



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

MANOEL ALVES

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E DE
PISCICULTURA DA CIDADE DE PENTECOSTE, CEARÁ**

**FORTALEZA
CEARÁ – BRASIL
2010**

MANOEL ALVES

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E DE
PISCICULTURA DA CIDADE DE PENTECOSTE, CEARÁ**

Monografia submetida ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da Disciplina de Trabalho Supervisionado, para obtenção do grau de Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá



**FORTALEZA
CEARÁ – BRASIL
2010**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A48q Alves, Manoel.
Qualidade físico-química de efluentes domésticos e de piscicultura da cidade de Pentecoste, Ceará /
Manoel Alves. – 2010.
27 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2010.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Engenharia de Pesca. I. Título.

CDD 639.2

MANOEL ALVES

**QUALIDADE FISICO-QUIMICA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E DE
PISCICULTURA DA CIDADE DE PENTECOSTE, CEARÁ**

Monografia submetida ao curso de Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências da Disciplina de Trabalho supervisionado, para obtenção do grau de Engenheiro de Pesca.

A citação de qualquer trecho desta monografia é permitida desde que feita de conformidade com as normas da ética científica.

Aprovada em: 19/11/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho (Membro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Rafahel Marques Macedo Fontenele (Membro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

**FORTALEZA
CEARÁ – BASIL
2010**

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por sempre está guiando-me pelos caminhos que conduz a felicidade;

A todos os meus familiares, em especial, à minha esposa Diana Felix Alves, por está sempre ao meu lado apoiando-me com a sua serenidade;

A todos os professores e funcionários das Escolas Waldemar Alcântara, Padre Antonio Moreira e Tabelião José Ribeiro no município de Pentecoste- CE, onde fiz o Ensino Fundamental e Médio, e que contribuíram para o meu aprendizado;

A todos que fazem parte do PRECE (Programa de Educação em Células Cooperativas), programa que ajudou-me a sonhar e lutar por esse sonho ;

Ao Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do DNOCS, Pentecoste - CE, por permitir o acesso a suas instalações para coleta de algumas das amostras;

Ao Programa de Residências Universitárias da UFC, por ter me proporcionado todas as condições necessárias para a conclusão do curso de Engenharia de Pesca;

A Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Engenharia de Pesca por permitir-me novas descobertas e fazer novas amizades;

A todos os professores do curso de Engenharia de Pesca, em especial, àqueles que fizeram parte da minha vida acadêmica;

Ao professor Marcelo Vinícius do Carmo e Sá, pelas valiosas contribuições e confiança nesse trabalho;

A todo o pessoal do Laboratório de Saneamento (Labosan) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza-CE), pela valiosa contribuição dada a esse trabalho;

Ao professor Rafahel Fontenele pela contribuição valiosa no trabalho e na minha vida estudantil;

Ao pessoal do Laboratório de Limnologia (Lablim) do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Ceará: Davi, Fred, Nacélio e Fabio, por toda atenção e dedicação nas análises por eles realizadas.

A todas as pessoas que conviveram comigo na Residência Universitária 1601: Dário Leite, Cezar Araújo, Francisco Lobato, Jerônimo Cardoso, Jairo Cardoso, Aridiano Lima, Orleandro Carlota, Osvaldo Martins, Mocineis Cavalcante, Eduardo Wolff, Vilamar Ponciano, Francisco das Chagas, Antonio Erasmo, Diego Cruz, Sebastião Junior, Henrique Jorge e o visitante Thiago Batista;

Aos amigos que me acolheram por mais de um mês na Residência Universitária 1665: Hildernando, Paulo Cesar, Leôncio Mesquita, Anderson e Franscimar Duarte;

A todos os moradores da cidade de Pentecoste, em especial aos meus vizinhos e amigos dessa terra que eu tanto amo.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar a qualidade físico-química de efluentes domésticos da cidade de Pentecoste no Ceará, com a de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, que fica localizado na mesma cidade. O trabalho teve três campanhas de coletas, com intervalo de 30 dias entre elas. Em cada campanha foram coletadas quatro amostras em diferentes pontos de cada um dos seguintes locais: (1) canal de abastecimento dos viveiros do Centro de Pesquisas em Aquicultura (CPAq) do DNOCS; (2) canal de drenagem dos viveiros do CPAq/DNOCS; (3) água da torneira de quatro residências localizadas na cidade de Pentecoste e (4) canal de lançamento de esgotos domésticos da cidade de Pentecoste. Em laboratório, as amostras foram analisadas para oxigênio dissolvido, amônia total, CO₂ livre, nitrito, fósforo reativo, condutividade elétrica, DQO e pH, de acordo com as respectivas metodologias-padrões. Os resultados obtidos foram analisados pela ANOVA unifatorial, comparando-se as médias quando houver diferença significativa entre elas, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). A concentração média de oxigênio dissolvido no esgoto doméstico foi significativamente menor que as concentrações de oxigênio dissolvido observadas na água da torneira e nos afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura. As concentrações de CO₂ livre, N amoniacal total, nitrito, fósforo reativo e DQO do esgoto doméstico foram significativamente maiores que o observado na água da torneira, afluentes e nos efluentes dos viveiros de piscicultura. Concluiu-se que os esgotos domésticos da cidade de Pentecoste têm contribuição muito maior na eutrofização dos corpos de água receptores que os efluentes de piscicultura do CPAq/DNOCS.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1- Foto do canal de abastecimento dos viveiros do Centro de Pesquisas em Aquicultura (CPAq) do DNOCS.....12
- FIGURA 2- Foto do canal de drenagem dos viveiros do CPAq/DNOCS.....12
- FIGURA 3- Foto da água da torneira de residência localizada na cidade de Pentecoste-Ce....13
- FIGURA 4-Foto do canal de lançamento de esgotos domésticos da cidade de PentecosteCe.13
- FIGURA 5 – pH da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....15
- FIGURA 6 – Concentração de oxigênio dissolvido da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....16
- FIGURA 7 – Concentração de CO₂ livre (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....17
- FIGURA 8 – Concentração de N amoniacal total (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....18
- FIGURA 9 – Concentração de nitrito (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....19
- FIGURA 10 – Concentração de fósforo reativo (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....20
- FIGURA 11 – Condutividade elétrica da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....21
- FIGURA 12 – Demanda química de oxigênio (DQO) da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPA) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará).....22



LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Condutividade elétrica, pH e concentrações médias de oxigênio dissolvido, CO₂ livre, N amoniacal total, nitrito, fósforo reativo dos afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura (DNOCS, Pentecoste, Ceará).....24

TABELA 2 - Condutividade elétrica, pH e concentrações médias de oxigênio dissolvido, CO₂ livre, N amoniacal total, nitrito, fósforo reativo de efluentes de viveiros de piscicultura (DNOCS, Pentecoste, Ceará) e de efluentes domésticos.....25

1. INTRODUÇÃO

A água é o componente essencial à manutenção da vida em nosso planeta. Devido à forte demanda da população humana por esse bem precioso, vários são os estudos relacionados ao uso responsável desse recurso (Zaniboni-Filho *et al.*, 1997). O gerenciamento adequado e a utilização racional dos nossos corpos d'água poderão garantir esse bem para as gerações futuras. Contudo, o crescimento demográfico e o uso indiscriminado produzem os mais variados tipos de água residuária, levando a água a um processo de deterioração (Hussar e Bastos, 2008).

O desenvolvimento de áreas urbanas e industriais próximo a açudes, rios e outros cursos d'água contribui para o real aumento na degradação desses mananciais. Estima-se que dez milhões de pessoas morram todos os anos no mundo em decorrência de doenças relacionadas à má qualidade da água. Os problemas relacionados à poluição nos corpos d'água surgem quando a produção de resíduos pelo sistema ultrapassa a capacidade de reciclagem ou diluição natural (Brandão, 1982), levando em conta também aspectos socioeconômicos e culturais da comunidade.

A piscicultura está dando uma enorme contribuição para o crescimento econômico do Brasil. Segundo Bastian (1991), entretanto, é essa também uma das principais responsáveis pela crescente degradação ambiental observada nos últimos anos. Segundo Zaniboni-Filho *et al.* (1997), algumas unidades de piscicultura vêm encontrando dificuldade para conseguir licenciamentos juntos aos órgãos ambientais devido à qualidade dos efluentes gerados pelos cultivos.

Os efluentes de tanques e viveiros de peixes são ricos em nutrientes, especialmente em nitrogênio e fósforo. Quando lançados diretamente no meio ambiente, esses efluentes podem causar eutrofização dos corpos de água receptores (Gonçalves *et al.*, 2007). Como consequência, pode haver crescimento explosivo de comunidades vegetais aquáticas (fitoplâncton e macrófitas aquáticas) no corpo de água receptor (Guo *et al.*, 2009). A grande biomassa vegetal gerada nesse processo faz crescer enormemente a demanda por oxigênio dissolvido na água. Tal ocorrência pode levar a escassez completa de oxigênio no meio aquático e, como efeito, a ocorrência de mortandades em massa (Cunha-Santino *et al.*, 2008; Mao *et al.*, 2009).

Contudo, além dos efluentes de aquicultura, existem ainda outras fontes de eutrofização, destacando-se os efluentes domésticos (Kubitza, 1999; Yang *et al.*, 2009). Estudo mostrou que o crescimento acelerado de muitas espécies de macrófitas aquáticas deveu-se especialmente ao aumento de nutrientes oriundos de esgotos sem tratamento (Thomaz e Bini, 1998). Em cidades que não contam com sistema de esgotamento sanitário adequado, tais como a cidade de Pentecoste, no Ceará, o problema torna-se ainda maior, pois grande parte dos dejetos produzidos pela população são lançados diretamente nos corpos d'água. Dependendo das vazões geradas em cada caso, o impacto ambiental causado pelos efluentes domésticos pode vir a ser bem maior do que aquele causado pelos efluentes de piscicultura. Apesar disso, costuma-se apontar como “vilão” apenas os empreendimentos aquícolas, esquecendo-se, de boa ou má fé, da importante contribuição dos efluentes domésticos nesse processo.

Para melhor esclarecer essa questão, realizou-se o presente trabalho que teve como objetivo comparar a qualidade físico-química de efluentes domésticos da cidade de Pentecoste no Ceará, com a de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, que fica localizado na mesma cidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na cidade de Pentecoste (Ceará), em três campanhas de coletas, nos meses de agosto a outubro de 2010, com intervalo de 30 dias entre elas. Em cada campanha, foram coletadas quatro amostras em diferentes pontos de cada um dos seguintes locais:

1º local



Figura 1-Canal de abastecimento dos viveiros do Centro de Pesquisas em Aquicultura (CPAq) do DNOCS;

2º local



Figura 2-Canal de drenagem dos viveiros do CPAq/DNOCS;

3º local



Figura 3-Água da torneira de quatro residências localizadas na cidade de Pentecoste-Ce

4º local



Figura 4-Canal de lançamento de esgotos domésticos da cidade de Pentecoste-Ce.

O trabalho de coleta das amostras foi realizado sempre no período da manhã, no horário entre 7h30min e 8h30min, tomando-se o cuidado de repetir os mesmos pontos pré-estabelecidos pelo o responsável do trabalho. Na coleta das amostras de esgoto, teve-se o cuidado de trabalhar com luvas e máscara por se tratar de água com um grande potencial de contaminantes patogênicos. As águas coletadas foram acondicionadas em garrafas plásticas de 1,0 litro, sendo identificadas e armazenadas em uma caixa isotérmica.

