composição média, em termos de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e energia do alimento natural dos peixes (adaptado de Hepher, 1988).**

Percentual com base na matéria seca (%)				
Organismos	Proteína	Gordura	Minerais	Energia (kcal/kg)
Algas	30	6	34	3.500
Rotíferos	64	20	6	4.860
Cladóceros	56	19	8	4.800
Copépodos	52	9	7	5.400
Chironomídeos	59	5	6	5.000

Segundo Edwards (1992), existem diferentes sistemas de produção em piscicultura aplicando o uso de efluente, tais como:

- Esgoto bruto abastecendo tanques de piscicultura;

- Tanques abastecidos com o esgoto após o tratamento primário;
- Tanques abastecidos com o esgoto após o tratamento secundário;
- Criação de peixes em lagoas de estabilização.

Porém, para se garantir a sustentabilidade desta atividade deve se estar atento às condições do esgoto ou efluente tratado utilizado na mesma, pois este deve ter um mínimo de qualidade para viabilizar o cultivo. É importante controlar as cargas orgânicas sobre os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD), bem como a toxicidade da salinidade, teores de amônia, metais pesados, dentre outros contaminantes presentes nos efluentes (BASTOS et al. 2003b).

A remoção de nutrientes é um fator quase que obrigatório no reúso aplicado a piscicultura, principalmente no que se refere à amônia, que é tóxica à maioria das espécies em concentrações relativamente reduzidas (BASTOS et al. 2003a).

Para a obtenção de bons resultados de produtividade em piscicultura é necessário que se proporcione condições ideais para que haja bom crescimento e sobrevivência. No efluente de lagoas de estabilização existe uma grande quantidade de algas e outros organismos que podem ser aproveitados pelos peixes para a promoção de crescimento.

As algas presentes também fornecem uma grande quantidade de OD (fotossíntese), que é essencial para o bem estar dos peixes e, assim, para a manutenção da sobrevivência nos tanques de cultivo. No entanto, a quantidade de algas deve ser controlada para que não chegue a prejudicar a qualidade da água, por exemplo, com a depleção dos níveis de OD durante o período da madrugada devido ao processo de respiração, ou as variações do pH que

podem ocorrer nas últimas horas do dia em decorrência de mortalidades massivas das algas.

Para garantir o sucesso da piscicultura com uso de efluente é necessário o controle da qualidade da água com o emprego de técnicas de manejo como: aeração mecânica, modificação da profundidade, modificação do fluxo de água (tempo de detenção hidráulico) dentre outras (BURAS, 1993; KRACIK, 1998 apud PEREIRA, 2004).

### **2.3.1. A escolha da espécie**

Como o objetivo da piscicultura é a produção de peixes e a melhoria do meio ambiente deve-se procurar o máximo da produção e a diminuição dos impactos ambientais, com a redução dos sólidos suspensos (algas, rotíferos, grumos de bactérias e matéria orgânica particulada) e consumo pelo ambiente dos nutrientes disponíveis na produção de alimento para a cadeia trófica existente (PEREIRA, 2004).

Segundo o autor acima citado, o hábito alimentar mais desejado para a espécie a ser cultivada é o que atinge os níveis mais baixos da cadeia trófica, reciclando os nutrientes mais rapidamente e transformando a energia potencial do ambiente (nutrientes) em produção de pescado. Outra importante característica da espécie a ser utilizada na prática do uso de esgoto tratado é a rusticidade da espécie, sua resistência as variações da qualidade de água.

De acordo com Proença & Bittencourt (1994), as principais características para uma espécie ser utilizada na piscicultura são:

- i. Ser facilmente propagável, natural ou artificialmente, de modo a produzir, anualmente, grande número de alevinos;
- ii. Apresentar bom crescimento em condições de cativeiro;
- iii. Ser resistente ao manejo e às enfermidades mais comuns;
- iv. Apresentar hábito alimentar onívoro, herbívoro iliófago, detritívoro. fitoplanctófago ou planctófago;
- v. Quando carnívora, ela deverá ter alto valor comercial a aceitar alimento não vivo, de preferência ração;
- vi. Apresentar uma boa conversão alimentar, ou seja, capacidade de transformar alimento em carne;
- vii. Não apresentar canibalismo intra ou inter específico;
- viii. Ter boa aceitação no mercado.

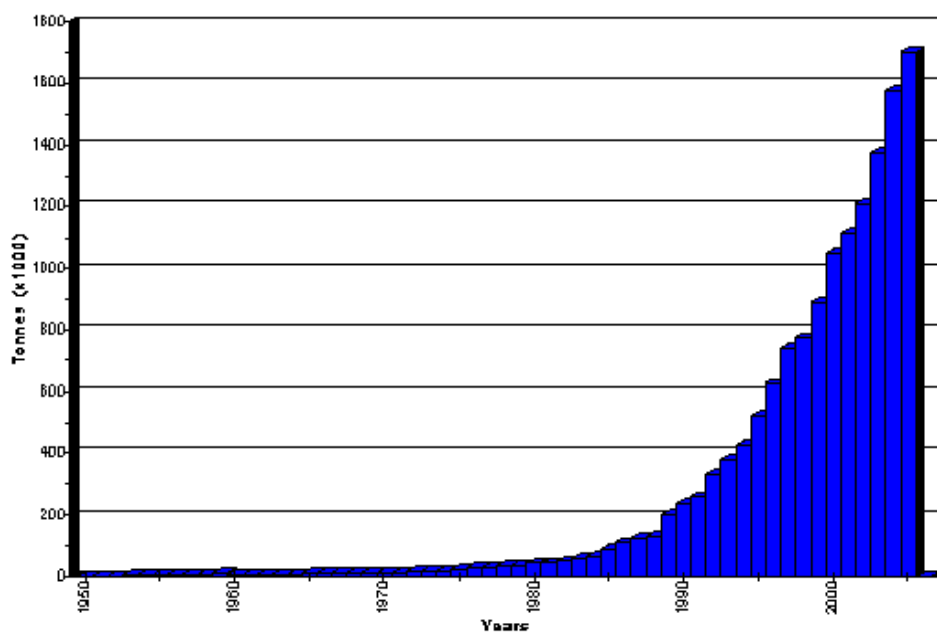
Alguns autores há muito tempo já defendem a utilização de peixes como a tilápia e a carpa no cultivo com efluentes de lagoas de estabilização (PESCOD, 1977; SILVA; MARA 1979 *apud* KELLNER; PIRES, 1998 *apud* MOTA, 2007). Seguindo as indicações dos autores anteriormente citados, e verificando que a espécie possui as características recomendadas para o cultivo, associada à facilidade de obtenção de alevinos de qualidade, a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem “chitralada” foi eleita para ser utilizada na realização do experimento dessa dissertação.

### **2.3.2. As Tilápias**

As tilápias, diversas espécies dos gêneros *Oreochromis* e *Tilapia*, compõem o grupo de peixes que mais cresce em termos de comercialização

mundial, especialmente pelo aumento da produção destas espécies na China e outros países em desenvolvimento como o Brasil (HEMPEL, 2002 Apud ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

Na Figura 6 podemos observar o crescimento da produção de tilápias no mundo de 1950 até 2005.



Fonte: FAO Fisheries Statistic

**Figura 6 - Crescimento da produção de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, no mundo de 1950 até 2005.**

De acordo com a FAO (1998), 80% das tilápias produzidas no mundo são acinzentadas “nilótica” ou “do Nilo”, *Oreochromis niloticus* (Figura 7.).





**Figura 7 - Exemplar de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*.**

Segundo a FAO (2006), op cit., em 2004 o Brasil estava na 7° colocação entre os maiores produtores de tilápia do mundo, com 69.078 t, conforme pode ser visto na Tabela 6.

**Tabela 6 - Os dez maiores produtores de tilápia em 2004.**

Country	Tilapia (tonnes)
China	897 276
Egypt	199 038
Philippines	145 869
Indonesia	139 651
Thailand	97 653
Taiwan Province of China	89 275
Brazil	69 078
Lao People's Dem. Rep.	29 205
Colombia	27 953

**Fonte: Adaptado de FAO, 2006.**

Já segundo o IBAMA (2007), a produção do Brasil no ano de 2005, referente à piscicultura continental, aquela praticada em águas interiores, foi de 179.746,0 t, sendo que deste total 67.850,0 t (37,7%), foram de tilápias, estando esta espécie com a liderança no ranking das mais cultivadas no país, seguida pela carpa com 42.490,5 t (25,3%) e pelo tambaqui com 25.011,0 t (14,9%).

Nativas da África, Israel e Jordânia, as tilápias se espalharam pelo mundo e hoje são produzidas em mais de 100 países em diversos climas, sistemas de produção e salinidades. Devido a sua variada fisiologia adaptativa, biologia reprodutiva, plasticidade genética, fácil domesticação e comercialização, talvez se tornem o mais importante grupo de espécies aquícolas neste século 21 (FITZSIMMONS, 2000; SHELTON, 2002 Apud ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

De acordo com Peirong (1989), a tilápia é onívora com tendência para ser herbívora. No estágio larval, alimenta-se principalmente de zooplâncton e o espectro alimentar aumenta com o crescimento do peixe. No hábito alimentar incluem todos os tipos de plâncton, seres bentônicos, algas, pequenas plantas aquáticas, detritos orgânicos, e pequenos animais, tais como minhocas, microcrustáceos, insetos aquáticos.

O alimento natural é, invariavelmente, de alto valor nutritivo (Tabela 5) e pode contribuir com o suprimento de proteína, energia, vitaminas e minerais, reduzindo os custos com a alimentação. Desta forma, boa produção pode ser obtida com o uso de rações menos elaboradas e de baixo custo, combinado com um programa de adubação (KUBITZA, 2000).

Quando produzidas em viveiros com baixa renovação de água e alimentadas com ração, 30 a 70% do crescimento das tilápias pode ser atribuído aos alimentos naturais. Desta maneira, os alimentos artificiais podem compor 40 a 70% do custo de produção das tilápias, dependendo do sistema de produção empregado, da escala de produção, da produtividade alcançada, dos preços dos outros insumos de produção, dentre outros fatores (KUBITZA, 2000).

A tilápia do Nilo, originalmente, não era uma das espécies melhores de se trabalhar, porém, devido à seleção das fêmeas mais dóceis ao longo do tempo, foi gerado um plantel melhor de se trabalhar; essas tilápias são mais calmas durante o manuseio e apresentam relativa facilidade na despesca (SANTOS, 2005).

De fato, a tilápia do Nilo da linhagem tailandesa introduzida no Brasil apresenta maior docilidade comparada a outras tilápias do Nilo que não sofreram um processo (direto ou indireto) de seleção semelhante ao realizado na Tailândia (KUBITZA, 2000).

As tilápias nilóticas apresentam crescimento mais rápido e um rendimento de filé superior, quando comparadas às demais (SHELTON, 2002). Dentro dos seus limites, as tilápias são espécies de peixes que se adaptam a diferentes condições de qualidade de água. Toleram baixos níveis de oxigênio dissolvido, desenvolvem-se em uma ampla faixa de acidez e alcalinidade na água, crescem e até reproduzem em águas salobras ou salgadas e apresentam tolerância a altas concentrações de amônia, quando comparadas à maioria dos peixes cultivados.

### 2.3.3. Qualidade do Pescado Produzido

Feachem (1983) apud Leon & Moscosso (1999) classificaram os riscos potenciais para a saúde pelo uso de águas residuárias na aquicultura como: a) transferência passiva onde o peixe ou macrófitas não são afetados pelo microrganismo patogênico; b) transferência ativa causada pelos trematódos que prejudicam a vida dos peixes e macrófitas ; c) a esquistossomose, que possui seu ciclo com os caramujos.

Nos esgotos, em geral, aparecem protozoários e helmintos como *Entamoeba coli*, *Endolimax nana*, *Giardia sp*, *Cryptosporium parvum*, *Ascaris lumbricoides*, *Strongyloides stercoralis* e *Hymenolepis nana*, mas em lagoas terciárias poucos parasitas aparecem (FEACHEM *et al.* 1983). Esta informação é de grande importância, por ser a água de abastecimento do presente experimento ser retirada da última lagoa de maturação de um sistema de lagoas de estabilização.

