GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO EM UM SISTEMA DE TILAPICULTURA EM VIVEIROS ESCAVADOS

Cláudia Menezes da Silva Gouvea

Orientadora: Profª Drª. Cláudia Maris Ferreira Mostério
Co-orientador: Prof. Dr. Julio Vicente Lombardi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Dezembro - 2016

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO EM UM SISTEMA DE TILAPICULTURA EM VIVEIROS ESCAVADOS

Cláudia Menezes da Silva Gouvea

Orientadora: Profª Drª. Cláudia Maris Ferreira Mostério
Co-orientador: Prof. Dr. Julio Vicente Lombardi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Dezembro - 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

G745a Gouvea, Cláudia Menezes da Silva
Análise das concentrações de fósforo em um sistema de tilapicultura em viveiros escavados. / Cláudia Menezes da Silva Gouvea. / São Paulo, 2016.
viii, 35f. ; il. ; graf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.
Orientadora: Cláudia Maris Ferreira

1. Concentrações de fósforo total. 2. Piscicultura. 3. Tilápia. 4. Indicadores de sustentabilidade. I. Ferreira, Cláudia Maris. II. Título.

CDD 639.3

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECONOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS

INSTITUTO DE PESCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Análise das concentrações de fósforo em um sistema de tilapicultura em viveiros escavados

AUTOR: CLÁUDIA MENEZES DA SILVA GOLVEA

ORIENTADORA: Profª. Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério
Co-ORIENTADOR: Prof. Dr. Júlio Vicente Lombardi

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:

Profª. Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério

Profª. Dra. Cíntia Badaró Pedroso

Prof. Dr. Hélcio Luiz de Almeida Marques

Data da realização: 13 de dezembro de 2016

Presidente da Comissão Examinadora
Profª. Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, e lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charles Chaplin.

Dedico,

A Deus, pela vida...

Aos meus pais, Manoel e Valdenôra, pelo permanente incentivo em busca da educação, pelo enorme carinho, dedicação, apoio, pelo amor incondicional dedicados a mim até hoje, por me acompanharem em todas as etapas da minha vida, o meu muito obrigada!!!!!!!!

A minha única irmã gêmea Cátia pelo constante incentivo, força, apoio, carinho, presença e forte ligação, sempre torcendo e muito pela minha felicidade, obrigada mana!

Ao meu cunhado Clodoaldo pela força, incentivo, otimismo, afeto, sempre presente transmitindo muita calma e tranquilidade, aliás esta "virtude" ele tem de sobra, foram muito importantes e essenciais durante esta longa jornada, obrigada!

Em especial a Camilinha, a mais nova integrante da família! Com apenas 7 meses de vida têm nos ensinado muito, principalmente perseverança, paciência, persistência e confiança, por mais difícil que possa parecer em determinados momentos, não perder nunca o foco, a fé e acreditar sempre, é possível!!!!!! Muito obrigada, bonequinha linda da madrinha, meu anjo!

Ao meu marido Reinaldo por todo o amor, carinho, atenção, força, compreensão, paciência e diversos momentos de descontração com o seu "toque de humor único" contribuindo e muito para tornar os momentos difíceis, mais leves... sempre me apoiando e acreditando na realização de mais esta conquista na minha vida!!!! Obrigadaaaaaa, meu amor!

Família linda, eu amo demais todos vocês!!!!!!!!!!

Ofereço,

Aos professores, mestres e doutores...

"A melhor herança que um Pai pode deixar ao filho, ou o Educador ao discípulo, é a firmeza em aspirar triunfos".

Por isso agradeço àqueles que me educaram pelo que sou.

(J. P. Sartre).

Agradecimentos

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não teria chegado até aqui, me dando sabedoria, perseverança, força para alcançar mais esta conquista na minha vida e por ter colocado cada um de vocês no meu caminho.

Ao Instituto de Pesca da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo pelo suporte concedido e apoio logístico tornando-se possível a execução desta pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa Científica no Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro concedido ao projeto que deu origem a este estudo. Processo 2014/06456-9 - vinculado 2013/21198-3.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante a realização deste projeto.

A todos da Piscicultura Valed, Valter, Edna, Carol, Lucas e Jane por permitirem a realização deste trabalho nas suas instalações e por todo o apoio, atenção, disposição, colaboração, amizade e vários momentos de descontração durante o período de coletas, execução do experimento e realização deste trabalho.

A minha orientadora, Drª. Claudia Maris Ferreira Mostério primeiramente pelo apoio sempre presente e incentivo na realização do mestrado e por todas as valiosas contribuições em vários momentos.

Ao meu Co-orientador Dr. Julio Vicente Lombardi pela oportunidade, orientação, apoio, incentivo, paciência, confiança, conhecimentos transmitidos, durante todo o desenvolvimento e elaboração deste trabalho.

Aos colaboradores do projeto Drª. Maria Aparecida Guimarães Ribeiro, Dr. Edison Kubo, Drª. Cacilda Thaís Janson Mercante, Dr. Sergio Henrique Canello Schalch e ao técnico do laboratório Luiz Claudio dos Santos Evangelista pelo apoio, participação e importante contribuição em vários momentos durante a realização deste trabalho.

Ao Dr. Vander Bruno dos Santos (Instituto de Pesca/APTA/SAA) e a Drª. Cacilda Thaís Janson Mercante (Instituto de Pesca/APTA/SAA) pela participação na minha banca de qualificação e pelas valiosas sugestões que contribuíram muito para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Dr. Hélcio Luiz de Almeida Marques (Instituto de Pesca/APTA/SAA) e a Drª. Cintia Badaró Pedroso (Instituto de Pesca/APTA/SAA) pela participação na minha banca de defesa e pelas importantíssimas sugestões que contribuíram ainda mais para o aprimoramento deste trabalho.