Imediatamente após as coletas, as amostras de água eram levadas para a cidade de Fortaleza, capital do Ceará, até as instalações do Laboratório de Saneamento (Labosan) do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza-CE). No Labosan, foram feitas as análises para demanda química de oxigênio (DQO) e as leituras de pH das amostras coletadas. Terminadas as análises no Labosan, as amostras foram encaminhadas para o laboratório de Limnologia (Lablim) do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Ceará, onde as amostras eram analisadas para oxigênio dissolvido, amônia total, CO₂ livre, nitrito, fósforo reativo e condutividade elétrica, de acordo com as respectivas metodologias-padrões (APHA, 1998). Os resultados obtidos foram analisados pela ANOVA unifatorial, comparando-se as médias, quando houver diferença significativa entre elas, pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH da água de abastecimento dos viveiros de piscicultura foi significativamente maior que o pH da água do abastecimento municipal, esgoto doméstico e dos efluentes dos viveiros. Não houve diferença significativa entre o pH da água da torneira, do esgoto doméstico e dos efluentes dos viveiros (Figura 5). Houve, portanto, queda significativa no pH da água de abastecimento dos viveiros (afluente), após sua permanência no viveiro de piscicultura e posterior liberação para o meio ambiente (efluente). Os efluentes domésticos e de piscicultura apresentam, geralmente, elevadas concentrações de sólidos suspensos totais, especialmente de origem orgânica. Tal carga de matéria orgânica ao ser decomposta pelas bactérias liberam considerável quantidade de CO_2 para água. O gás carbônico ao reagir com a molécula de água produz ácido carbônico que diminui o pH da água (Cavalcante *et al.*, 2010). O menor pH da água da torneira em relação ao afluente dos viveiros, que é a água do Açude Pereira de Miranda (Pentecoste, Ceará), pode ser explicado pela cloração da água de abastecimento municipal. O cloro ao reagir com a amônia presente na água produz cloramina (NH_2Cl) que libera, posteriormente, íons H^+ para água (Dychdala, 2001).

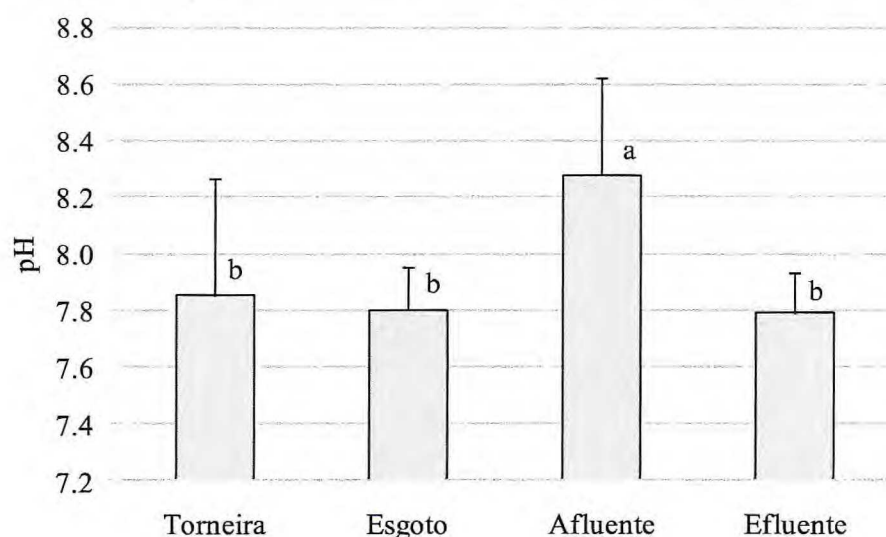


FIGURA 5 – pH da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A concentração média de oxigênio dissolvido no esgoto doméstico foi significativamente menor que as concentrações de oxigênio dissolvido observadas na água da torneira e nos afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura. A concentração de oxigênio dissolvido nos efluentes dos viveiros foi significativamente menor que o observado no afluente dos viveiros. Tanto os efluentes domésticos (Mohan *et al.*, 2010), como os efluentes de piscicultura (Davidson *et al.*, 2008), se caracterizam pelas elevadas concentrações de matéria orgânica nos mesmos. Essa matéria orgânica exerce significativa demanda por oxigênio dissolvido para sua decomposição. As reduções nas concentrações de oxigênio dissolvido no esgoto doméstico e nos efluentes de piscicultura, em relação à água da torneira e aos afluentes dos viveiros, respectivamente, demonstram esse fato. A maior redução na concentração de oxigênio dissolvido no esgoto, em relação, aos efluentes de viveiros, sugere que a carga de matéria orgânica do primeiro era significativamente maior que do último. Essa suposição foi comprovada pelos resultados de DQO (Figura 12).

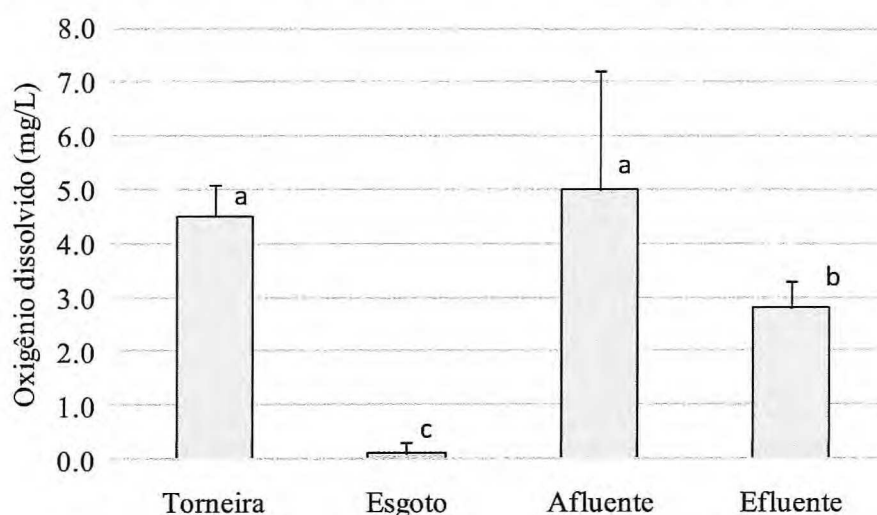


FIGURA 6 – Concentração de oxigênio dissolvido da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A concentração de CO₂ livre do esgoto doméstico foi significativamente maior que o observado na água da torneira, afluentes e nos efluentes dos viveiros de piscicultura. Como já referido anteriormente, a maior concentração de CO₂ do esgoto em relação ao efluente do viveiro indica a presença de maior concentração de matéria orgânica na primeira água residuária. Os resultados de DQO mostraram que a concentração média de matéria orgânica no esgoto doméstico foi seis vezes superior a concentração observada nos efluentes dos viveiros de peixe. CO₂ excessivo dificulta a respiração dos animais aquáticos, causando-lhes estresse respiratório (Danley *et al.*, 2005). A concentração de CO₂ livre dos efluentes de viveiros foi significativamente maior que a concentração de CO₂ da água da torneira e dos afluentes dos viveiros. Não houve diferença significativa entre a concentração de CO₂ livre da água da torneira e da água dos afluentes dos viveiros (Figura 7).