Segundo a WHO (1989), a recomendação da qualidade da água para a criação de peixes é de, no máximo,  $10^3$  coliformes fecais/100ml e ausência de ovos de trematodos.

A infecção do músculo dos peixes por patógenos é maior quando os viveiros de criação estão com os coliformes fecais em uma concentração maior do que  $10^4/100$  ml. O potencial de infecção aumenta com o tempo de exposição, e mesmo em baixos níveis de contaminação pode haver alta concentração de patógenos no trato digestivo ou fluídos peritoniais do peixe (BURAS, 1993).

Na Tabela 7 é possível observar uma síntese dos padrões para qualidade microbiológica para o reúso em aquicultura.

**Tabela 7 – Critério preliminar de qualidade microbiológica para reúso em aquicultura (Adaptado de MARA e CAIRNCROSS, 1989 apud FELIZATTO, 2000).**

<b>Tipo de processo de reúso</b>	<b>Ovos<sup>a</sup> viáveis de Trematódeos (Média Aritmética do n° de ovos viáveis por l ou kg)</b>	<b>Coliformes fecais (Média geométrica do NMP/100 ml ou 100 g)<sup>b</sup></b>
Cultivo de peixes	0	$< 10^4$
Cultivo de macrófitas	0	$< 10^4$

a Clonorchis, Fasciolopsis e Schistosoma. Especial atenção deve ser dada a esses parasitas, principalmente em áreas consideradas endêmicas.

b Esta diretriz assume que na lagoa piscícola haverá a redução de uma unidade logarítma de CF, significando que na saída do sistema haverá CF  $< 1000$  NMP/100 ml. Em caso de sistemas operando em climas quentes e com tempode retenção elevado o valor, aqui proposto, pode ser maior.

Fazendo uma classificação quanto à qualidade pode-se citar a feita por Buras *et al.* (1987), que classificaram a qualidade do músculo dos pescados produzidos em lagoas de estabilização, segundo a quantidade de bactérias / grama de músculo como:

- Muito boa  $< 10$  / g
- Aceitáveis 10 - 50 / g
- Inaceitáveis  $> 50$  / g

Como padrão para avaliação da qualidade do esgoto tratado utilizado na piscicultura, pode-se adotar as diretrizes do PROSAB, conforme Tabela 8.

**Tabela 8 – Diretrizes do PROSAB para o uso de esgotos sanitários em piscicultura. (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007).**

Ponto de Amostragem	CTer 100ml <sup>-1(1)</sup>	Ovos de helmintos L <sup>-1</sup>	
		Nematóides intestinais humanos <sup>(2)</sup>	Trematóides
Afluente do tanque de piscicultura	$\leq 1 \times 10^4$	$\leq 1$	ND
No tanque de piscicultura	$\leq 1 \times 10^3$	$\leq 1$	ND

(a) Para o uso de esgoto tratado m piscicultura não há padrão explícito de DBO, DQO e

SST, sendo as concentrações efluentes uma consequencia das técnicas da tratamentos compatíveis com a qualidade microbiológica estipulada. Entretanto, recomenda-se taxas de aplicação superficial nos tanques de piscicultur da ordem de 10-20 kgDBO ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Deve-se observar que a amônia livre é tóxica para peixes em níveis suéiores a 2-5 mg NH<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>.

(1) Coliformes termotolerantes; média geométrica, alternativa e preferencialmente pode-se determinar *E. coli*.

(2) Média aritmética.

Os padrões utilizados nesta pesquisa na análise da qualidade microbiológica do pescado produzido foram os estabelecidos pela resolução RDC n°12 - ANVISA, de 02 de Janeiro de 2001. Os padrões desta estão exposto na Tabela 9.

**Tabela 9 – Critérios da qualidade para alimentos recomendados pela ANVISA (Adaptado de ANVISA, 2001 *apud* MOTA *et al.*, 2007).**

Grupo de Alimentos	Microrganismo Tolerância para amostra indicativa <sup>a</sup>
Pescado, ovas de peixes, crustáceos e moluscos cefalópodes “ <i>in natura</i> ”, resfriados ou congelados	<i>Estafilococcus coagulase</i> positiva/g 10 <sup>3</sup>
não consumido cru; Moluscos bivalves “ <i>in natura</i> ”, resfriados ou congelados não consumido cru; Carne de rãs “ <i>in natura</i> ”, refrigerada ou congelada.	<i>Salmonella</i> sp./25 g Ausência

a Amostra indicativa: é a amostra composta por um número de unidades amostrais inferior ao estabelecido em plano amostral constante na legislação específica.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Descrição do Experimento**

Esta pesquisa teve como base a análise de alguns parâmetros zootécnicos para a avaliação da viabilidade técnica do cultivo de tilápia do Nilo utilizando esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização.

Foram testados três diferentes manejos alimentares para que fosse definido qual melhor se adequaria às condições de cultivo propiciadas com este tipo de reúso de água.

Para garantir a segurança alimentar dos futuros consumidores do pescado produzido nestas condições foram realizadas análises microbiológicas em amostras dos peixes cultivados.

A partir dos fatores acima citados, foram feitas as considerações cabíveis no intuito de se afirmar a viabilidade do ponto de vista técnico e de segurança alimentar neste tipo de atividade, e qual a melhor metodologia de cultivo a ser aplicada.

#### **3.2. Área de Trabalho**

Os experimentos foram realizados no Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgoto e Reúso de Águas que fica situado em área anexa a uma estação de tratamento de esgoto (ETE) da Cagece (Companhia de Água e Esgoto do



Ceará), localizada no município de Aquiraz, a aproximadamente 24 km de Fortaleza, sendo o acesso feito pela CE-040 (Figura 8).

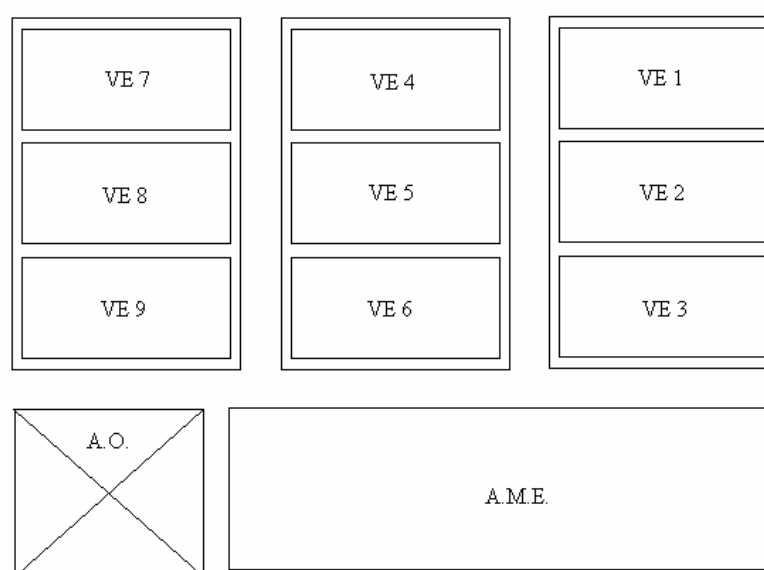


**Figura 8 – Imagem de satélite onde pode-se visualizar as Lagoas de Estabilização e o Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará.**

A citada ETE foi projetada para receber o esgoto dos municípios de Aquiraz e Euzébio, porém, até o momento, vem recebendo apenas do município de Aquiraz, estando com parte de sua capacidade de funcionamento ociosa.

A Figura 9 mostra o *lay-out* da área onde se desenvolveu a pesquisa, indicando os nove (09) viveiros com 50m<sup>3</sup> de volume que foram abastecidos com esgoto doméstico tratado para o cultivo de tilápia do Nilo.

O esgoto doméstico tratado utilizado foi o efluente de um sistema de lagoas de estabilização composto de quatro lagoas em série: uma anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação.



Legenda:  
 VE = Viveiros Experimentais  
 A.O. = Área Operacional  
 A.M.E. = Área de Manobra e Estacionamento

**Figura 9 - Lay-out da área experimental destinada à piscicultura no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Os viveiros experimentais foram construídos em alvenaria (Figura 10) com as medidas de 10m de comprimento, 5m de largura e 1,2m de profundidade, no entanto, com um volume útil de 50m<sup>3</sup>. Todos os nove viveiros possuíam caixa de coleta com as dimensões de 2,5m de comprimento, 1,5m de largura e 0,5m de profundidade, totalizando volume de 1,87m<sup>3</sup>, que foram

utilizadas para facilitar o manejo de despesca, concentrando os peixes dentro dela no momento da coleta.



**Figura 10 – Viveiro experimental para piscicultura construído em alvenaria no Centro Experimental de Reúso de Águas da CAGECE, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Os tanques foram alocados em três (03) baterias de três (03) viveiros, os quais foram cobertos com tela para proteção contra predadores (Figura 11). Esta cobertura foi necessária, pois as tilápias, quando alevinos, são susceptíveis a predação por várias espécies de pássaros e também por morcegos.



**FIGURA 11 – BATERIA DE TRÊS (03) VIVEIROS  
EXPERIMENTAIS COM TELA DE PROTEÇÃO NO CENTRO  
EXPERIMENTAL DE REUSO DE ESGOTOS, AQUIRAZ, CEARÁ,  
2007.**

O armazenamento dos equipamentos e ração utilizados nos manejos do experimento, assim como local de apoio para a realização dos trabalhos de campo eram feitos na edificação denominada de Área Operacional (Figura 12). Esta era composta de uma área aberta e de um depósito.



**Figura 12 – Área Operacional, utilizada como armazém e ponto de apoio no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

### **3.3. Protocolos Experimentais**

Os protocolos experimentais a seguir descritos tiveram o objetivo de avaliar a potencialidade do cultivo da tilápia do Nilo utilizando esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização, realizando o acompanhamento do desenvolvimento dos peixes no intuito de definir qual o melhor manejo a ser utilizado nessas condições.

#### **3.3.1. Hipóteses Testadas**

Foram testados três tratamentos, conforme descrição a seguir:

- 1° Tratamento – viveiro experimental 1 (VE-1), 2 (VE-2) e 3 (VE-3): foram abastecidos com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização e não foi ofertada ração comercial balanceada;
- 2° Tratamento – viveiro experimental 4 (VE-4), 5 (VE-5) e 6 (VE-6): foram abastecidos com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização e foi ofertada 50% da ração comercial balanceada indicada pelo fabricante;
- 3° Tratamento – viveiro experimental 7 (VE-7), 8 (VE-8) e 9 (VE-9): foram abastecidos com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização e foi ofertada 100% da ração comercial balanceada indicada pelo fabricante.

Nos nove (09) viveiros experimentais foram estocados alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, revertidos sexualmente para machos na densidade de 3 alevinos/m<sup>3</sup>.

### 3.3.2. Acompanhamento dos Parâmetros de Qualidade de Água

Para a análise da produção em piscicultura é indispensável o acompanhamento dos principais parâmetros de qualidade de água. Dentre os vários existentes deu-se ênfase a: Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrito e Demanda Química de Oxigênio (DQO), sendo feitas avaliações dos resultados comparando em conjunto pH x Nitrito, e OD x DQO para a análise dos resultados.

Durante o período de realização do experimento foram feitas oito (08) medições, sendo parte destas realizada *in loco*, e para as que necessitavam, coletaram-se as amostras que foram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento (Labosan) da UFC. Na Tabela 10 estão indicados os métodos/aparelhos utilizados para as medições dos parâmetros de qualidade de água.

**Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos e métodos/aparelhos utilizados para o acompanhamento da qualidade da água dos Tratamentos 01, 02 e 03. Aquiraz, Ceará, 2007.**

Parâmetros Físico-Químicos	Métodos - Aparelhos
Temperatura (°C)	Eletrométrico - pHmetro – Analion, modelo PM602
pH	Eletrométrico – Oxímetro - YSI, modelo 55
Oxigênio dissolvido (mg O <sub>2</sub> /L)	Eletrométrico – Oxímetro - YSI,

	modelo 55
	Método de Rodier
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	(espectrofotométrico)
Demanda Química de Oxigênio (mg O <sub>2</sub> /L)	Refluxação fechada do dicromato

### 3.3.3. Povoamento e Biometrias

Os alevinos foram trazidos de uma piscicultura especializada na alevinagem da tilápia do Nilo. Ao chegar ao Centro Experimental de Reúso de Água foi realizada uma aclimatação à água dos viveiros de cultivo, esgoto doméstico tratado. Este procedimento se deu por meio da mistura gradual, em caixas d'água adaptadas, do esgoto doméstico com a água proveniente do transporte, e teve duração de aproximadamente uma hora. Então, foi realizada uma biometria para a caracterização da população inicial que estava sendo estocada nos viveiros experimentais (Tabela 11).