A prof. Drª. Maria Teresa Valério Berardo pela orientação durante o meu estágio docência com sua dedicação, confiança e apoio em todos os momentos que contribuíram para acrescentar na minha formação acadêmica.

A toda a equipe do Instituto de Pesca (Infra-estrutura), Rosa Maria, Leandro, João Batista, Marcão e em especial ao Roni, Dominique, Isabela e Gabriel que deram o seu apoio e parcela de contribuição no decorrer deste trabalho, os meus agradecimentos.

Ao grande amigo Ocimar Pedro, pelo constante apoio, estima e fundamental contribuição nas informações prestadas no decorrer desta longa jornada.

A Ângela Cristina Campos Trindade e a Márcia Navarro Cipólli da Biblioteca do Instituto de Pesca pela colaboração em diversos momentos, o meu reconhecimento e carinho por elas.

As queridas Sandrinha e Edleusa, eu só tenho a agradecer, pela carinhosa amizade de vocês, apoio sempre presente, prestativa contribuição em vários momentos importantes, pelo convívio, alegria e descontração.

A querida assistente técnica Lilian Paula Faria Pereira pela amizade, carinho, apoio, sempre prestativa em muitos momentos importantes, companhia ao longo deste período de convívio entre o laboratório e as disciplinas, congresso e outros momentos divertidos que passamos juntas.

A Munique Moraes, Thaís Monteiro Ferreira e a Lídia Sumile Maruyama pelo carinho, atenção, colaboração e por ter gentilmente contribuído com sugestões e dicas importantes para a execução do meu trabalho.

A Regina Matiazzi Tedeschi e a Veroni Ferreira do Nascimento pelo enorme carinho, incentivo e apoio sempre presente, eu sou muito grata as duas.

A Miryan Belloni, Adriana Bernardinelli Farias, Claudia Tamião, Patrícia Vieira Rodrigues, Simone Fabris e a Solange Carvalho pelo apoio em vários momentos, otimismo, torcida e carinho.

Aos meus queridos e inesquecíveis amigos, Silvia Akemi Uehara, João Manuel da Costa Carvalho Júnior, Eliane Ferreira e Vicente Sassá Jr. pelo carinho, atenção, apoio e grande amizade, sempre presentes na minha vida, principalmente nos momentos mais difíceis.

A todos os alunos de Pós-graduação do Instituto de Pesca pela convivência, troca de experiências durante as disciplinas cursadas, vários momentos descontraídos com muitas risadas e animação com direito a churrasco e música ao vivo, gostosa recordação!!!! Obrigada pela amizade de vocês.

A todos os pesquisadores, funcionários do Instituto de Pesca de São Paulo, que contribuíram, direta ou indiretamente, para a minha formação e a todos aqueles que apoiaram e compartilharam comigo este trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Sumário

Sumário

Agradecimentos ..... **i**
Sumário ..... **v**
Resumo geral ..... **vii**
Abstract ..... **viii**
1. Introdução geral **01**
1.1. Objetivo geral 05
1.2. Apresentação da dissertação 05
1.3. Capítulo único 05
2. Referências bibliográficas **06**

Capítulo único – Análise das concentrações de Fósforo em um Sistema de tilapicultura em viveiros escavados **09**
RESUMO **10**
ABSTRACT **11**
3. INTRODUÇÃO **12**
3.1. Objetivos..... 14
4. MATERIAL E MÉTODOS **14**
4.1. Área de estudo 14
4.2. Descrição do sistema de criação e manejo alimentar 15
4.3. Amostragem e variáveis limnológicas 16
4.4. Indicadores ambientais 17
5. RESULTADOS **18**
6. DISCUSSÃO **22**
7. CONCLUSÕES **25**
8. AGRADECIMENTOS **26**
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **27**

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS **31**

11. ANEXOS **32**

Resumo geral

A descarga de nutrientes para o meio ambiente decorrentes da piscicultura pode causar a deterioração da qualidade da água através do enriquecimento do corpo hídrico receptor por compostos fosfatados. A aplicação de indicadores ambientais com a finalidade de quantificar os resíduos gerados pela produção de organismos aquáticos ainda é muito pouco utilizada na piscicultura nacional. O presente estudo teve por objetivo geral usar o Fósforo Total (P) como indicador ambiental sendo, portanto, uma ferramenta para quantificar a descarga de fósforo via efluentes da criação de tilápias no sistema semi intensivo de cultivo em viveiros escavados. As coletas de dados tomaram como base as análises das concentrações das seguintes variáveis limnológicas: temperatura (ºC), oxigênio dissolvido (mg/L), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (µS/cm), sólidos totais dissolvidos (mg/L) e Fósforo Total (P). As amostragens foram realizadas ao longo de três ciclos distintos de engorda. No período de setembro de 2014 a julho de 2016, 38 coletas. Todas as amostragens foram feitas com frequência quinzenal, considerando-se como estações de coleta o sistema de abastecimento dos viveiros (captação de água), a sua drenagem (saída de água) e o corpo hídrico receptor. Durante os três ciclos de produção não foram registradas alterações importantes para as variáveis limnológicas, exceto para as concentrações de Fósforo Total (P), demonstrando descargas excessivas deste nutriente no efluente, que pode estar associado ao manejo alimentar e ao metabolismo dos peixes. A utilização do fósforo como indicador ambiental evidenciou que as práticas de manejo empregadas na tilapicultura não foram suficientes para evitar a descarga excessiva de fósforo. Por outro lado, mostrando que o ambiente possui boa capacidade de assimilação, diminuindo a intensidade do impacto da carga orgânica gerada pela piscicultura, pois mesmo apresentando níveis elevados do fósforo, não houve interferência no crescimento e desenvolvimento da produção piscícola. Contudo, é necessário reduzir essas concentrações e seus possíveis impactos que podem causar no corpo hídrico receptor, para isso é necessário um manejo que atenda a necessidade desta produção, considerando o estágio de desenvolvimento dos peixes, controle da quantidade de ração ofertada, a utilização de densidades de estocagem adequadas para uma melhora na assimilação e aproveitamento deste fósforo no sistema produtivo e tratamento dos efluentes.