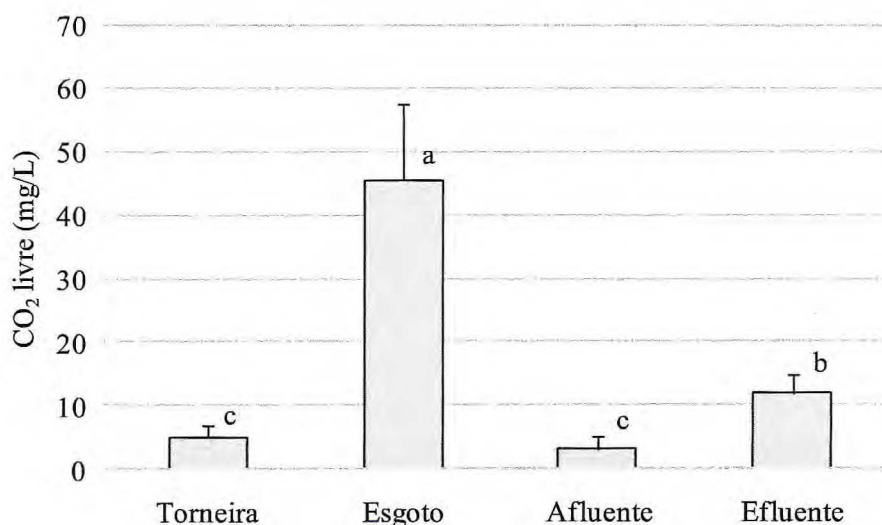


FIGURA 7 – Concentração de CO₂ livre (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A concentração de $\text{N-NH}_3\text{-NH}_4^+$ do esgoto doméstico foi significativamente maior que o observado na água de abastecimento dos viveiros, nos efluentes dos viveiros e na água da torneira. No esgoto doméstico, assim como nos efluentes de viveiros, o principal material particulado presente nos mesmo é de origem orgânico, notadamente protéico. A decomposição da proteína resulta na liberação de amônia para água. Amônia é um composto tóxico aos animais aquáticos, podendo levá-los à morte quando em concentrações elevadas (Meinelt *et al.*, 2010). As concentrações de $\text{N-NH}_3\text{-NH}_4^+$ da água dos afluentes e efluentes dos viveiros foram significativamente maiores que a concentração de $\text{N-NH}_3\text{-NH}_4^+$ da água da torneira. A concentração de $\text{N-NH}_3\text{-NH}_4^+$ dos efluentes de viveiros de piscicultura foi significativamente maior que a concentração de $\text{N-NH}_3\text{-NH}_4^+$ dos afluentes dos viveiros (Figura 8).

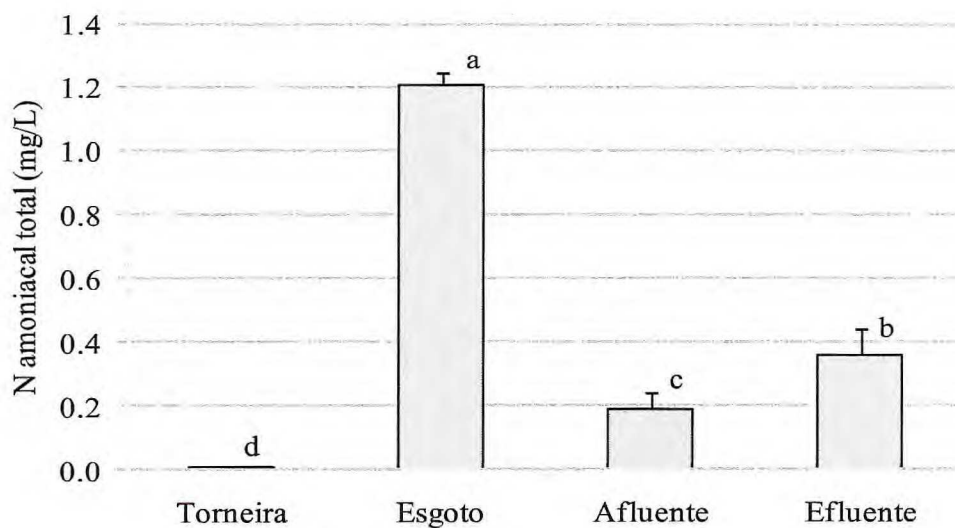


FIGURA 8 – Concentração de N amoniacal total (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A concentração de nitrito do esgoto doméstico foi significativamente maior que o observado nos efluentes dos viveiros de piscicultura, bem como na água da torneira e na água de abastecimento dos viveiros. A concentração de nitrito dos efluentes dos viveiros foi significativamente maior que a concentração de nitrito dos afluentes. Não se observou diferença significativa entre a concentração de nitrito da água da torneira e da água de abastecimento dos viveiros de piscicultura (Figura 9). Surge o nitrito quando o processo de nitrificação da amônia não se completa. Tal ocorre quando as concentrações de oxigênio dissolvido na água são relativamente baixas. O esgoto doméstico apresenta as condições propícias para ocorrência de elevada concentração de nitrito na água: elevada amônia e oxigênio escasso. O nitrito, ao ser absorvido pelos peixes, reage com o ferro da hemoglobina, convertendo-a em metahemoglobina, que é incapaz de transportar oxigênio. O peixe pode vir a morrer asfixiado em função do tempo de exposição e da concentração de nitrito na água (Yanbo *et al*, 2006).