**Tabela 11 – Valores médios e desvio padrão de comprimento, peso e biomassa além da densidade de estocagem dos Tratamentos 01, 02 e 03.**

**Aquiraz, Ceará, 2007.**

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Comprimento médio inicial (cm/peixe)	2,98±0,38	2,93±0,37	3,17±0,42
Peso médio inicial (g/peixe)	0,45±0,2	0,45±0,2	0,45±0,2
Biomassa inicial (g/m <sup>3</sup> )	1,22±0,25	1,22±0,21	1,08±0,24
Densidade de estocagem (peixe/m <sup>3</sup> )	3	3	3

A Figura 13 apresenta uma amostra dos alevinos estocados nos viveiros experimentais na biometria realizada no momento do povoamento.



**Figura 13 - Amostra dos alevinos que foram estocados nos Viveiros Experimentais no Centro Experimental de Reuso de Esgotos, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Foram realizadas biometrias periodicamente durante todo o cultivo no intuito de serem coletados os dados necessários para o acompanhamento do desenvolvimento dos organismos cultivados. As amostras eram compostas de aproximadamente 10% da população estocada, coletadas aleatoriamente com o uso de uma tarrafa. O experimento teve duração de 114 dias quando foi realizada uma biometria para coletar os dados finais.

Na pesagem dos indivíduos, utilizou-se uma balança digital do tipo Filizola, modelo MF-I, com precisão de 0,5g, e para as medições de comprimento total dos peixes, um ictiômetro com precisão de 0,1cm.

#### **3.3.4. Curvas de Crescimento**

Os dados obtidos nas biometrias realizadas no decorrer do cultivo forneceram as informações necessárias para a elaboração das curvas de crescimento, em comprimento total (cm/peixe) e em peso (g/peixe).



### 3.3.5. Acompanhamento da Capacidade Produtiva

Na Tabela 12 são indicados os principais parâmetros zootécnicos utilizados para a avaliação da capacidade produtiva dos tratamentos testados.

**Tabela 12 – Principais parâmetros zootécnicos analisados dos peixes cultivados nos Tratamentos 01, 02 e 03. Aquiraz, Ceará, 2007.**

PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS	Unidades
Crescimento em comprimento	(cm/peixe)
Crescimento diário	(cm/peixe/dia)
Ganho de peso	(g/peixe)
Ganho de peso diário	(g/peixe/dia)
Ganho de Biomassa	(g/m <sup>3</sup> )
Produtividade	(kg/ha/dia)
Taxa de conversão alimentar (CA)	-

Além dos parâmetros acima citados também foram determinadas as taxas de sobrevivência e mortalidade, dados estes também bastante significativos para a avaliação do potencial de produção desta atividade.

### 3.3.6. Qualidade do Pescado Produzido

Ao final do experimento, foram também enviadas amostras contendo os peixes vivos, bem como a água de seus viveiros de origem, que foram acondicionadas em caixas de isopor devidamente identificadas, ao Labomar

(Instituto de Ciências do Mar – UFC), para que fossem realizadas análises microbiológicas, no intuito de mensurar a presença de Coliformes Fecais Termotolerantes, *Estafilococcus Coagulase Positiva* e *Salmonella sp.* em três (03) tecidos: brânquias, pele e músculo, do pescado produzido nos Viveiros Experimentais. Os valores de referência para os padrões microbiológicos foram retirados da resolução RDC nº12 - ANVISA, de 02 de Janeiro de 2001.

### **3.3.7. Análises Estatísticas**

No intuito de garantir que os dados coletados nas amostragens de acompanhamento tivessem maior fidelidade com os resultados reais alcançados nos experimentos, assim como para assegurar a continuidade do experimento caso houvesse algum fenômeno isolado em algum dos tanques de cultivo, nos três tratamentos experimentais foram realizados os cultivos em triplicatas, por este motivo utilizou-se nove tanques; três tratamentos com três tanques em cada um deles.

As análises estatísticas dos dados de crescimento em comprimento (cm/peixe), ganho de peso (g/peixe), e ganho de biomassa (g/m<sup>3</sup>) foram realizadas usando o programa *BioEstat 4.0*, utilizando a metodologia estatística da Análise de Variância, também chamada de ANOVA (*Analysis of Variance*).

Foram feitos os testes de *Lilliefors* e *Shapiro-Wilk* para a verificação da normalidade entre os dados. Também, foi cumprida a homocedasticidade, condição exigida para tal.

Para identificação das diferenças entre as médias, como houve a homogeneidade entre as variâncias, utilizou-se o *teste de Tukey* considerando uma significância de 5,0% ( $\alpha = 0,05$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados alcançados no experimento realizado e os comentários pertinentes a cada um deles, serão relatados a seguir.

### 4.1. Acompanhamento da Qualidade de água

#### 4.1.1. Temperatura

As temperaturas médias nos três tratamentos durante o período de realização do experimento foram bastante semelhantes, ficando em 29,4°C para os tratamentos 1 e 2, e 29,2 °C para o tratamentos 3, diferença esta que não é significativa, conforme mostrado na Tabela 13.

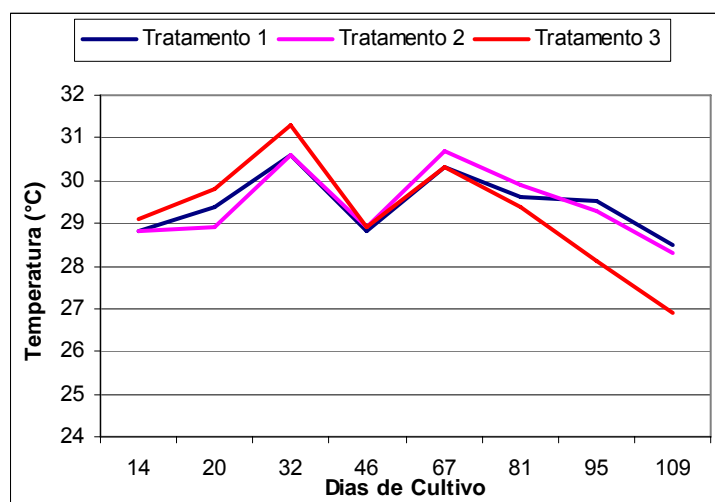
**Tabela 13 – Média, desvio padrão, máximo e mínimo de Temperatura dos tratamento 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Tratamentos	Média ± desvio padrão	Máximo	Mínimo
	(Valores em °C)		
1	29,4 ± 0,7	30,6	28,5
2	29,4 ± 0,9	30,7	28,3
3	29,2 ± 1,3	31,3	26,9

A faixa de temperatura ótima para o cultivo de peixes tropicais é de 25 a 32°C, e especificamente para a tilápia do Nilo, é a faixa entre 27 e 32°C,

sendo que, para engorda, estando a temperatura mantida entre 29 a 31°C o crescimento chega a ser até 3 vezes maior que a 20°C (BOYD, 1990; PROENÇA & BITTENCOURT, 1994; POPMA & LOVSHIN, 1996; KUBITZA,2000).

De acordo com as curvas de temperaturas medidas nos três tratamentos experimentais, podendo-se verificar que a temperatura da água nos tanques de cultivo manteve-se dentro dos limites ótimos para o crescimento da tilápia do Nilo (Figura 14).



**Figura 14 – Curvas de temperatura medidas na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

#### 4.1.2. pH x Nitrito

No cultivo da tilápia do Nilo utilizando efluentes de lagoas de estabilização, normalmente, não acontecem problemas de acidificação da água (valores baixos de pH), porém, são muito comuns picos de pH com valores

acima de 9,0 (MOSCOSO & GALECIO, 1978; KRACIK,1998; FELIZATTO,2000; PEREIRA, 2004).

Os valores de pH, neste experimento, apresentaram uma grande variação, no entanto, ficando sempre na faixa acima da neutralidade. Como se pode ver na Tabela 14, no Tratamento 1, o valor máximo de pH foi 11 e mínimo 9,2, estando a média em 9,7. Já para o Tratamento 2, o máximo foi de 10,5 e o mínimo de 7,9, sendo o valor médio de 9,1. O tratamento 3 foi o que apresentou a maior variação, com o máximo de 11,1 e o mínimo de 7,0, porém, o valor médio foi o mais baixo, ficando em 8,8.

De acordo com as faixas de valores de pH sugeridos por Boyd (1990), expostos na Tabela 2, valores de pH entre 9,0 e 11,0 causam crescimento lento.

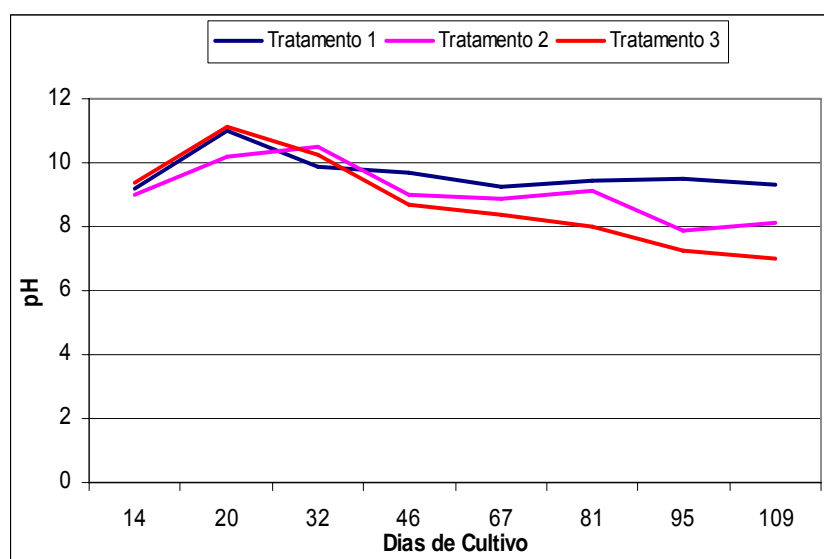
**Tabela 14 – Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de pH nos três tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Tratamentos	Média ± desvio padrão	Máximo	Mínimo
1	9,7 ± 0,6	11,0	9,2
2	9,1 ± 0,9	10,5	7,9
3	8,8 ± 1,4	11,1	7,0

O pH da água no cultivo de tilápias deve ser mantido entre 6,0 e 8,5. Com valores abaixo de 4,5 e acima de 10,5, a mortalidade é significativa. Em viveiros com excesso de fitoplâncton (águas muito verdes) e baixa alcalinidade total (<30 mg de CaCO<sub>3</sub>/l) o pH pode alcançar valores de 12, ao final da tarde,

em dias muito ensolarados; isto pode inibir o consumo de alimento e, se ocorrer com freqüência, afetar o crescimento dos peixes (KUBITZA, 2000).

Na Figura 15 pode-se observar as curvas de pH dos 3 tratamentos experimentais, onde é possível perceber que os picos de pH ocorreram somente no início do cultivo (entre o 20° e o 30° dia de cultivo), tendendo à estabilização dos valores em seus valores médios com o decorrer do tempo.



**Figura 15 – Curvas de pH medidos na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

A ocorrência de mortalidade direta devido à elevação do pH geralmente não é observada, no entanto, este fato pode potencializar os problemas de toxidez a partir dos compostos nitrogenados (KUBITZA, 1998). Por este motivo é importante a avaliação dos resultados de Nitrito obtidos nas amostras de água dos três tratamentos experimentais.

É necessário atenção quando as concentrações de nitrito excedem de 10 mg/l na forma de nitrito (cerca de 0,3 mg/l na forma de  $\text{NO}_2 - \text{N}$ ) (BOYD,1990). Em água doce, dependendo da espécie, concentrações de nitrito entre 0,7 e 2,0 mg/l podem causar massiva mortandade aos peixes, e quando expostos a níveis sub-letais (0,3 a 0,5 mg/l) podem sofrer redução no crescimento e na resistência a doenças (KUBITZA, 1998).