Palavras-chave: Concentrações de fósforo total, piscicultura, tilápia, indicadores de sustentabilidade.

Abstract

Discharge of nutrients into the environment from fish farming can cause deterioration of water quality through the enrichment of the receiving water body by phosphate compounds. The application of environmental indicators in order to quantify the waste generated by the production of aquatic organisms is still very little used in national fish farming. The objective of the present study was to use Total Phosphorus (P) as an environmental indicator and, therefore, a tool to quantify the discharge of phosphorus via effluents from tilapia production in this semi-intensive production system in excavated nurseries. The data collection was based on the concentrations of the following limnological variables: temperature (ºC), dissolved oxygen (mg/L), hydrogenation potential (pH), electrical conductivity (µS/cm), total dissolved solids) and Total Phosphorus (P). Sampling was performed over three different fattening cycles. In the period from September 2014 to July 2016, 38 collections. All sampling was done every two weeks, considering the collection system of the nursery supply system (water collection), its drainage (water outlet) and the receiving water body. During the three production cycles, there were no significant changes in the limnological variables, except for the concentrations of Total Phosphorus (P), showing excessive discharges of this nutrient in the effluent, which may be associated with fish feeding and metabolism. The use of phosphorus as an environmental indicator evidenced that the management practices used in tilapicultura were not enough to avoid the excessive discharge of phosphorus. On the other hand, showing that the environment has an assimilation capacity, reducing the impact intensity of the organic load generated by fish farming, since even with high levels of phosphorus, there was no interference in the growth and development of fish production. However, it is necessary to reduce these concentrations and their possible impacts that can cause in the receiving water body, for this it is necessary a management that meets the necessity of this production, considering the stage of development of the fish, control of the quantity of ration offered, the use of Storage densities suitable for an improvement in the assimilation and use of this phosphorus in the production system and treatment of effluents.

Key words: Concentrations of total phosphorus, fish farming, tilapia, sustainability indicators.

Introdução geral

1. Introdução geral

O novo relatório da FAO, o “Estado Mundial da Pesca e Aquicultura, 2016” (SOFIA) estima que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura em 2025. Segundo o estudo, o aumento na produção brasileira será o maior registrado na região, seguido de México (54,2%) e Argentina (53,9%) durante a próxima década. O crescimento no país se deve aos investimentos feitos no setor nos últimos anos.

A FAO acompanha de perto o crescimento do setor pesqueiro no Brasil. As políticas públicas criadas especificamente para o setor e os investimentos comprovam que o país pode ser também uma potência importante na pesca e aquicultura. O cenário positivo também se reflete na região. Segundo o relatório, a América Latina e Caribe vai apresentar uma expansão importante na produção aquícola que pode chegar as 3,7 milhões de toneladas em 2025, um crescimento de 39,9% em relação a 2013-15, período em que foram produzidas em média 2,7 milhões de toneladas. (FAO, 2016).

Segundo a FAO, a pesca não deve crescer muito nos próximos anos e produção total de peixes da região (aquicultura + capturas) deve registrar 16,2 milhões de toneladas em 2025, 12,6% a mais que o nível alcançado em 2013-15. Em âmbito global, a produção deve crescer até alcançar 195,9 milhões de toneladas em 2025, um aumento de 17% em comparação a produção de 2013-15, de 166,8 milhões, após 2014 registrar pela primeira vez aumento na produção aquícola para o consumo direto em relação às capturas por pesca. (FAO, 2016).

Isso significa que no ano 2025 o mundo vai produzir 29 milhões de toneladas a mais de peixe que em 2013-15 e quase todo esse aumento vai acontecer nos países em desenvolvimento por meio da aquicultura. (FAO, 2016).

Pesquisas relacionadas à reprodução, ao crescimento e à produção de espécies aquáticas com potencial econômico têm-se desenvolvido mais amplamente quando comparadas à qualidade da água na aquicultura. No entanto, devido à escassez de água e à deterioração dos ambientes

aquáticos, estudos que visem avaliar sua qualidade na criação de organismos são necessários (MERCANTE *et al.,* 2011).

O uso de ração cresceu proporcionalmente ao aumento da produção e produtividade da aquicultura em todo o mundo. Em sistemas de produção tradicionais, o aporte significativo de nutrientes e matéria orgânica da ração pode levar ao excesso de fitoplâncton, à baixa concentração de oxigênio dissolvido, à alta concentração de amônia e a condições insatisfatórias do sedimento de fundo dos viveiros, pois o sedimento reflete as condições alóctones, como por exemplo processos erosivos das margens, no caso de viveiros escavados e também fatores internos, como altas concentrações de sólidos em suspensão na água (QUEIROZ *et al.,* 2004), o que certamente prejudica a produção aquícola (BOYD; QUEIROZ, 2004). Além disso, a ração não consumida e excrementos dos peixes contribuem para o aumento na concentração de nitrogênio e fósforo na água, por meio da eliminação por via das brânquias e fezes. Estes elementos podem ser os principais poluentes em águas naturais e solos que os recebem (MARISCAL-LAGARDA *et al.,* 2012), principalmente nos sistemas de produção semi-intensivos e intensivos.