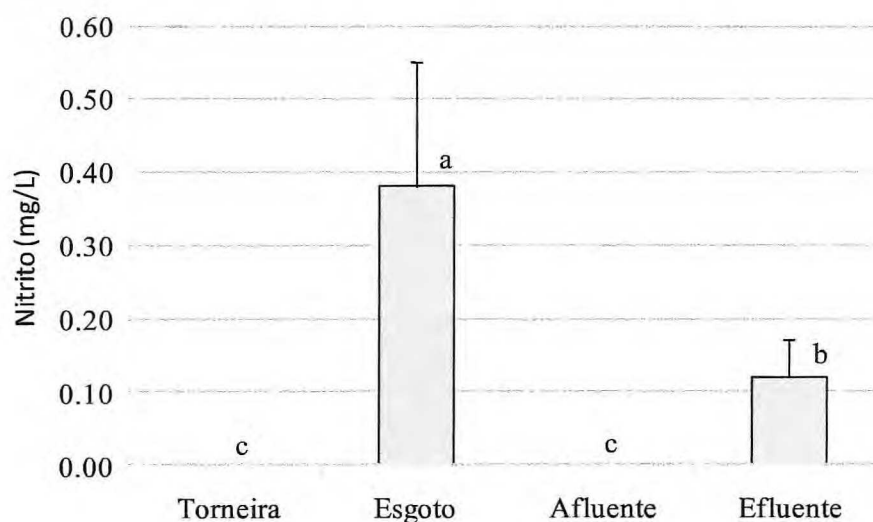


FIGURA 9 – Concentração de nitrito (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A concentração de fósforo reativo no esgoto doméstico foi significativamente maior que na água da torneira e nos afluentes e efluentes dos viveiros de piscicultura. A concentração de fósforo reativo nos efluentes dos viveiros foi significativamente maior que nos afluentes dos viveiros. A concentração de fósforo reativo dos afluentes dos viveiros foi significativamente maior que na água da torneira (Figura 10). Os esgotos domésticos contêm apreciáveis concentrações de fósforo oriundo de detergentes (Houhou *et al.*, 2009). Além desses, a matéria orgânica de origem fecal também contém fósforo. Nos ambientes aquáticos continentais, a entrada de fósforo geralmente resulta em intensas florações algais. Essa grande biomassa gerada aumenta consideravelmente a demanda bioquímica por oxigênio, podendo tornar o ambiente anóxico.

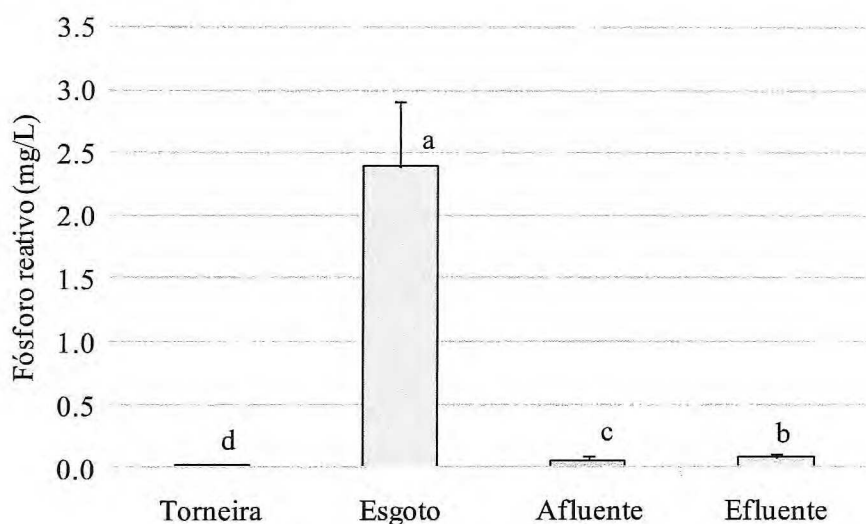


FIGURA 10 – Concentração de fósforo reativo (mg/L) na água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A condutividade elétrica (CE) do esgoto doméstico foi significativamente maior que a CE dos afluentes e efluentes dos viveiros de piscicultura, bem como da água da torneira. A CE dos efluentes de viveiros foi significativamente maior que a CE dos afluentes dos viveiros. Não houve diferença significativa entre as CE da água da torneira e dos afluentes dos viveiros de peixes (Figura 11). A CE da água pode ser utilizada como indicador indireto de eutrofização. Águas com elevadas concentrações de nutrientes apresentam maiores CE que águas oligotróficas ou mesotróficas (Wilhelm, 2009). A elevada CE do esgoto doméstico confirma os resultados de amônia e fósforo do presente trabalho, demonstrando o elevado poder impactante que essa água residuária pode ter no meio ambiente.

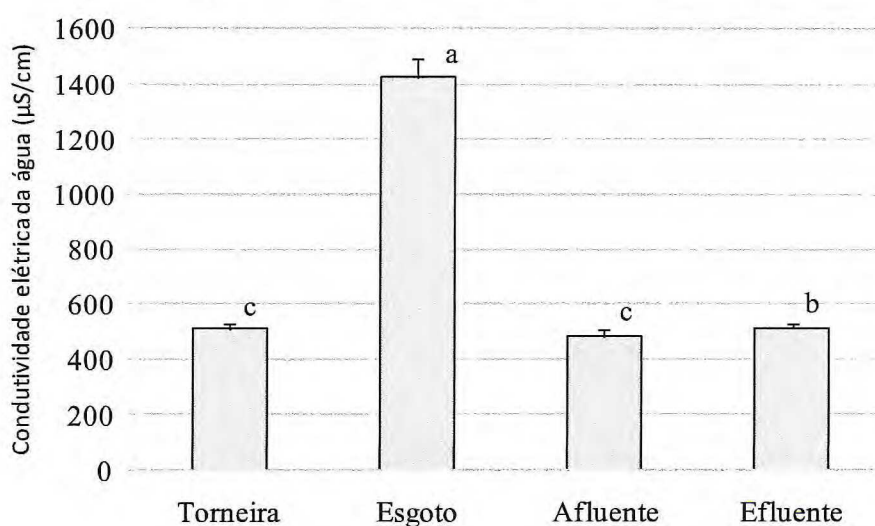


FIGURA 11 – Condutividade elétrica da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