No Tratamento 1, os valores de Nitrito se mantiveram constantemente menores que 0,01. No Tratamento 2, a variação foi muito pequena, sendo o valor médio 0,01 mg/l, o máximo 0,02 mg/l e o mínimo menor que 0,01mg/l. Já no Tratamento 3, onde houve a maior variação, o valor médio foi 0,02 mg/l, o máximo foi 0,09 mg/l e o mínimo foi menor que 0,01 mg/l (Tabela 15).

**Tabela 15 – Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de Nitrito nos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Tratamentos	Média $\pm$ desvio padrão (Valores em mg de $\text{NO}_2\text{-N}$ /l)	Máximo	Mínimo
1	<0,01	<0,01	<0,01
2	0,01 $\pm$ 0,01	0,02	<0,01
3	0,02 $\pm$ 0,03	0,09	<0,01

Mesmo com os valores elevados de pH na água dos viveiros experimentais (Tabela 13), os valores de Nitrito (Tabela 14), se mantiveram bem abaixo do recomendado pela literatura consultada. Assim, é pouco



provável que este parâmetro de qualidade de água tenha provocado algum problema para os peixes cultivados neste experimento.

#### 4.1.3. OD x DQO

O Tratamento 1 apresentou o valor médio da concentração de OD de 7,6 mg/l, sendo o máximo de 10,16 mg/l e o mínimo de 2,09 mg/l. Já no Tratamento 2, a média foi de 6,4 mg/l, com máxima de 11,0 mg/l e mínima de 2,51 mg/l. O tratamento 3 apresentou o menor valor médio, que foi de 6,1 mg/l, e a maior variação, sendo a máxima de 11,72 mg/l e a mínima de 1,79 mg/l (Tabela 16).

**Tabela 16 – Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo de Oxigênio Dissolvido (OD) nos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Tratamentos	Média $\pm$ desvio padrão	Máximo	Mínimo
	(Valores em mg de O <sub>2</sub> /l)		
1	7,6 $\pm$ 2,7	10,16	2,09
2	6,4 $\pm$ 3,0	11,0	2,51
3	6,1 $\pm$ 4,0	11,72	1,79

A supersaturação do OD na água pode ser um problema no cultivo de peixes, principalmente quando realizado em águas com abundância de fitoplâncton, grandes responsáveis pela produção de O<sub>2</sub> no ambiente aquático.

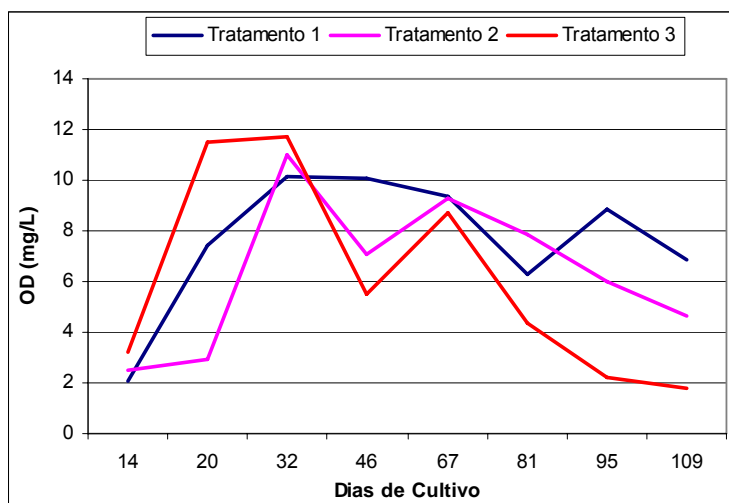
No entanto, mesmo no pico máximo da concentração de OD, que foi 11,72 mg/l no Tratamento 3, a saturação de oxigênio chegou apenas a 156,7% de saturação, sendo este valor bem abaixo do mencionado pela literatura para causar problema à população de peixes estocada.

Segundo Pavanelli *et al.* (1999), os peixes suportam até 300% de supersaturação de oxigênio, ocorrendo maior ou menor mortalidade de acordo com o estágio de vida dos peixes (as larvas morrem mais facilmente) com a ocorrência da Doença das Borbulhas.

Esta doença também denominada trauma das bolhas de gás, segundo Boyd (1990) pode causar a mortalidade de peixes através da formação de bolhas no sangue as quais causam efeitos adversos em vários órgãos e nos processos fisiológicos. Os animais que estão em ambiente com supersaturação de oxigênio e em seguida ficam expostos a águas com baixa saturação deste gás. A flutuação diária na saturação do oxigênio dissolvido acontece comumente em cultivos com utilização de esgoto doméstico.

A grande quantidade de algas existentes nas lagoas de estabilização produz oxigênio capaz de causar supersaturação durante o dia, mas durante a noite, devido a respiração, fazem com que as concentrações de oxigênio dissolvido atinjam concentrações menores do que 1 mg/L (PEREIRA, 2000).

Na Figura 16 estão mostradas as curvas dos valores médios de OD para os 3 tratamentos experimentais, onde é possível observar as grandes variações nas concentrações de oxigênio durante o período do experimento.



**Figura 16 – Curvas de OD medidos na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

A DQO, segundo APHA (1992), é utilizada como uma medida do equivalente de oxigênio do conteúdo de matéria orgânica de uma amostra suscetível de oxidação por um oxidante químico forte. Ou seja, é a quantidade de oxigênio necessária para realizar a degradação química da matéria orgânica em um meio aquático. Este parâmetro mostra a eficiência do sistema de tratamento de esgoto, pois, quanto menor a demanda por oxigênio, menor será a quantidade de matéria orgânica presente naquela água.

No Tratamento 1, os valores médio, máximo e mínimo foram os menores dos 3 tratamentos experimentais, sendo 177,4, 291,67 e 111,85 mg de  $O_2/l$ , respectivamente. No Tratamento 2, a média foi 257,9 mg de  $O_2/l$ , a máxima 333,07 mg de  $O_2/l$ , e a mínima foi 153,63 mg de  $O_2/l$ . Já no Tratamento 3 foram obtidos os resultados mais altos dos 3 tratamentos experimentais, onde o valor médio foi 265,6 mg de  $O_2/l$ , o máximo foi 494,0 mg de  $O_2/l$ , e o mínimo 131,07 mg de  $O_2/l$  (Tabela 17).

**Tabela 17 – Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo da Demanda Química de Oxigênio (DQO) nos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

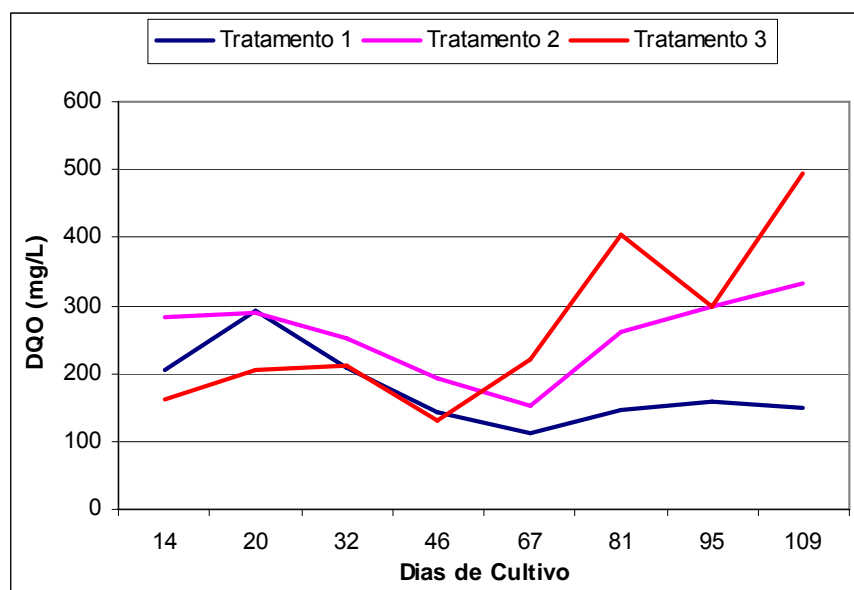
Tratamentos	Média ± desvio padrão	Máximo	Mínimo
	(Valores em mg de O <sub>2</sub> /l)		
1	177,4 ± 56,6	291,67	111,85
2	257,9 ± 58,6	333,07	153,63
3	265,6 ± 125,3	494,00	131,07

Na Figura 17 é possível observar as curvas referentes aos valores médios de DQO obtidos nos 3 tratamentos experimentais, onde o Tratamento 1 foi o único que apresentou uma melhora na qualidade da água, isto é, houve uma diminuição no valor da DQO de aproximadamente 27%, pois na primeira medição o valor de DQO era de 206,67 mg de O<sub>2</sub>/l, e na última medição passou a ser 150,6 mg de O<sub>2</sub>/l.

No Tratamento 2 houve, no início do experimento, uma diminuição da DQO de 283,33 mg de O<sub>2</sub>/l para 153,63 mg de O<sub>2</sub>/l, diminuição de aproximadamente 45%. No entanto, após este fato houve um aumento da DQO chegando ao valor máximo, última medição, de 333,07 mg de O<sub>2</sub>/l, sendo este valor aproximadamente 217% maior que o anterior e aproximadamente 117,5% maior que o inicial, caracterizando uma piora na qualidade da água no decorrer do cultivo.

O Tratamento 3 foi o que mais oscilou em relação a DQO, pois, no início do experimento a água apresentou a melhor qualidade dentre as três, estando o valor de DQO em 161,67 mg de O<sub>2</sub>/l, depois houve uma leve subida

até 211,63 mg de O<sub>2</sub>/l, e um decréscimo na DQO até o valor de 131,07 mg de O<sub>2</sub>/l, então subiu novamente até alcançar 404,43 mg de O<sub>2</sub>/l e novamente decaiu para 296,9 mg de O<sub>2</sub>/l, então na última medição o valor encontrado foi de 494,0 mg de O<sub>2</sub>/l. Comparando os valores do início e fim do experimento houve um aumento de aproximadamente 305%.

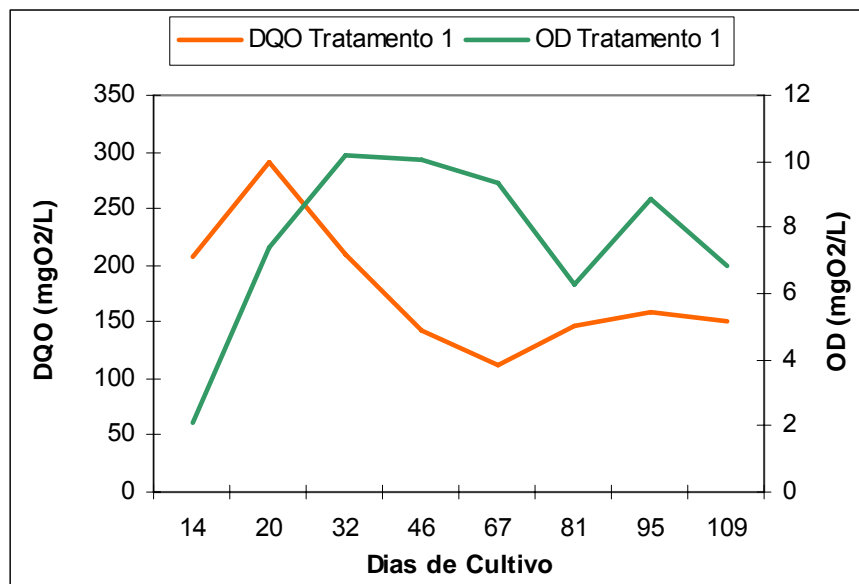


**Figura 17 – Curvas de DQO medidos na água dos tanques dos tratamentos experimentais 1, 2 e 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Para a melhor visualização da relação entre a concentração de OD e a DQO, foram lançadas em um mesmo gráfico as curvas destes dois parâmetros para cada um dos tratamentos experimentais.