Desse modo, o monitoramento da qualidade da água nos empreendimentos aquícolas deve ser frequente, e atender à legislação vigente, principalmente a Resolução CONAMA 357/05 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005), para que a atividade não seja apontada e penalizada como causadora de impactos ambientais nos corpos hídricos.

De acordo com a revisão bibliográfica e os estudos já realizados no Brasil nos últimos 10 anos mostram que a tilapicultura possui muitos estudos relacionados ao seu melhoramento genético (Blancket*et al.,* 2009; Lupchiski Junior *et al.,* 2011; Santos *et al.,* 2011; Yoshida *et al.,* 2013), desempenho produtivo (Fülber *et al.,* 2010) e reprodutivo (Neves *et al.,* 2009; Mataveli, 2010). No entanto, muitos estudos ainda devem ser realizados com esta espécie em função de sua grande importância na produção aquícola, principalmente voltados para a questão de sua produção e os possíveis impactos que podem ocorrer na qualidade de água.

A piscicultura, como outras criações de animais pode gerar problemas ambientais devido à descarga excessiva de nutrientes via efluente, principalmente fósforo (MIRRASOOLI *et al.,* 2012; AMÉRICO *et al.,* 2013; ARAÚJO-SILVA *et al.,* 2014; CARAMEL *et al.,* 2014), com potencial de eutrofização da água continental e degradação dos ecossistemas aquáticos (AZEVEDO *et al.,* 2011; KOÇER *et al.,* 2013; NOROOZRAJABI *et al.,* 2013; YALCUK *et al.,* 2014).

A importância do fósforo para a nutrição dos peixes se deve ao fato de que é um mineral essencial para o adequado crescimento e reprodução dos animais, além de ser um importante constituinte corporal, principalmente dos ossos, conforme afirmam MIRANDA et al., (2000). PEZZATO (2005) lembra que a sua deficiência pode ocasionar uma redução no ganho de peso, piora na conversão alimentar e influenciar negativamente a deposição de demais minerais nos tecidos moles e nos ossos.

No entanto, DIEMER (2011) afirma que o fósforo se destaca não apenas pela sua grande importância fisiológica no desenvolvimento dos peixes, mas também por ser o principal agente eutrofizador do ambiente aquático. O Fósforo (P) está entre os resíduos da aqüicultura que podem causar eutrofização considerável nas coleções de água (Green *et al.,* 2002). A descarga indiscriminada de P no ambiente aquático, especialmente em água doce, é preocupante, uma vez que P é o nutriente mais limitante para produção primária de algas e, então, o mais impactante.

O efeito deste efluente no ambiente aquático varia em função do tamanho do sistema produtivo, da quantidade de biomassa estocada, da natureza e volume de água utilizado, das práticas de manejo, da qualidade da ração que é ofertada aos organismos cultivados, do acúmulo e tipo de poluente e da capacidade de assimilação do corpo hídrico receptor (BOAVENTURA *et al.,* 1997; PIEDRAHITA, 2003; BUREAU e HUA, 2010).

Dessa forma, pretende-se no presente estudo, realizar uma análise das concentrações de Fósforo Total (P) dentro de um sistema de tilapicultura, a fim de contribuir com a utilização do próprio fósforo como um indicador ambiental para fornecer tal parâmetro em suas inferências.

1.1 Objetivo geral

Analisar as concentrações de Fósforo Total (P) via efluentes utilizando o mesmo, como um indicador ambiental dentro de um sistema de tilapicultura praticado em viveiros escavados.

1.2 Apresentação da Dissertação

A dissertação está apresentada na forma de um único capítulo, no formato de um artigo científico, que segue as normas do Boletim do Instituto de Pesca (classificação B1 – CAPES – área de Zootecnia e Recursos Pesqueiros).

1.3 Capítulo Único – Análise das concentrações de fósforo em um sistema de tilapicultura em viveiros escavados

Neste artigo foram analisadas as descargas de Fósforo Total (P), no efluente gerado pelo sistema semi intensivo de tilapicultura em viveiros escavados, localizado na cidade de Tremembé, no Estado de São Paulo.

2. Referências bibliográficas

AMÉRICO, J.H.P.; TORRES, N.H.; MACHADO, A.A.; CARVALHO, S.L. 2013 Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. Revista Científica ANAP Brasil, *6(7):* 137-150.

ARAÚJO-SILVA, S.L., MORAES, M.A.B., CARMO, C.F., OSTI, J.A.S., VAZDOS-SANTOS, A.M., MERCANTE, C.T.J. 2014 Effluent of a polyculture system (tilapias and shrimps): assessment by mass balance of nitrogen and phosphorus. Journal of Environmental Protection, *5:* 799-804.

AZEVEDO, P.A.; PODEMSKI, C.L.; HESSLEIN, R.H.; KASIAN, S.E.M.; FINDLAY, D.L; BUREAU, D.P. 2011 Estimation of waste outputs by a rainbow trout cage farm using a nutritional approach and monitoring of lake water quality. Aquaculture, *311:* 175-186.

BOAVENTURA, R.; PEDRO, A.M.; COIMBRA, J.; LENCASTRE, E. 1997 Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution, *95(3):* 379-387.