A demanda química de oxigênio (DQO) do esgoto doméstico foi significativamente maior que o observado nas demais amostras analisadas (torneira, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura). Não se observou diferença significativa entre a DQO do efluente e afluente dos viveiros de piscicultura. A DQO indica, de forma indireta, a concentração de matéria orgânica e de compostos passíveis de oxidação química em amostras de água. Níveis máximos de DQO de águas residuárias são estabelecidos por legislação estadual, tendo em vista a proteção do meio ambiente. Os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro estabeleceram que o DQO máximo para efluentes liberados em corpos d'água é de 250 mg/L. No Estado do Ceará, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE estabeleceu 200 mg/L como a DQO máxima de efluentes líquidos gerados por qualquer fonte poluidora (SEMACE, 2002). Os esgotos domésticos se caracterizam pela concentração de elevada carga de matéria orgânica em relativamente pequeno volume de água. Daí os resultados elevados de DQO do esgoto obtidos no presente trabalho, em algumas amostras próximos a 500 mg/L.

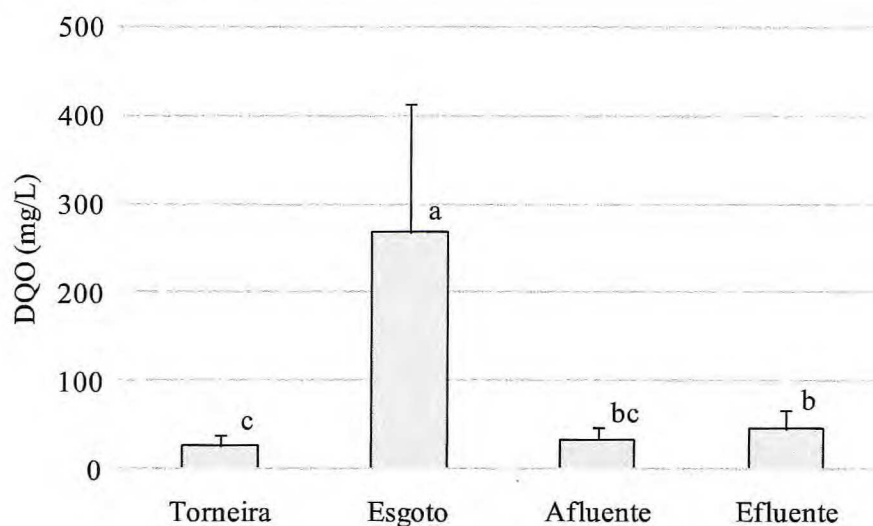


FIGURA 12 – Demanda química de oxigênio (DQO) da água da torneira, esgoto doméstico, afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura do Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (Pentecoste, Ceará). Colunas com letras distintas são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Cada coluna representa a média \pm desvio-padrão de 12 observações.

Das oito variáveis de qualidade de água monitoradas no presente trabalho, isto é, pH, oxigênio dissolvido, CO₂ livre, nitrogênio amoniacal total, nitrito, fósforo reativo, CE e DQO, a concentração de nitrito dos efluentes dos viveiros de piscicultura foi aquela que apresentou a maior variação em relação aos afluentes dos viveiros. A concentração de nitrito dos efluentes dos viveiros foi mais de 1000% superior à concentração de nitrito dos afluentes (Tabela 1). Entretanto, a concentração média de nitrito dos efluentes dos viveiros ainda está abaixo da concentração considerada crítica para essa variável, que é 0,3 mg/L (Boyd e Tucker, 1998). Mesmo quando se observa a maior concentração de nitrito obtida nas amostras de efluentes de piscicultura analisadas (0,17 mg/L), a mesma ainda é inferior ao limite crítico de 0,3 mg/L. Portanto, muito embora tenha havido grande elevação na concentração de nitrito nos efluentes dos viveiros, em relação à água de abastecimento, a mesma poderá ser provavelmente assimilada pelo corpo de água receptor sem causar danos apreciáveis aos animais aquáticos.

Em seguida, a variável de qualidade de água com maior variação entre afluente e efluente dos viveiros de peixe foi a concentração de CO₂ livre. Os efluentes dos viveiros apresentaram concentração de CO₂ livre quase 300% maior que o observado nos afluentes. A concentração de CO₂ livre dos efluentes dos viveiros está um pouco acima do limite de adequação para essa variável, que é 10 mg/L (Boyd e Tucker, 1998). Entretanto, é improvável que esse nível de CO₂ livre cause considerável impacto ambiental negativo no corpo de água receptor.

As duas únicas variáveis para as quais se observou variação negativa, ou seja, redução nos efluentes dos viveiros de piscicultura em relação aos afluentes, foi o pH e, especialmente, a concentração de oxigênio dissolvido. A decomposição aeróbia da matéria orgânica presente no viveiro (plâncton morto, fezes de animais e ração não consumida) reduz a concentração de oxigênio dissolvido na água em proporção direta à carga orgânica existente (Brune *et al.*, 2003). A concentração média de oxigênio dissolvido observada nos efluentes dos viveiros (2,8 mg/L) poderá impactar o meio ambiente, de forma significativa, se os volumes drenados para o corpo de água receptor forem muito elevados. Portanto, o efeito da liberação dos efluentes de viveiros de piscicultura dependerá dos manejos hídricos e de efluentes que forem empregados. Assim, a taxa diária de renovação de água do viveiro, o modo de realização da drenagem do viveiro durante a despesca, se total ou parcial, e o manejo dado aos afluentes (liberação direta no meio ambiente, uso de bacia de sedimentação, *wetland*, etc), definirão a magnitude do impacto que os efluentes terão sobre o meio ambiente.