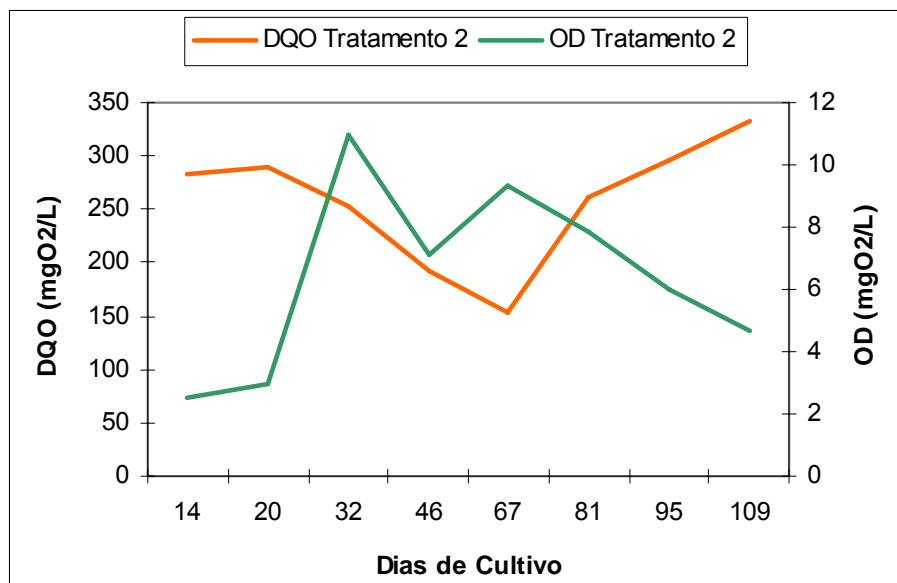
Na Figura 18 pode-se observar a relação existente entre as curvas de OD e DQO para o Tratamento 1. Inicialmente tem-se um valor baixo de OD e relativamente alto de DQO; com o decorrer do cultivo a tendência se inverte, passando a apresentar uma elevação da concentração de OD e uma

diminuição na DQO. Até que o ambiente tende à estabilização ficando com valores em um patamar equilibrado para ambos os parâmetros.



**Figura 18 – Curvas de OD e DQO medidos na água dos tanques do tratamento experimental 1 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Assim como no Tratamento 1, pode-se observar, na Figura 19, que no início do experimento no Tratamento 2 o valor de OD era baixo e o de DQO relativamente alto, com o decorrer do experimento o OD tendeu a subir e a DQO a descer, mas, diferentemente do Tratamento 1, não houve estabilização no ambiente, e ao final do experimento os níveis de DQO estavam aumentando, e, conseqüentemente, a concentração de OD decrescendo.



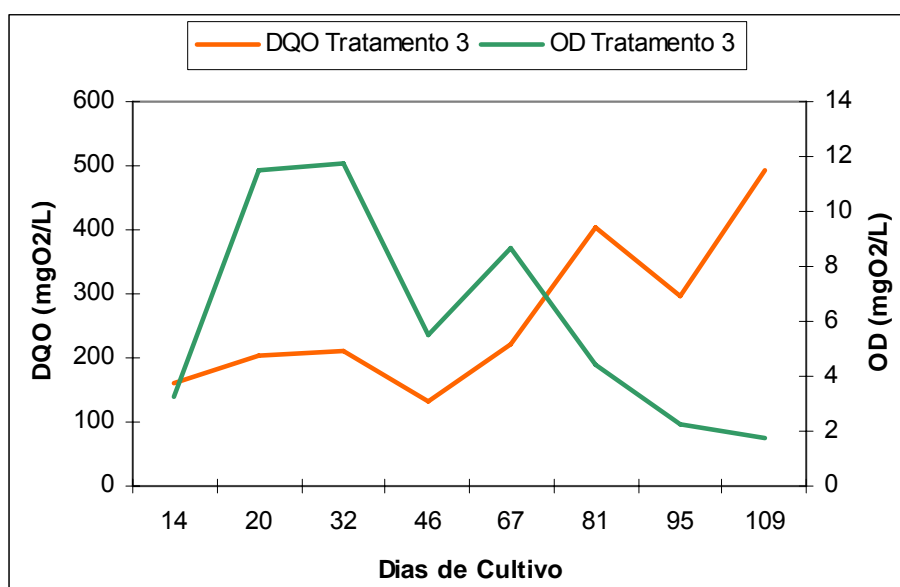
**Figura 19 – Curvas de OD e DQO medidos na água dos tanques do tratamento experimental 2 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Ceará, 2007.**

Neste tratamento foi ofertada ração comercial em taxas 50% menores que as indicadas pelo fabricante, conforme o delineamento do experimento. Este fato provavelmente contribuiu para o aumento da DQO, por causa do aporte de matéria orgânica proveniente das inevitáveis sobras de ração e das fezes dos peixes.

No tratamento 3 foi ofertada ração comercial conforme o indicado pelo fabricante, isto é, o dobro do Tratamento 2. Da mesma forma que neste tratamento, no Tratamento 3 também não houve estabilização do ambiente, sendo ainda mais abrupta a reação dos dois parâmetros, ficando a DQO ainda mais alta que a anterior e, com isso, a concentração de OD ainda mais baixa, chegando a valores que comprometeram o cultivo (Figura 20). As duas últimas medições representaram um período de 14 dias onde foram encontrados valores de concentração de OD de 2,24 mg/l e 1,79 mg/l.

Segundo Proença & Bittencourt (1994), a maior parte dos peixes morre quando o teor de oxigênio dissolvido é igual ou inferior a 1 mg/L. Entre 1 mg/L e 3 mg/L está o nível sub letal, quando os peixes gastam muita energia para respirar e não crescem.

As tilápias toleram baixas concentrações de OD na água, porém, se freqüentemente expostas ao baixo OD, ficam mais susceptíveis a doenças e apresentam desempenho reduzido. Os níveis de OD acima de 3,0 a 3,5 mg/l são ótimos para o cultivo dessa espécie (KUBITZA, 2000).



**Figura 20 – Curvas de OD e DQO medidos na água dos tanques do tratamento experimental 3 no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

#### **4.2. Curvas de Crescimento**

As curvas de crescimento são uma representação gráfica do desenvolvimento dos peixes que estão sendo cultivados. No caso do presente



trabalho, as curvas foram feitas a partir dos valores médios de comprimento total (Lt), que são expressos em cm/peixe, e de peso médio (W), que são expressos em g/peixe.

Pode-se observar na Tabela 18 os valores médios e desvio padrão encontrados nas biometrias realizadas nos 3 tratamentos experimentais. A partir destes dados foram traçadas as curvas de crescimento em comprimento total (Lt), que estão mostradas na Figura 21.

Ao se verificar os valores correspondentes ao 114º dia de cultivo, equivalente ao final do experimento, é possível observar que o melhor resultado foi o do Tratamento 2, onde o valor de comprimento total médio para este tratamento foi de  $22,0 \pm 1,71$  cm/peixe, seguido pelo Tratamento 1, com  $20,4 \pm 1,26$  cm/peixe, e este com o resultado praticamente igual, pelo Tratamento 3, com  $20,0 \pm 2,76$  cm/peixe.

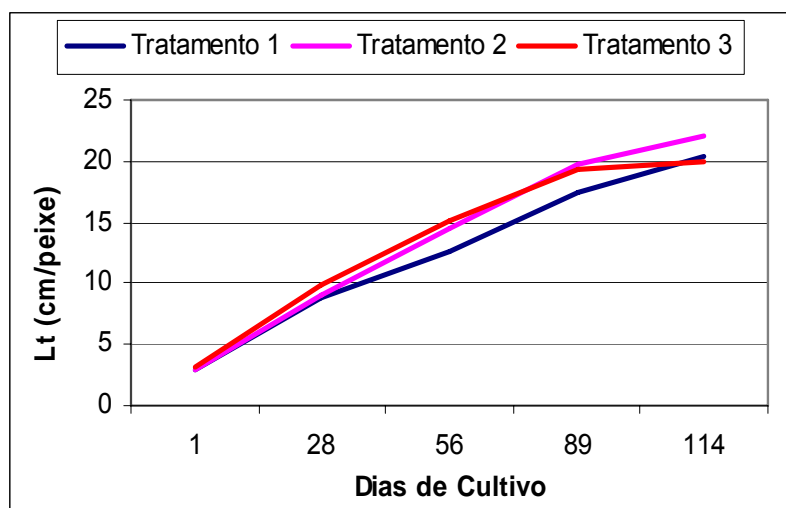
**Tabela 18 – Valores médios e desvio padrão do comprimento total (Lt) dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Dias de Cultivo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
	Lt (cm/peixe)		
1	$3,0 \pm 0,40$	$2,9 \pm 0,40$	$3,2 \pm 0,40$
28	$8,8 \pm 1,00$	$9,1 \pm 0,73$	$9,9 \pm 1,02$
56	$12,6 \pm 1,66$	$14,6 \pm 1,83$	$15,2 \pm 1,34$
89	$17,4 \pm 1,65$	$19,7 \pm 1,65$	$19,4 \pm 1,49$
114	$20,4 \pm 1,26$	$22,0 \pm 1,71$	$20,0 \pm 2,76$

Na figura 21 estão representadas graficamente as curvas de crescimento em comprimento total (Lt) médio, onde foi observada a confirmação dos resultados descritos no parágrafo anterior, sendo o Tratamento 2 com o melhor resultado, seguido do Tratamento 1 e do Tratamento 3.

É válido salientar quanto a queda no rendimento apresentado pelo Tratamento 3, que até a biometria realizada no 56º dia de cultivo vinha apresentando o melhor resultado, e a partir da biometria do 89º dia de cultivo caiu para o segundo melhor, e ao final do experimento foi o pior resultado dentre os três tratamentos.

Esta queda no rendimento pode ser explicada pela baixa concentração de OD apresentada no Tratamento 3, que, no 89º dia de cultivo, estava com 3,0 mg/l e na última medição realizada no 109º dia de cultivo estava com 1,79 mg/l.



**Figura 21 – Curvas de crescimento em comprimento total (Lt) médio dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

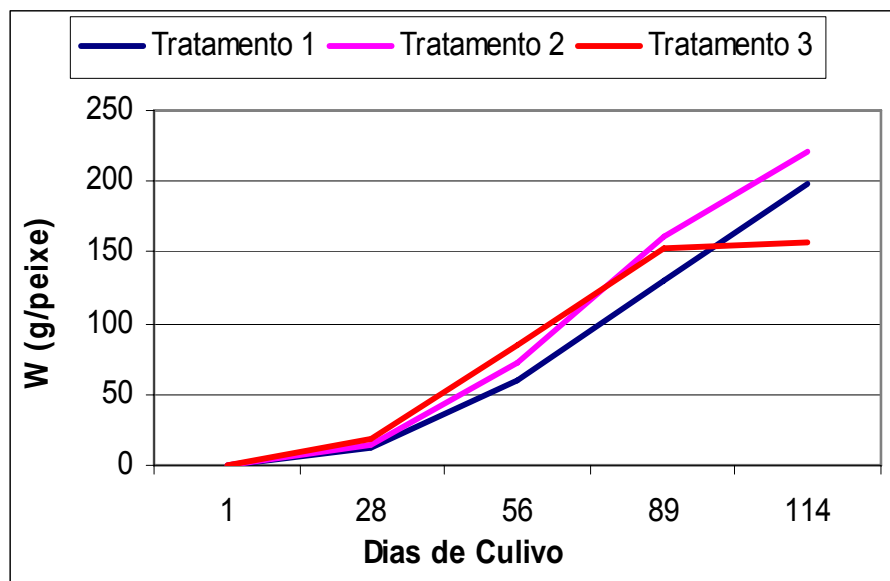
Os valores médios e desvio padrão para peso (W) dos três tratamentos experimentais, obtidos nas biometrias realizadas durante o período do cultivo, são mostrados na Tabela 18.

O melhor resultado foi apresentado no Tratamento 2, com  $221,30 \pm 32,09$  g/peixe, seguido pelos Tratamento 1 e 3, com  $198,60 \pm 29,18$  g/peixe e  $158,00 \pm 63,47$  g/peixe, respectivamente.