BLANCKET, D.V., GASPARINO, E., RIBEIRO, R.P., MARQUES D.S. 2009 Polimorfismo no gene GH1-Pst1 associado a características corporais de linhagens de tilápia do Nilo. Pesquisa Agropecuária Brasileira,*44:* 599-604.

BOYD, C.E. e QUEIROZ, J.F. 2004 Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J.E.P., URBINATI, E.C., FRACALOSSI, D.M., CASTAGNOLLI, N. (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo, TecArt, p. 25-44.

BUREAU, D.P e HUA, K. 2010 Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations. Aquaculture Research, *41:*777-792.

CARAMEL, B.P., MORAES, M.A.B., CARMO, C.F., VAZ-DOS-SANTOS, A.M., TABATA, Y.A., OSTI, J.A.S., ISHIKAWA, C.M., CERQUEIRA, M.A.S., MERCANTE, C.T.J. 2014 Water quality assessment of a trout farming effluent, Bocaina, Brazil. Journal of Water Resource and Protection, *6(10):* 909-915.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providencias. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 de março de 2005, Seção 1, p. 58-63.

DIEMER, O. 2011 Fósforo na alimentação de pacus *(Piaractus mesopotamicus)* criados em tanques-rede. Paraná, Brasil. 36f. (Dissertação de Mestrado em Nutrição e Alimentação Animal. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE). Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/8/TDE-2011-06-21T132312Z-606/Publico/Odair_Diemer.pdf> Acesso em: 20 jan. 2017.

FAO. 2016 Novo relatório da FAO aponta que produção da pesca e aquicultura no Brasil deve crescer mais de 100% até 2025. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/423722/> Acesso em: 20 nov. 2016.

FÜLBER, V.M., RIBEIRO, R.P., BRACCINI, G.L., VARGAS, L.D., MARENGONI, N.G. 2010 Desempenho produtivo de três linhagens de tilápia-do-Nilo *(Oreochromis niloticus)* alimentadas com dois níveis de proteína. Acta Scientiarum Animal Sciences, *32:* 77-83.

GREEN, J.A.; BRANDON, E.L.; HARDY, R.H. 2002 Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2. Production-scale study. Aquaculture Nutrition, *8:* 291-298.

KOÇER, M.A.T., KANYILMAZ, M., YILAYAZ, A., SEVGILI, H. 2013 Waste loading into a regulated stream from land-based trout farms. Aquaculture Environment Interactions,*3:* 187-195.

LUPCHINSKI JUNIOR, E., VARGAS, L., BARRERO, N.M.L., RIBEIRO, R.P., POVH, J.A., GASPARINO, E., GOMES, P.C., HEINRIQUES, G.B. 2011 Caraterización genética de tres líneas de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Archivos de Zootecnia, *60:* 985-995.

MARISCAL-LAGARDA, M.M., PÁEZ-OSUNA, F., ESQUER-MÉNDEZ, J.L., GUERRERO-MONROY, I., DEL VIVAR, A.R., FÉLIX-GASTELUM, R. 2012 Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*) with low salinity groundwater: management and production. Aquaculture, Amsterdam, *366-367:* 76-84.

MATAVELI, M., MORAES, G.V., STREIT JUNIOR, D.P., RIBEIRO, R.P., GASPARINO, E. 2010 Qualidade do sêmen em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de vitamina C. Acta Scientiarum Animal Sciences, *32:* 345-349.

MERCANTE, C.T.J.; CARMO, C.F.; RODRIGUES, C.J.; OSTI, J.A.S.; MAINARDES-PINTO, C.S.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; TUCCI, A.; DI GENARO, A.C. 2011 Limnologia de viveiro de tilápias do Nilo: avaliação diurna visando boas práticas de manejo. Boletim do Instituto de Pesca, *37(1):* 73-84.

MIRANDA, E.C. *et al.* 2000 Relação cálcio/fosforo Disponível em rações para tilápia do Nilo *(Oreochromis niloticus).* Revista Brasileira de Zootecnia, *29(6):* 2162-2171.

MIRRASOOLI, E.; NEZAMI, S.; GHORBANI, R.; KHARA, H.; TALEBI, M. 2012 The impact of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* farm effluents on water quality. Word Journal of Fish and Marine Sciences, *4(4):* 330-334.

NEVES, P.R., NATALI, M.R.M., RIBEIRO, R.P., VARGAS, L., MAEHANA, K.R., MARENGONI, N.G. 2009 Morphological characteristics of ovarian development of two Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains in mixed-culture systems. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 61*:* 1173-1182.

NOROOZRAJABI, A.; GHORBANI, R.; ABDI, O.; NABAVI, E. 2013 The impact of rainbow trout farm effluents on water physicochemical properties of Daryasar Stream. World Journal of Fish and Marine Sciences, *5:* 342-346.

PEZZATO, L.E. e BARROS, M.M. 2005 Nutrição de peixes no Brasil. In: Palestra I Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes, Botucatu, 2005. Anais… Botucatu: AQUANUTRI. CD-ROM.

PIEDRAHITA, R.H. 2003 Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. Aquaculture, *226:* 35-44.

QUEIROZ, J.F. de, BOEIRA, R.C., SILVEIRA, M.P. 2004 Coleta e preparação de amostras de sedimentos de viveiros de aqüicultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 5. Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, p. 17.

SANTOS, A.I., RIBEIRO, R.P., VARGAS, L., MORA, F., ALEXANDRE FILHO, L., FORNARI, D.C., OLIVEIRA, S.N. 2011 Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, *46:* 33-43.