A qualidade dos efluentes dos viveiros de piscicultura estudados no presente trabalho atendem às recomendações técnicas atuais para pH e concentrações de amônia total, fósforo e DQO. Esses resultados sugerem que o cultivo de peixes nos viveiros estudados (CPAq/DNOCS, Pentecoste, Ceará) é realizado de acordo com procedimentos operacionais tecnicamente corretos, especialmente quanto à densidade de estocagem dos viveiros e o manejo alimentar dos animais cultivados.

TABELA 1 – Condutividade elétrica, pH e concentrações médias de oxigênio dissolvido, CO₂ livre, N amoniacal total, nitrito, fósforo reativo dos afluentes e efluentes de viveiros de piscicultura (DNOCS, Pentecoste, Ceará). Cada valor representa a média de 12 observações.

Variável	Piscicultura		Variação (%)	Recomendação para efluentes de piscicultura ¹
	Afluente	Efluente		
pH	8,28	7,79	- 5,9	6 - 9
O ₂ D (mg/L)	5,0	2,8	- 44,0	-
CO ₂ livre (mg/L)	3,0	11,8	+ 293,3	-
N amoniacal total (mg/L)	0,19	0,36	+ 89,5	< 3,0
Nitrito (mg/L)	0,01	0,12	+ 1100	-
Fósforo reativo (mg/L)	0,05	0,08	+ 60,0	< 0,3
Condutividade elétrica (μS/cm)	479	510	+ 6,5	-
DQO (mg/L) ²	33,6	44,9	+ 33,6	< 100

¹ Lin *et al.* (2010). A recomendação de concentração de fósforo menor que 0.3 mg/L se refere ao fósforo total;

² Demanda química de oxigênio.

Os efluentes domésticos apresentaram concentrações de nutrientes (N e P) e de matéria orgânicas (DQO) bem superiores aos valores observados nos efluentes dos viveiros de piscicultura. As maiores variações observados foram para fósforo reativo, que se elevou quase 3000% em relação à concentração de fósforo dos efluentes de piscicultura, e para DQO, que se elevou quase 500% (Tabela 2). A concentração de oxigênio dissolvido nos efluentes domésticos foi muito próxima a zero. Portanto, se considerarmos um volume igual de efluente doméstico e de piscicultura, o efluente doméstico impactará o meio ambiente de forma muito superior ao efluente de piscicultura. Entretanto, enquanto os efluentes domésticos são caracterizados por elevadas concentrações de poluentes e pequena vazão, os efluentes de piscicultura apresentam concentrações opostas, ou seja, concentrações diluídas de poluentes e grande vazão (Boyd, 2003). Dessa forma, o efeito do efluente no corpo de água receptor dependerá da combinação desses dois fatores: concentração de poluentes e vazão do efluente.

TABELA 2 - Condutividade elétrica, pH e concentrações médias de oxigênio dissolvido, CO₂ livre, N amoniacal total, nitrito, fósforo reativo de efluentes de viveiros de piscicultura (DNOCS, Pentecoste, Ceará) e de efluentes domésticos. Cada valor representa a média de 12 observações.

Variável	Efluente		Variação (%)
	Piscicultura	Doméstico	
pH	7.8	7.8	-
O ₂ D (mg/L)	2.8	0.1	- 96.4
CO ₂ livre (mg/L)	11.8	45.4	+ 284.7
N amoniacal total (mg/L)	0.36	1.21	+ 236.1
Nitrito (mg/L)	0.12	0.38	+ 216.7
Fósforo reativo (mg/L)	0.08	2.39	+ 2887
Condutividade elétrica (µS/cm)	510	1425	+ 179.4
DQO (mg/L) ¹	44.9	267.4	+ 495.5

¹ Demanda química de oxigênio.

A cidade de Pentecoste no Estado do Ceará possui cerca de 34.000 habitantes (PMP, 2010). Considerando que o consumo de água por habitante por dia varia de 150 a 300 litros e que o volume de esgoto doméstico produzido por residência é aproximadamente igual ao consumo de água por residência (Dias *et al.*, 2010), estima-se que a população de Pentecoste produza entre 5100 e 10200 m³ de esgoto/dia. Em Pentecoste, a quase totalidade desse esgoto não é tratada, sendo liberada diretamente no meio ambiente.

Geralmente, realiza-se a troca diária de água de 5 - 10% do volume total de viveiros de peixe. Além disso, há recomendação técnica para realização de drenagem total do viveiro ao final do ciclo produtivo ou periodicamente para recuperação da qualidade do solo (Boyd e Tucker, 1998). Se considerarmos como referência um viveiro de piscicultura de 1 ha, com profundidade média de 1 m, ou seja, volume de 10000 m³, e ciclo de produção de 4 meses, teremos a liberação para o meio de 60000 – 120000 m³ de efluentes, a partir da renovação diária, e de 10000 m³, durante a drenagem de despesca. Portanto, haverá a liberação de 70000 - 130000 m³ de efluentes de piscicultura em 4 meses ou o equivalente a 583 - 1083 m³/ha/dia.

Quando se compara a produção de efluentes domésticos da cidade de Pentecoste (5100 – 10200 m³/dia) com os efluentes de piscicultura (583 - 1083 m³/ha/dia), dentro do cenário apresentado anteriormente, constata-se que bastaria a atividade de 5 - 18 ha de viveiros para que se atingisse, na piscicultura, o mesmo nível de liberação diária de efluentes domésticos. Entretanto, faz-se necessário considerar não somente os volumes produzidos, mas também as concentrações de poluentes em cada tipo de efluente. No presente trabalho, observou-se que a concentração média de fósforo reativo do esgoto doméstico ($2,39 \pm 0,52$ mg/L) foi 30 vezes maior que a concentração média de fósforo reativo dos efluentes de piscicultura ($0,08 \pm 0,03$ mg/L). Portanto, para que se atingisse o mesmo nível de liberação de fósforo para natureza, dos esgotos domésticos da cidade de Pentecoste, seria necessária a atividade de 150 – 540 ha de viveiros de piscicultura. Contudo, o Centro de Pesquisa em Aquicultura (CPAq) do DNOCS em Pentecoste possui apenas 3,36 ha de espelho d'água com viveiros de piscicultura (8 viveiros de 20 x 90 m e 48 viveiros de 10 x 40 m), ou apenas 0,6 – 2,2% da área de espelho d'água necessária para causar eutrofização equivalente a dos esgotos domésticos.