**Tabela 19 – Valores médios e desvio padrão do peso (W) dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Dias de Cultivo	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
	W (g/peixe)		
1	$0,45 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,02$	$0,45 \pm 0,02$
28	$12,60 \pm 1,64$	$13,70 \pm 1,64$	$19,60 \pm 2,61$
56	$60,60 \pm 19,99$	$73,30 \pm 16,01$	$85,00 \pm 8,42$
89	$129,70 \pm 25,27$	$162,10 \pm 16,69$	$153,10 \pm 23,85$
114	$198,60 \pm 29,18$	$221,30 \pm 32,09$	$158,00 \pm 63,47$

As curvas de crescimento, em peso (W) médio, podem ser vistas na Figura 22, onde pode ser constatado que os resultados de peso médio confirmaram os de comprimento total médio anteriormente descritos, com a queda do rendimento do Tratamento 3, que era o melhor até a biometria do 56° dia de cultivo, passando para segundo na biometria do 89° dia de cultivo e então para o pior dentre os três tratamentos, no 114° dia de cultivo, final do experimento.



**Figura 22 – Curvas de crescimento, em peso (W) médio, dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Felizatto (2000), cultivando tilápia do Nilo, alcançou, em 120 dias de experimento, peso médio de 107,0 g/peixe. Já Pereira (2004), obteve em seu experimento com a mesma espécie, que teve duração de 128 dias, peso médio dos peixes ao final do cultivo de 126,9 g/peixe, o que nos remete a considerar os resultados atingidos muito bons, nos três tratamentos do presente experimento.

Na Figura 23 podem ser vistas amostras dos peixes ao final do período experimental, para os três tratamentos.



A - Amostra do Tratamento 1; B- Amostra do Tratamento 2; C - Amostra do Tratamento 3

**Figura 23 – Amostra dos peixes ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

#### **4.3. Taxa de Sobrevivência**

Foi realizado o acompanhamento diário da mortalidade, sendo anotado o número de peixes que apareciam boiando nos nove viveiros experimentais correspondentes aos três tratamentos, e os valores foram conferidos ao final do período experimental com a contagem do estoque remanescente.

No 37° dia de cultivo ocorreu uma mortalidade massiva dos peixes estocados no Viveiro Experimental 03 (VE-03) do Tratamento Experimental 1, em que foram registrados 116 peixes mortos, equivalente a 77,3% do estoque inicial. Portanto a sobrevivência foi apenas 22,7% logo no início do cultivo neste viveiro.

Não se dispõe de dados de qualidade de água que possam explicar este fato, porém é válido salientar que no mesmo dia ocorreram mortalidades

massivas de peixes em várias pisciculturas em todo o estado, que também não foram explicadas com clareza, e que se associou a fenômenos meteorológicos.

É importante enfatizar que a mortalidade ocorreu apenas no VE-03, nos levando a desconsiderar os dados obtidos neste para os resultados do Tratamento 01 a partir deste momento, pois, caso fosse problema na qualidade do esgoto utilizado para abastecer os viveiros experimentais, o problema teria acontecido nos nove viveiros experimentais, ou pelo menos nos três viveiros do Tratamento 01. Desta forma, a taxa de sobrevivência média para este tratamento de 100%, pois não foi observada nenhuma mortalidade nos Viveiros Experimentais 01 e 02 deste mesmo tratamento.

No Tratamento 02 não foi observado nenhum caso de mortalidade massiva no decorrer do cultivo e ao final do período experimental a sobrevivência média para este tratamento foi de 98,4% da população inicialmente estocada.

No 91°, 99° e 105° dias de cultivo ocorreram as mortalidades de 34, 3 e 2% totalizando 39% da população inicialmente estocada no Viveiro Experimental 09 (VE-09) do Tratamento 03. No Viveiro Experimental 08 (VE-08) foi observada a mortalidade de 1,3% da população estocada, dividida entre o 39° e o 44° dia de cultivo, o que nos leva à taxa de sobrevivência de 98,7%.

Já para o Viveiro Experimental 07 (VE-07) do mesmo tratamento, ocorreu uma mortalidade de 79,3% da população estocada, no 110° dia de cultivo. Este fato foi decisivo para a definição do término do experimento no 115° dia de cultivo, pois estava se observando a depleção da qualidade da água nos tratamentos experimentais, conforme citado no item 5.1., e poderia se

perder os dados restantes caso ocorresse mortalidade total dos peixes estocados.

Assim, para o Tratamento 03 a taxa de sobrevivência média foi de 59,6% da população inicialmente estocada.

Os resultados das taxas de sobrevivências médias finais para os três tratamentos experimentais podem ser vistos na Tabela 20.

**Tabela 20 – Taxas de sobrevivência finais nos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reúso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
Taxa de Sobrevivência	100%	98,4%	59,6%

Após a coleta dos dados finais do experimento, se decidiu continuar com o cultivo até alcançar os 160 dias, para a verificação da evolução do desenvolvimento dos peixes, porém sem validade para o experimento.

Foi observado que no 120° dia de cultivo houve casos de mortalidade nos viveiros do Tratamento 3. Então, foi feita a despesca total dos três viveiros deste tratamento onde foram obtidas as sobrevivências, para o VE-07 de 7 peixes, o que equivale a 1,4% da população anteriormente estocada; para o VE-08 de 17 peixes, equivalente a 11,3%; e para o VE-09 foram 39 peixes, que corresponde a 26,0% do estoque inicial.

No 128° dia de cultivo ocorreu um novo caso de mortalidade massiva, desta vez no VE-04, com a morte de 114 peixes, o que nos remete à taxa de sobrevivência de 24,7%. Já no VE-06 foi observado que do 132° ao 140° dias

de cultivo ocorreram mortalidades quase que diárias, totalizando 100 peixes, gerando uma sobrevivência de 33,3%.

Porém, na despesca final, que ocorreu no 160º dia de cultivo, foram observados para os viveiros experimentais VE-04 e VE-06 a mortalidade de 100% do estoque inicial. Assim, a sobrevivência foi de 0% para estes dois viveiros. Já o VE-05 apresentou uma sobrevivência de 70% da população inicialmente estocada, tendo sido retirados 112 peixes ao final dos 160 dias de cultivo.

Nos viveiros do Tratamento 01, após os 160 dias de cultivo, foram despescados, no VE-01, 145 peixes e, no VE-02, 98 peixes, sendo as taxas de sobrevivências, respectivamente, 96,7% e 65,3%.

#### **4.4. Acompanhamento da Capacidade Produtiva**

Nos trabalhos que abordam o reúso de água em piscicultura, assim como os que tratam da piscicultura em geral, é comum se fazer o acompanhamento da capacidade produtiva para avaliar o desempenho do cultivo realizado, fazendo comparação com os dados anteriormente existentes.

Para realizarmos este acompanhamento foram medidos alguns dos principais parâmetros zootécnicos utilizados na piscicultura convencional, e que são normalmente utilizados nos trabalhos científicos na área da aqüicultura. Seguem os resultados e os comentários pertinentes para as avaliações.



#### 4.4.1. Parâmetros Zootécnicos

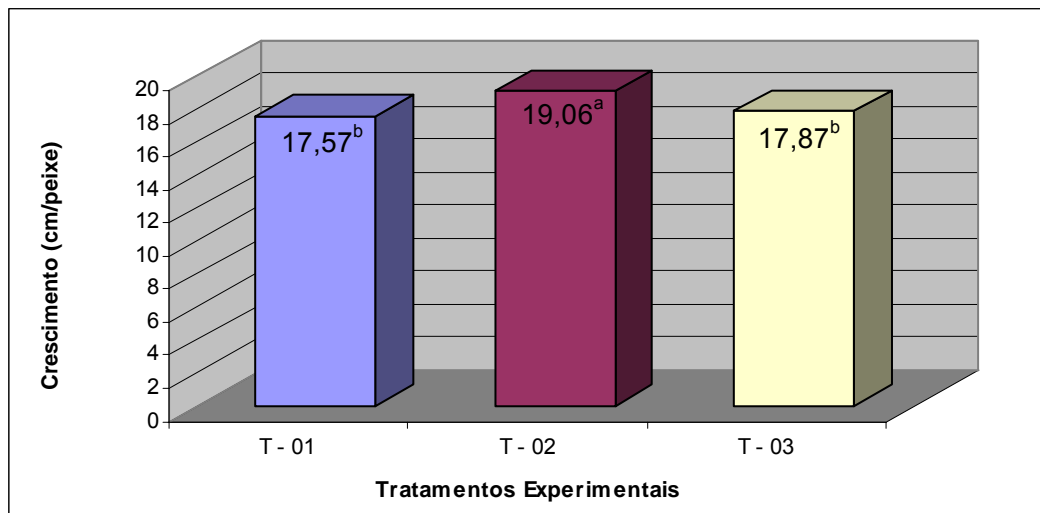
##### 4.4.1.1. Crescimento em Comprimento (cm/peixe)

O acompanhamento do crescimento em comprimento foi realizado a partir dos dados de crescimento, em centímetros, obtidos nas biometrias e, no caso do resultado de crescimento final, foram utilizados os dados obtidos na despesca ao final do experimento.

Para o Tratamento 1, o crescimento em comprimento chegou a 17,57 cm/peixe, para o Tratamento 2 foi de 19,06 cm/peixe e para o Tratamento 3 chegou a 17,87 cm/peixe.

Para análise estatística dos dados de crescimento em comprimento (cm/peixe) foi utilizada a ANOVA e o *teste de Tukey* considerando uma significância de 5,0% ( $\alpha = 0,05$ ), não tendo sido observada diferença significativa para os Tratamentos 1 e 3, representada pela letra “b”, igual para os dois tratamentos. Já para o Tratamento 2, foi observada diferença estatística para os outros dois tratamentos, representada pela letra “a”, que apareceu somente no resultado deste. Assim, pode-se afirmar que o melhor resultado para o crescimento, em comprimento, foi o do Tratamento 2, sendo este o melhor tratamento experimental para este parâmetro zootécnico.

Os valores obtidos de crescimento de comprimento (cm/peixe), assim como o resultado das análises estatísticas, representados pelas letras “a” e “b” podem ser vistas na Figura 24.



**Figura 24 – Representação gráfica do crescimento em comprimento (cm/peixe), ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Dentre os experimentos realizados utilizando esgoto doméstico na piscicultura, podemos citar os resultados descritos a seguir:

Felizatto (2000), em 120 dias de cultivo, obteve crescimento médio de 12,5 cm/peixe. Santos *et al.* (2007), obtiveram, em um cultivo de 149 dias, crescimento de 14,6 cm/peixe, com aeração mecânica suplementar, 7,6 cm/peixe e 6,2 cm/peixe sem aeração suplementar, o que nos remete a considerar que os resultados obtidos neste experimento foram muito bons, pois os três tratamentos experimentais apresentaram crescimento melhor que os obtidos pelos autores citados.

#### **4.4.1.2. Ganho de Peso (g/peixe)**

O ganho de peso (g/peixe) também foi acompanhado por meio dos dados de peso médio coletados nas biometrias realizados durante o período de cultivo, e o resultado final obtido para o ganho de peso foi encontrado a partir da diferença do peso médio obtido na despesca pelo peso médio obtido na amostragem do povoamento.

Os resultados de ganho de peso (g/peixe) obtidos para os Tratamentos 1, 2 e 3 foram, respectivamente: 198,12 g/peixe, 220,81 g/peixe e 173,70 g/peixe.

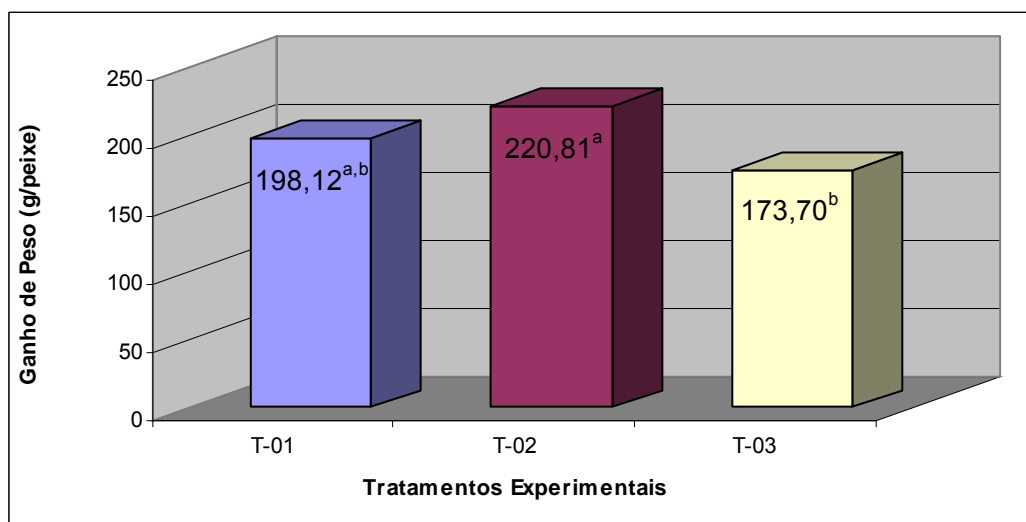
Os resultados de ganho de peso (g/peixe) obtidos foram submetidos à análise estatística ANOVA e ao *teste de Tukey* considerando uma significância de 5,0% ( $\alpha = 0,05$ ), não tendo sido observada diferença significativa para os Tratamentos 1 e 2, representada pela letra “a”, igual para os dois tratamentos. Quando comparados os Tratamentos 2 e 3, também não foi observada diferença significativa, representada pela letra “b” igual para os dois tratamentos. Já quando comparados os Tratamentos 1 e 3, foi observada diferença estatística entre eles o que se representou pelas letras “a” e “b” diferentes entre eles.