YALCUK, A.; PAKDIL, N.B.; KANTÜRER, O. 2014 Investigation of the effects of fish farms in Bolu (Turkey) on aquatic pollution. International Journal of Agricultural and Food Research, *3:*1-13.

YOSHIDA, G.M., OLIVEIRA, C.A.L., OLIVEIRA, S., KUNITA, N.M., RESENDE, E.K., ALEXANDRE FILHO, L.A., RIBEIRO, R.P. 2013 Associação entre características de desempenho de tilápias do Nilo ao longo do período de cultivo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, *48(8):* 816-824.

Capítulo Único - Análise das concentrações de fósforo em um sistema de tilapicultura em viveiros escavados.

ANÁLISE DAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO EM UM SISTEMA DE TILAPICULTURA EM VIVEIROS ESCAVADOS

Cláudia Menezes da Silva GOUVEA[1], Maria Aparecida Guimarães RIBEIRO[3], Edison KUBO[3], Cacilda Thaís Janson MERCANTE[3], Sergio Henrique Canello SCHALCH[2], Claudia Maris FERREIRA[3], Julio Vicente LOMBARDI [3]

[1] Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca – Instituto de Pesca-APTA-SAA-SP. Av. Francisco Matarazzo, 455 – CEP: 05001-970 - São Paulo – SP, Brasil. E-mail: c.menezes.s@terra.com.br

[2] Pólo Regional Vale do Paraíba-APTA-SAA-SP. Av. Professor Manoel César Ribeiro, 1920 – CEP: 12400-970 - Pindamonhangaba – SP, Brasil.E-mail: sschalch@apta.sp.gov.br

[3] Centro de Pesquisas em Recursos Hídricos – Instituto de Pesca-APTA-SAA-SP. Av. Francisco Matarazzo, 455 – CEP: 05001-970 – São Paulo – SP, Brasil.E-mail: lombardi@pesca.sp.gov.br

Resumo

A produção de peixes de forma sustentável deve considerar a utilização de modernas e corretas práticas de manejo para garantir o sucesso dessa atividade. Para isso, a atividade depende da boa qualidade de água, um recurso vital e que deve ser utilizado de maneira sustentável. A descarga de nutrientes para o meio ambiente pode causar a deterioração da qualidade da água através do enriquecimento do corpo hídrico receptor por compostos fosfatados no sistema produtivo. Existem diversos indicadores de sustentabilidade vêm sendo propostos, nos últimos anos, em estudos relacionados à gestão de recursos hídricos. A determinação de valores de cargas de nutrientes constitui uma importante ferramenta para descrever esses processos. O objetivo do presente estudo foi quantificar as descargas de Fósforo Total (P) no efluente gerado através da utilização do fósforo, como um indicador ambiental pelo sistema semi intensivo de tilapicultura em viveiros escavados. As coletas de dados tomaram como base as análises das concentrações das seguintes variáveis limnológicas: temperatura (ºC), oxigênio dissolvido (mg/L), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (µS/cm), sólidos totais dissolvidos (mg/L) e Fósforo Total (P). As amostragens foram realizadas ao longo de três ciclos distintos de engorda. O primeiro, contemplando 5 meses no ano de 2014 (10 coletas). O segundo, no ano de 2015, ao longo de 9 meses (17 coletas) e o terceiro, no ano de 2016, no período de 7 meses (11 coletas). As densidades médias iniciais de estocagem nos três viveiros, V11, V13 e V20 foram: (4,05, 3,02 e 3,50 alevinos m²) e na estocagem final: (4,00, 2,74 e 3,22 peixes adultos m²). O tamanho dos viveiros correspondeu a 240,00m², 578,16m² e 330,00m². Todas as amostragens foram feitas com frequência quinzenal, considerando-se como estações de coleta o sistema de abastecimento dos viveiros (captação de água), a sua drenagem (saída de água) e o corpo hídrico receptor. Durante os três ciclos de produção, não foram registradas alterações importantes para as variáveis limnológicas, exceto para as concentrações de Fósforo Total (P). As concentrações de Fósforo Total (P) demonstraram existir uma descarga excessiva de nutrientes no efluente, além dos níveis recomendados pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Concentrações de fósforo total, piscicultura, tilápia, indicadores de sustentabilidade.

Abstract

The production of fish in a sustainable way should consider the use of modern and correct management practices to guarantee the success of this activity. For this, the activity depends on the good quality of water, a vital resource and that should be used in a sustainable way. The discharge of nutrients to the environment can cause deterioration of water quality through the enrichment of the receiving water body by phosphate compounds in the production system. Several sustainability indicators have been proposed in recent years in studies related to the management of water resources. The determination of nutrient load values is an important tool to describe these processes. The objective of the present study was to quantify the Total Phosphorus (P) discharges in the effluent generated through the use of phosphorus, as an environmental indicator by the semi - intensive system of tilapicultura in excavated nurseries. The data collection was based on the concentrations of the following limnological variables: temperature (ºC), dissolved oxygen (mg/L), hydrogenation potential (pH), electrical conductivity (µS/cm), total dissolved solids) and Total Phosphorus (P). Sampling was performed over three different fattening cycles. The first, contemplating 5 months in the year 2014 (10 collections). The second, in the year 2015, over 9 months (17 collections) and the third, in the year 2016, in the period of 7 months (11 collections). The initial mean stocking densities in the three nurseries, V11, V13 and V20 were (4.05, 3.02 and 3.50 fingerlings m²) and final storage: (4.00, 2.74 and 3.22 fish adults m²). The size of the nurseries corresponded to 240.00sqm, 578.16sqm and 330.00sqm. All sampling was done every two weeks, considering the collection system of the nursery supply system (water collection), its drainage (water outlet) and the receiving water body. During the three production cycles, no significant changes were recorded for the limnological variables, except for Total Phosphorus (P) concentrations. The concentrations of Total Phosphorus (P) showed an excessive discharge of nutrients in the effluent, in addition to the levels recommended by the Brazilian legislation.