4. CONCLUSÃO

A cidade de Pentecoste não possui esgotamento sanitário adequado, sendo grande parte dos efluentes domésticos lançados diretamente nos cursos d'água sem nenhum tratamento. O município conta com uma pequena unidade de tratamento de esgoto que infelizmente não vem tratando os principais canais de lançamento desses efluentes doméstico.

Desse modo, concluiu-se que os esgotos domésticos do município de Pentecoste têm contribuição muito maior na eutrofização dos corpos de água receptores que os efluentes de piscicultura do CPAq/DNOCS. Quando comparado com os esgotos domésticos, o efeito dos efluentes de viveiros de piscicultura na degradação ambiental é insignificante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington: APHA, 1998.

BASTIAN, R. EPA prefers effluents to be recycled. *Water Farming J.*, v.28, p.7-10, 1991.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. New York: Springer, 1998.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, v.226, p.101-112, 2003.

BRANDÃO, A. B. (1982). Morar e viver. Brasília. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Brasília, p. 241.

BRUNE, D.E.; SCHWARTZ, G.; EVERSOLE, A.G.; COLLIER, J.A.; SCHWEDLER, T.E. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacultural Engineering*, v. 28, n. 1-2, p. 65-86, 2003.

CAVALCANTE, D. H.; BARROS, R. L.; SÁ, M. V. C. Growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings reared in Na₂CO₃ limed waters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.32, n.3, p.331-336, 2010.

CUNHA-SANTINO, M. B.; GOUVÊA, S. P.; BIANCHINI JR., I.; VIEIRA, A. A. H. Oxygen uptake during mineralization of photosynthesized carbon from phytoplankton of the Barra Bonita Reservoir: a mesocosm study. *Brazilian Journal of Biology*, v.68, n.1, p.115-122, 2008.

DANLEY, M.L.; KENNEY, P.B.; MAZIK, P.M.; KISER, R.; HANKINS, J.A. Effects of Carbon Dioxide Exposure on Intensively Cultured Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*: Physiological Responses and Fillet Attributes. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.36, n.3, p.249-261, 2005.

DAVIDSON, J.; HELWIG, N.; SUMMERFELT, S.T. Fluidized sand biofilters used to remove ammonia, biochemical oxygen demand, total coliform bacteria, and suspended solids from an intensive aquaculture effluent. *Aquacultural Engineering*, v. 39, n.1, p. 6-15, 2008.

DIAS, D.M.; MARTINEZ, C.B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.15, n.2, p.155-166, 2010.

DYCHDALA, G.R. Chlorine and chlorine compounds. In: Bloch, S.S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**. 5 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 2001. p.135-157

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; PADILHA, P. M.; BARROS, M. M. Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1473-1480, 2007.

GUO, L.; LI, Z.; XIE, P.; NI, L. Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. **Aquaculture International**, v.17, n.3, p.229-241, 2009.

HOUHOU, J.; LARTIGES, B.S.; HOFMANN, A.; FRAPPIER, G.; GHANBAJA, J.; TEMGOUA, A. Phosphate dynamics in an urban sewer: A case study of Nancy, France. **Water Research**, v.43, n.4, p. 1088-1100, 2009.

HUSSAR, G. J.; BASTOS, C. M. Tratamento de Efluente de Piscicultura com Macrófitas Aquáticas Flutuantes. **Engenharia Ambiental- Espírito Santo dos Pinhais**, v.5, n.3, p. 274-285, 2008.

KUBTIZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3ª Ed. Jundiaí: USP, 1999.

LIN, Y.-F.; JING, S.-R.; LEE, D.-Y.; CHANG, Y.-F.; SUI, H.-Y. Constructed wetlands for water pollution management of aquaculture farms conducting earthen pond culture. **Water Environment Research**, v.82, n.8, p.759-768, 2010.

MAO, J. Q.; LEE, J. H. W.; CHOI, K.W. The extended Kalman filter for forecast of algal bloom dynamics. **Water Research**, v.43, n.17, p.4214-4224, 2009.

MEINELT, T.; KROUPOVA, H.; STÜBER, A.; RENNERT, B.; WIENKE, A.; STEINBERG, C.E.W. Can dissolved aquatic humic substances reduce the toxicity of ammonia and nitrite in recirculating aquaculture systems? **Aquaculture**, v.306, n.1-4, p. 378-383, 2010.

MOHAN, S.V.; MOHANAKRISHNA, G.; CHIRANJEEVI, P.; PERI, D.; SARMA, P.N. Ecologically engineered system (EES) designed to integrate floating, emergent and submerged macrophytes for the treatment of domestic sewage and acid rich fermented-distillery wastewater: Evaluation of long term performance. **Bioresource Technology**, v.101, n.10, p. 3363-3370, 2010.

PMP - Prefeitura Municipal de Pentecoste. Conheça o município – Dados gerais. <http://www.pentecoste.ce.gov.br/>. Acesso em 12/11/2010.

SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Portaria nº 154 de 22 de julho de 2002. D.O.E.- 01/10/2002.

THOMAS, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas em Reservatório. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.10, n.1, p.103- 116, 1998. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rio/gesta_escassez.asp. Acesso em 04/11/2010.

WILHELM, F.M. Pollution of aquatic ecosystems I. **Encyclopedia of inland waters**, p.110-119, 2009.

YANBO, W.; WENJU, Z.; WEIFEN, L.; ZIRONG, X. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.32, p.49-54, 2006.

YANG, L.; CHENG, S.; WU, Z. Anthropogenic organic contaminants in water and surface sediments of large shallow eutrophic Chaohu Lake, China. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.18, n.11, p.2048-2054, 2009.

ZANIBONI-FILHO, E.; BARBOSA, N.D.C.; GONÇALVES, S.M.R. Caracterização e tratamento dos efluentes das estações de piscicultura. Revista **UNIMAR**, v.19, n.2, p.537-548, 1997.