Desta forma, foi difícil eleger qual o melhor tratamento, pois o Tratamento 2 apresentou o melhor resultado, 220,81 g/peixe, mas é estatisticamente semelhante ao Tratamento 1, 198,12 g/peixe, e este é estatisticamente semelhante ao Tratamento 3, 173,70 g/peixe.

Como para o crescimento em comprimento o Tratamento 2 obteve o melhor resultado, e para o ganho de peso pode-se dizer que houve um

“empate”, poderia se eleger o Tratamento 2 como sendo o melhor tratamento experimental, quando analisados os dois parâmetros zootécnicos em conjunto.

Os valores obtidos de ganho de peso (g/peixe), assim como o resultado das análises estatísticas, representado pelas letras “a” e “b”, podem ser vistos na Figura 25.



**Figura 25 – Representação gráfica do ganho de peso (g/peixe), ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Felizatto (2000) alcançou resultados de ganho de peso na ordem de 82 g/peixe em 120 dias de cultivo. Bastos *et al.* (2003) relataram resultados de 100 g/peixe em 100 dias de cultivo. Pereira (2004) obteve resultado de 126,10 g/peixe em 180 dias de cultivo. Santos *et al.* (2007) alcançaram 636,84 g/peixe, com aeração mecânica, 227,64 e 201,64 g/peixe, em condições semelhantes à deste experimento.

#### **4.4.1.3. Ganho de Biomassa (g/m<sup>3</sup>)**

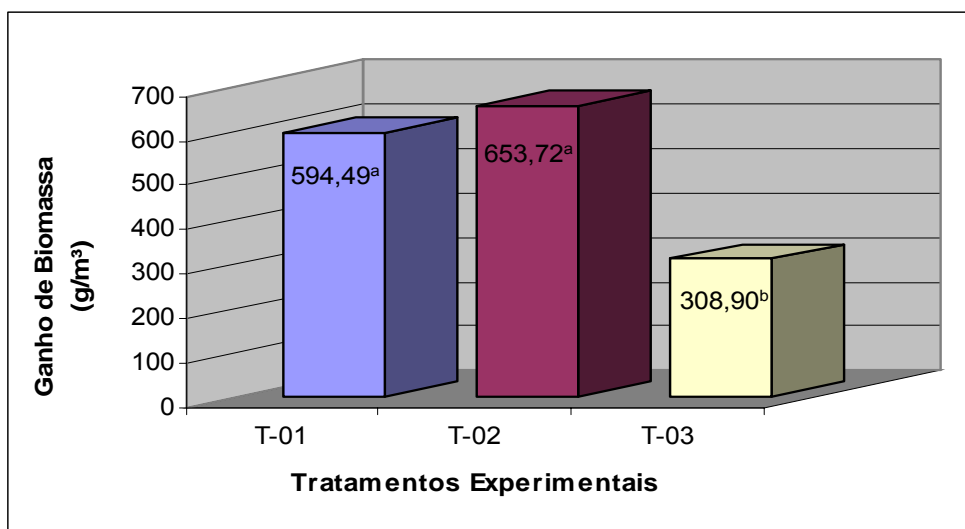
A biomassa foi obtida em gramas por metro cúbico (g/m<sup>3</sup>), e a determinação do ganho de biomassa foi feito por intermédio da diferença entre a biomassa calculada no início do experimento e a encontrada ao final do experimento. A biomassa é calculada por meio da relação entre o peso e o número de peixes existentes em uma determinada unidade de volume.

Assim como os resultados de crescimento em comprimento (cm/peixe) e de ganho de peso (g/peixe), os de ganho de biomassa também foram submetidos a análise estatística ANOVA e ao *teste de Tukey* considerando uma significância de 5,0% ( $\alpha = 0,05$ ), não tendo sido observada diferença significativa para os Tratamentos 1 e 2, representada pela letra “a”, igual para os dois tratamentos. Quando comparados os Tratamentos 1 e 3, foi observada diferença estatística entre eles, o que se representou pelas letras “a” e “b” diferentes entre eles. Já quando comparados os Tratamentos 2 e 3, também foi observada diferença significativa, representadas pelas letra “a” e “b” diferentes para os dois tratamentos.

O Tratamento 2 obteve o melhor resultado, 653,72 g/m<sup>3</sup>, porém este é considerado estatisticamente semelhante ao Tratamento 1, 594,49 g/m<sup>3</sup>, assim, para eleger o melhor tratamento experimental deve-se fazer a análise em conjunto, assim como foi feito para o ganho de peso, ficando novamente o Tratamento 2 como melhor resultado dentre os três tratamentos testados.

O Tratamento 3 foi o de pior resultado, ficando com o ganho de biomassa igual a 308,90 g/m<sup>3</sup>.

Os valores obtidos de ganho de biomassa ( $\text{g/m}^3$ ), assim como o resultado das análises estatísticas, representados pelas letras “a” e “b”, podem ser vistos na Figura 26.



**Figura 26 – Representação gráfica do ganho de biomassa ( $\text{g/m}^3$ ), ao final do cultivo nos três tratamentos experimentais realizados no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

Os resultados obtidos por Santos *et al.* (2007) de  $888,2 \text{ g/m}^3$ , para tratamento com aeração mecânica,  $24,4 \text{ g/m}^3$  e  $175,8 \text{ g/m}^3$ , para tratamento com esgoto doméstico tratado e sem aeração mecânica, também nos mostram o bom resultado alcançado no presente experimento.

#### **4.4.1.4. Produtividade ( $\text{kg/ha/dia}$ )**

Este parâmetro zootécnico é amplamente discutido nas literaturas especializadas na área e se refere a uma biomassa existente em um

determinado ambiente de cultivo. Relaciona-se a produtividade com uma unidade temporal, como um período de cultivo (ciclo de produção), ano ou dia. Ter-se-ia, então, neste caso, por exemplo, kg/m<sup>3</sup>/ano ou kg/ha/dia, que foi a unidade utilizada neste experimento.

O Tratamento 1 apresentou produtividade de 37,0 kg/ha/dia, sendo este o segundo melhor resultado, que foi superado pelo Tratamento 2, com 57,3 kg/ha/dia, e o pior resultado alcançado foi o do Tratamento 3 com 27,0 kg/ha/dia. Estes resultados ficaram coerentes com os resultados anteriormente alcançados na literatura consultada conforme pode ser observado nos comentários abaixo.

A bibliografia consultada aponta diversos resultados com a utilização de esgoto doméstico, dos quais pode-se enfatizar os alcançados por Olah (1980) que conseguiu 4,72 kg/ha/dia e Srinivasan (1980) alcançou 29,44 kg/ha/dia. Edwards *et al.* (1981) conseguiram rendimentos extrapolados de 44-55 kg/ha/dia, Polprasert (1984), 15,65 kg de Tilápia/ha/dia, Sharma *et al.* (1987) conseguiram produzir 20,91 kg/ha/dia, El-Gohary *et al.* (1995) alcançaram 71,5 kg/ha/dia. Moscoso (1998), em condições mais extensivas de cultivo, conseguiu 32,01 kg/ha/dia, já em Leon e Moscoso (1999) foram alcançadas as produtividades de 6,14, 8,21 e 2,51 kg/ha/dia para a densidade de 3 peixes/m<sup>2</sup>. Pereira (2004) alcançou produtividade de 21,15 kg/ha/dia com densidade de 3 peixes/m<sup>2</sup>. Santos *et al.* (2007) obtiveram produtividades de 62,28 kg/ha/dia no tratamento com aeração mecânica, 1,63 e 11,79 kg/ha/dia nos tratamentos sem aeração mecânica.

#### **4.4.1.5. Conversão Alimentar (CA)**

A relação entre a energia ingerida pelo indivíduo cultivado e a energia depositada nos tecidos, ou é chamada de Conversão Alimentar, resultando em ganho de peso. O fator de conversão alimentar (CA) refere-se a relação entre o consumo de ração (em kg) e a produção (final, em kg) de um determinado cultivo.

O tratamento 1 não recebeu fornecimento de ração, o que levou ao valor de CA igual a zero. Isto é, não foi necessário nenhum quilograma de ração para que fosse formado um quilograma de biomassa de peixe. Este fato aconteceu porque os peixes aproveitaram a biomassa algal presente no esgoto tratado para se alimentar e produzir sua biomassa corpórea. Este é o resultado que se espera para o cultivo com efluente de esgoto doméstico tratado: a produção de peixe com custo de ração zero.

No Tratamento 2 o resultado de CA foi de 0,54. Portanto, foram necessários 540g de ração para se produzir um quilograma de peixe, o que é um ótimo resultado para os padrões da piscicultura tradicional, onde, comumente, para peixes com peso dos obtidos neste experimento, se alcança CA em torno de 1,2, ainda mais levando-se em consideração que o tratamento experimental consta do fornecimento da metade da quantidade de ração indicada pelo fabricante.

Já para o Tratamento 3 a CA foi de 2,57. Isto quer dizer que foram necessários 2,57kg de ração para se produzir um quilograma de peixe, estando este valor bem acima do 1,2 anteriormente mencionado como o comumente



alcançado, o que inviabiliza este Tratamento, pelo custo elevadíssimo de ração necessária para a produção do peixe.

Na Tabela 20 está apresentado o resumo dos resultados dos principais parâmetros zootécnicos discutidos acima assim como, para complementar as informações, são mostrados também os valores de crescimento diário (cm/peixe/dia) e ganho de peso diário (g/peixe/dia).

**Tabela 21 – Resultados dos principais parâmetros zootécnicos avaliados nos peixes dos três tratamentos experimentais no Centro Experimental de Reuso de Águas, Aquiraz, Ceará, 2007.**

PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS	Tratamentos		
	1	2	3
Crescimento em comprimento (cm/peixe)	17,57 ± 1,30	19,30 ± 1,34	17,87 ± 1,98
Crescimento diário (cm/peixe/dia)	0,154	0,169	0,156
Ganho de peso (g/peixe)	198,12 ± 29,18	220,81 ± 32,09	173,7 ± 51,42
Ganho de peso diário (g/peixe/dia)	1,737	1,936	1,523
Ganho de Biomassa (g/m <sup>3</sup> )	395,95 ± 58,36	653,72 ± 94,98	308,90 ± 91,53
Produtividade (kg/ha/dia)	34,7	57,3	27,0
Conversão alimentar (CA)	0	0,54	2,57

#### 4.5. Qualidade do Pescado Produzido

Ao final do experimento, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor devidamente identificadas e enviadas, ao Labomar (Instituto de Ciências do Mar – UFC), para que fossem realizadas análises microbiológicas no intuito de mensurar a presença de Coliformes Fecais Termotolerantes, *Estafilococcus Coagulase Positiva* e *Salmonela sp.* em três (03) tecidos: brânquias, pele e músculo, do pescado produzido nos Viveiros Experimentais.

Os valores de referência para os padrões microbiológicos foram retirados da resolução RDC nº12 - ANVISA, de 02 de Janeiro de 2001, que são, para *Estafilococcus Coagulase Positiva* o limite máximo de  $10^3$  Unidades Formadoras de Colônia (UFC)/g; para *Salmonela sp.* é a ausência de *Salmonela*/25g de tecido e para Coliformes Fecais Termotolerantes não existe valor de referência, pois se considera que o alimento não será consumido *in natura*, sendo que no processo de preparo do alimento é feito o tratamento térmico.