Key words: Concentrations of total phosphorus, fish farming, tilapia, sustainability indicators.

3. INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial, nos últimos cinquenta anos cresceu de maneira expressiva, apresentando taxa de incremento média de 3,2% ao ano no período 1961–2009 (FAO, 2012). Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), em 2006, a produção global (aquicultura continental e marinha) totalizou 47,3 milhões de toneladas; em 2011, a produção de pescado atingiu a marca de 63,6 milhões de toneladas, (FAO, 2012). Considerando-se apenas a aquicultura continental nacional, a produção aumentou de forma significativa (40%) no triênio 2008-2010 no Brasil. (BRASIL, 2012).

Para que a expansão da aquicultura se dê em bases ambientalmente sustentáveis, o desenvolvimento de sistemas mais eficientes do ponto de vista de uso da água e menores impactos ambientais deve ser alvo de pesquisas. A validação de tecnologias inovadoras é importante para assegurar o desenvolvimento sustentável da aquicultura brasileira, com base nas Boas Práticas de Manejo (BPM), partindo-se do pressuposto de que grande parte dos impactos ambientais pode ser evitado ou minimizado por meio do emprego destas práticas (QUEIROZ; SILVEIRA, 2006).

Os métodos de produção na aquicultura têm sido intensificados em resposta ao aumento da demanda. A intensificação da produção de peixes, quando conduzida de modo inadequado, pode levar a um aumento do impacto ambiental em termos de produção de dejetos e uso de água.

Dentre os principais impactos potenciais, destaca-se a quantidade elevada de matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo nos efluentes que podem comprometer a qualidade da água nos cursos hídricos à jusante.

O manejo alimentar está diretamente relacionado à qualidade da água nos sistemas de produção. O excesso de alimentação ou o uso de rações desbalanceadas reduzem a absorção de nutrientes pelos peixes, o que resulta no excesso de formação de matéria orgânica e nutrientes nos sistemas de produção, com reflexos diretos na qualidade de água, aumento do fitoplâncton, redução da transparência da água e diminuição do oxigênio dissolvido em

níveis críticos ao amanhecer, comprometendo assim a saúde dos peixes (CYRINO *et al.,* 2010).

Informações apresentadas na literatura relatam que somente 25 a 30% do nitrogênio e fósforo fornecido nas dietas alimentares e fertilizantes é aproveitado para a formação da biomassa de peixes e camarões, sendo que o restante do nitrogênio e fósforo fica retido no sedimento dos viveiros ou é eliminado pelo efluente (CASILLAS-HERNÁNDEZ *et al.,* 2006).

No Brasil, não há legislação que considere o teor de nutrientes na composição da ração como proposta para redução do impacto ambiental. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), colegiado federal do Ministério do Meio Ambiente, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes através das resoluções 357 de 2005 e 430 de 2011, ou seja, regulamenta somente o limite permitido das concentrações de nutrientes no efluente descartado de acordo com o enquadramento do corpo hídrico (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

A aplicação de indicadores ambientais com a finalidade de quantificar a carga poluidora gerada pela produção de organismos aquáticos e seus efeitos sobre a qualidade da água ainda é muito pouco utilizada no Brasil (ARAÚJO SILVA *et al.,* 2014; CARAMEL *et al.,* 2014). Considerando a conservação do meio ambiente e o cuidado que se deve ter com a utilização racional dos recursos aquáticos (FAO, 2012), são necessários estudos que enfoquem os aspectos citados anteriormente. Para essa avaliação é sugerida a aplicação de indicadores ambientais em sistemas aquaculturais, a fim de estimar o desempenho ambiental do empreendimento, avaliando a eficiência com que os recursos são utilizados (BOYD e QUEIROZ, 2001; BOYD *et al.,* 2007). Entre os parâmetros utilizados para a avaliação da qualidade da água, o fósforo é um dos principais. Comparado a outros nutrientes, o fósforo é o que ocorre em menor abundância no ambiente, por este motivo, freqüentemente, o primeiro elemento a limitar a produtividade biológica (crescimento de algas e outras plantas aquáticas). Esse nutriente faz parte da composição das algas, sendo indispensável ao seu crescimento. O excesso desse elemento na água pode desencadear um crescimento

excessivo de algas, acarretando o processo denominado “eutrofização”. Do ponto de vista limnológico, o fósforo é um elemento que deve ser sempre monitorado, constituindo-se ser um ótimo indicador e ferramenta para monitorar a qualidade da água. Normalmente, em viveiros destinados à produção comercial, esse nutriente está presente em elevadas concentrações, pois ocorre através do arraçoamento e de outras fontes como fertilização, adubação, etc. Por esse motivo a importância, de um monitoramento e controle do lançamento de fósforo para evitar ou minimizar os impactos nos corpos d’água que recebem o efluente gerado pelo empreendimento.