Os resultados das amostras analisadas ficaram dentro dos padrões da resolução tomada como referência, exceto uma amostra de brânquia proveniente do Tratamento 3, que ficou com o valor de *Estafilococcus Coagulase Positiva* igual a  $2,0 \times 10^4$  UFC/g, enquanto que o valor limite é de  $10^3$  UFC/g. No entanto, isto aconteceu apenas neste tecido desta amostra, em que se deve considerar que a brânquia não é um tecido do pescado que é consumido, pois, quando se “trata” o peixe para o consumo, são retiradas as escamas, o trato digestório, as nadadeiras e as brânquias. Assim não se descartaria totalmente esse pescado para o consumo humano.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nesta dissertação e dos aspectos principais discutidos acerca das hipóteses levantadas, pode-se concluir que:

- A partir dos dados apresentados da qualidade físico-química da água, principalmente da relação da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) x Demanda Química de Oxigênio (DQO), com o maior fornecimento de ração, aconteceu uma depleção da concentração de OD mais acentuada e mais cedo em relação ao tempo de cultivo, em comparação com o tratamento experimental que recebeu uma menor taxa de arraçoamento e com o que não recebeu alimentação artificial, que tendeu a um equilíbrio desta relação.
- O Tratamento 2, que foi composto de três viveiros abastecidos com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização e nos quais foi ofertada a metade da taxa de arraçoamento indicada pelo fabricante da ração comercial, apresentou o melhor resultado conjunto dos parâmetros zootécnicos, sendo esta a melhor metodologia a ser aplicada quando as outras condições de cultivos forem semelhantes às apresentadas neste trabalho.
- As amostras analisadas ficaram dentro dos padrões estabelecidos na resolução RDC nº12 - ANVISA, de 02 de Janeiro de 2001, que foi tomada como parâmetro para avaliação da qualidade, exceto uma

amostra de brânquia proveniente do Tratamento 3. Porém, não se deve descartar totalmente esse pescado para o consumo humano, sendo necessário apenas um pouco mais de cuidado na sua manipulação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. AWWA. WPCF. Métodos Normalizados para el Analisis de Aguas Residuales. Ed. Diaz de Santos, S.A. Madrid., 1992.
- AQUINO, M. D.; GRADVOHL, S. T. S.; SANTOS, E. S. Reúso em piscicultura. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. (Organizadores) Reúso de águas em irrigação e piscicultura. 2007. p. 149 - 172.
- BASTOS, R. K. X. et al. Introdução. In: BASTOS, R. K. X. (Coordenador). Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ: Rima, ABES, 2003a. p. 1-22.
- BASTOS, R. K. X. et al. Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R. K. X. (Coordenador). Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ: Rima, ABES, 2003b. p. 193-223.
- BOYD, C. E. Water quality management and aeration in shrimp farming. Alabama. Fisheries and Allied Aquacultures Departmental Series No. 2. 1989. 79 p.
- BOYD, C. E. Water Quality in Ponds for Aquacultura. Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. Alabama, 1990. 482 p.
- BREGA FILHO, D. B. & MANCUSO P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO P. C. S. & SANTOS, H. F. (ed). Reúso de Água. Barueri, SP.: Manole, 2003.
- BURAS, N. L.; DUEK, L.; NIV, S.; HEPHER, B.; SANDBANK, E. Microbiological aspects of fish grown in treated wastewater. *Water Res.* 21(1):1-10. 1987.
- BURAS, N.. Microbial safety of produce from wastewater-fed aquaculture. p. 285-295. In R.S.V. Pullin, H. Rosenthal and J.L. Maclean (Eds.) Environmental and aquaculture in developing countries. ICLARM Conf. Proc. v. 31, 1993. 359 p.
- CHANG, W.; OUYANG, H. Dynamics of dissolved oxygen and vertical circulation in fish ponds. *Aquaculture*, 74, 1988. p. 263-276.
- EDWARDS, P. Reuse of human wastes in aquaculture. A TECHNICAL REVIEW. UNDP – World Bank Water Research Program. Washington D.C. THE WORLD BANK. 1992. 350p.
- EDWARDS, P., SINCHUMAPSAK, O. AND TABUCANON, M. “The harvest of microalgae from the effluent of sewage fed high rate stabilization pond by *Tilapia nilotica* Part I, II and III”. *Aquaculture*, 1981, 23:107-147p.

- EI-GOHARY, F.; EL-HAWARRY, S. e RASHED, Y. "Wastewater Treatment and Reuse for Aquaculture". Water Science and Technology, Vol. 32N° 11, 1995, 127-136 p.
- FAO. Aquaculture Production Statística 1987-1996. FAO Fisheries Circular. N°. 815, Ver. 10. FAO, Rome, Italy. 1998.
- FAO Fisheries Department, State of word aquaculture 2006. FAO Fisheries Technical Paper. No. 500. Rome, FAO. 2006. 134p.
- FEACHEM, R.G.; BRADLEY, D.J.; GARELICK, H. AND MARA, D.D. Sanitation and diseases: Health aspects of excreta and wastewater management. Chichester: John Wiley. 1983
- FELIZATTO, M.R. "Reúso de água em piscicultura no Distrito Federal: Potencial para pós tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado". Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil. 2000.
- HEPHER, B.; PRUGNIN, Y. Commercial fish farming. John Wiley; Sons Inc., 1988, 261 p.
- IBAMA, Estatística da Pesca 2005. Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Brasília, DF. 2007. 147 p.
- KRACIK, M. E. S. Caracterização do esgoto bruto de 5 localidades da grande Florianópolis e sistema de tratamento dos esgotos do continente: uma contribuição para a melhoria de desempenho das lagoas de estabilização de Potecas. Dissertação de Mestrado em Eng. Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Outubro, 1998.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na Produção de Peixes – Parte II. Ver. Panorama da Aqüicultura. P. 35 – 41 mar/abr 1998.
- KUBITZA, F. "Tilápia – Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial". Editora ACQUA & IMAGEM, Jundiaí – SP, 2000. 285p.
- LAEVATSU, T., HAYES, M. Effects of environmental factors on fish. In: Fisheries, Oceanography and Ecology. Fishing News Books Ltd. England, 1984. p. 5-23.
- LEON S., G. & MOSCOSO C. J. Tratamento e uso de águas residuárias. Tradução de H.R. Gheyi, A. König, B.S.º Ceballos, F. A. V. Damasceno. Campina Grande, UFPB, 1999, 110 p.
- LIMA, R. L. Inclusão de sal na ração e a toxicidade do nitrito em alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria. UFSM, RS. 2005.

- MATHEUS, C.E. “Utilização de peixes em águas residuárias – uma revisão bibliográfica”. Revista DAE, Vol. 45, N° 143, 1985. 383-385 p.
- METCALF & EDDY “Wastewater Engineering – Treatment, Disposal e Reuse”. 3° Edição. Editora McGraw-Hill Inc, 1991, 1334p.
- MIDLEBROOKS, E. J. Water Reuse. Michigan: Ann Arbor Science. 1972.
- MOSCOSO, J. “Acuicultura com águas residuales tratadas em las Lagunas de Estabilización de San Juan, Lima, Peru”. 26° Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental. AIDIS – Asociación Interamericana de Ingenieria Sanitária y Ambiental. Lima, Peru, Anais do Congresso (CD-Rom), 21p.1998.
- MOSCOSO, J., GALECIO, F. “Reutilizacion de Las Águas Residuales para Piscicultura – Revision de Literatura”. CEPIS – Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS – Organización Panamericana de la Salud, Lima, Peru, 1978, 93 p.
- MOTA, S. Introdução a engenharia ambiental. Ed. 4. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 388.
- MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Reúso de águas: conceitos; importância; tipos. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. (Organizadores) Reúso de águas em irrigação e piscicultura. 2007. p. 21-37.
- OLAH, J., “Structural and functional quantification in a series of Hungarian hypertrophic shallow lakes”. Hypertrophic Ecosystems. Junk, The Hague, Netherlands, 1980, pp. 191-202.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M. Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. Maringá. EDUEM: Nupélia. 264, 1999, p.: ill
- PEIRONG, S. The biology of major freshwater-cultivated fishes in china”. In: Integrated Fish Farming in China. NACA Technical Manual 7 – Network for Aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 1989, 1-32 p.
- PEREIRA, C. M. Avaliação do uso de peixes planctófagos como tratamento complementar de efluentes domésticos. Florianópolis: UFSC, 85p. Dissertação de Mestrado em Aqüicultura, 2000.
- PEREIRA, C. M. Avaliação do potencial do efluente de lagoas de estabilização para utilização na piscicultura. Florianópolis: UFSC, 173p. Tese Doutorado, 2004.
- PIPER, R., et al. Fish Htchery Manegement. United States Departamento of the Interior. Fish and Widelife Service. Washington, D.C. 1989. 517 p.

- POLPRASERT, C. "Utilization of composted night soil in fish production". *Conserv. Recycle.*, 7: 199-206p, 1984.
- POPMA, T. LOVSHIN, L.L. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. International Center of Aquaculture and Aquatic Enviroments. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Auburn University. Research e Development Series n° 41.1996, 23 p.
- PROENÇA, C. E. M. DE & BITTENCOURT, P. R. L. Manual de Piscicultura Tropical. Brasilia: IBAMA, 1994.
- RUSSO, R.; THURSTON K. R.; EMERSON K. Acute toxicity of nitrite to rainbow trout (*Salmo gairdneri*): effects of pH, nitrite species, and anion species. *Can. Journal of Fish Aquatic Science.* v.38, p.387-397, 1981.
- SANTOS, E. S. Alevinagem de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em água de esgoto doméstico tratado em lagoas de maturação. Monografia de Graduação. Departamento de Engenharia de Pesca. Universidade Federal do Ceará. Brasil. 2005.
- SANTOS, E. S. MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B; VASCONCELOS, M. M. Cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização. 24° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, MG, Brasil. 2007.
- SAWYER, C., MCCARTY, P. Chemistry for Environmental Engineering: McGraw-Hill. 1978. 532p.
- SHARMA, H.P., POLPRASERT, C.; BHATTARAI, K.K. "Physico- chemical characteristics of ponds fed with septage". *Resour. Conserv.*, 13: 207-215p, 1987.
- SHELTON, W. L., Tilápia culture in the 21<sup>st</sup> century. Pages 1–28 in R.D. Guerrero III, editor. Proceedings of the International Forum on Tilápia Farming in the 21<sup>st</sup> century, Los Baños, Laguna, Philippines, 2002.
- SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W.; LOGATO, P. V. R. Qualidade da Água na Piscicultura. Boletim de Extensão da UFLA, Lavras, MG, n° 94, 2001. Disponível em: [http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol\\_94.pdf](http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_94.pdf). Acesso em: 15 mar. 2008.
- SPERLING, M.V. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. 1995. 211p.
- SOUZA, E.C.P.M., TEIXEIRA FILHO, A.R. Piscicultura Fundamental. São Paulo: Nobel. 1985. 88 p.



SRINIVASAN, A., "Fish production in some hypertrophic ecosystems in South India". Hypertrophic Ecosystems. Junk, The Hague, Netherlands, pp. 191-202p, 1980.

TIAGO, G.G. Aqüicultura, meio ambiente e legislação. São Paulo: Annablume. 2002. 162 p.

TOMASSO, J. R. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews in Fisheries Science. v.2 (4), p.291-314, 1994.

TSUTIYA, M. T. Uso agrícola dos efluentes das lagoas de estabilização de Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. (21º, 2001, João Pessoa). Anais. Abes.

VINATEA, L. A. Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura. Ed. UFSC Florianópolis - SC. 1997. 166 p.

ZIMMERMANN, S. 2001. Estado da atual e tendência da moderna aqüicultura 191-199, 1n: H. L. M. MOREIRA; L. VARGAS; R. P. RIBEIRO; S. ZIMMERMANN (editores). Fundamentos da Moderna Aqüicultura, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, Brasil, RS.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Editores) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical Report Series, 778, Geneva. 1989

FAO Fisheries Statistic –  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis\\_niloticus#tcNB00EA](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus#tcNB00EA) .  
Acesso em: 25/02/2008.