Nesse sentido, notou-se através de pesquisas realizadas no Brasil (BORGES *et al.,* 2012; ARAÚJO-SILVA *et al.,* 2014; MERCANTE *et al.,* 2014), que a quantificação das cargas pode ser uma ferramenta útil para caracterização do impacto, pois contempla a vazão e não somente as concentrações de nutrientes, permitindo a comparação entre diferentes sistemas, métodos de criação e avaliação da eficiência das práticas de manejo empregadas no sistema produtivo.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi quantificar a descarga de Fósforo Total (P) através do efluente na criação de tilápias *(O. niloticus)* em viveiros escavados utilizando esta carga poluidora como um indicador ambiental e ferramenta para essa avaliação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

As amostragens foram realizadas em um empreendimento comercial de produção de tilápias do Nilo *(O. niloticus)*, localizada aproximadamente a 7 quilômetros da cidade de Tremembé, município brasileiro do estado de São Paulo, na mesorregião do Vale do Paraíba, a uma latitude 22º 57’38” sul, longitude de 45º 32’27” oeste e altitude de 552 metros. (Vide anexo 1). Área de Mata Atlântica cobrindo grande parte da região e das suas nascentes que fornecem água potável para as cidades, sobretudo para as regiões metropolitanas dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Além do

abastecimento das cidades os rios que compõem a Bacia do Rio Paraíba do Sul servem de irrigação e geração de energia elétrica. A região é de clima tropical, quente com inverno seco. O principal rio que abastece o sistema de criação de tilápias é o Rio Piracuama. O canal (curso d'água) onde foram realizadas as medições vem do Rio Piracuama, passando pelo rio Verde, para depois desaguar no rio Paraíba do Sul, principal rio e um dos mais importantes da região sudeste.O riacho que abastece a tilapicultura foi classificado como classe 2, para corpos d'água destinados à aquicultura, de acordo com a legislação vigente, Resolução CONAMA n°357/2005.

4.2. Descrição do sistema de criação e manejo alimentar

O sistema utilizado para a criação de tilápias foi o semi intensivo. O período de amostragens no empreendimento aquícola foi entre setembro/2014 a julho/2016, cobrindo 3 ciclos completos de produção, do povoamento até a despesca dos mesmos, por três safras distintas e simultâneas para a composição de todos os dados e cálculos, exceto para o ciclo I, constituído de um único viveiro. As densidades médias iniciais de estocagem nos três viveiros, V11, V13 e V20 foram: (4,05, 3,02 e 3,50 alevinos de tilápias m²) e na estocagem final: (4,00, 2,74 e 3,22 peixes adultos m²), respectivamente. O tamanho dos viveiros correspondeu a 240,00 m², 578,16 m² e 330,00 m². Em todos os viveiros o arraçoamento foi realizado pelo produtor, três vezes ao dia, com ração extrusada, contendo inicialmente 42% de proteína bruta (2,5 mm pellets), considerando o estágio de desenvolvimento dos indivíduos e uma biomassa total estimada (10% da biomassa total – alevinos e 5% da biomassa total - juvenis), passando para 32% de proteína bruta (5,0 mm pellets) e biomassa total estimada (2 a 3% da biomassa total) para os adultos até o final do processo de engorda. Os dados biométricos foram realizados mensalmente, com adequação da quantidade de alimento fornecido, de acordo com a disposição alimentar dos peixes (principalmente, nos períodos onde as estações do ano apresentaram temperaturas baixas) durante o período de amostragem.

Os dados zootécnicos, bem como as características de cada viveiro amostrado estão registrados na Tabela 1. (Vide ilustrações nos anexos 2 a 4).

Tabela 1 – Dados gerais dos viveiros (V11, V13 e V20) de recria de tilápia do Nilo *(Oreochromis niloticus)* manejados durante os 3 ciclos de produção.

Descrição dos itens:	V 11	V 13	V 20
CICLO I			
Área (m²)	_	578,16	_
nº ind. inicial (n)	_	1.734	_
nº ind. final (n)	_	1.376	_
Dens. inicial de estocagem (n/m²)	_	3,00	_
Dens. final de estocagem (n/m²)	_	2,38	_
Sobrevivência (%)	_	79,35	_
Período de recria (dias)	_	142	_
Biomassa inicial (kg)	_	145,45	_
Biomassa final (kg)	_	897,15	_
Conversão Alimentar Aparente	_	1,88	_
Ganho de biomassa total (kg)	_	751,70	_
CICLO II			
Área (m²)	240,00	578,16	330,00
nº ind. inicial (n)	720	1.750	990
nº ind. final (n)	630	1726	862
Dens. inicial de estocagem (n/m²)	3,00	3,03	3,00
Dens. final de estocagem (n/m²)	2,62	2,98	2,61
Sobrevivência %	87,50	98,63	87,07
Período de recria (dias)	223	198	138
Biomassa inicial (kg)	65,52	259,00	238,59
Biomassa final (kg)	246,96	738,73	418,93
Conversão Alimentar Aparente	2,36	2,39	2,92
Ganho de biomassa total (kg)	181,44	479,73	180,34
CICLO III			
Área (m²)	240,00	578,16	330,00
nº ind. inicial (n)	1.316	1.750	1.320
nº ind. final (n)	1.200	1648	1.260
Dens. inicial de estocagem (n/m²)	5,48	3,02	4,00
Dens. final de estocagem (n/m²)	5,00	2,85	3,82
Sobrevivência (%)	91,19	94,17	95,45
Período de recria (dias)	185	202	188
Biomassa inicial (kg)	9,12	13,48	17,56
Biomassa final (kg)	243,46	507,58	299,88
Conversão Alimentar Aparente	1,63	1,61	1,91
Ganho de biomassa total (kg)	234,34	494,11	282,32

4.3. Amostragens das variáveis limnológicas

As análises contemplaram o período de setembro de 2014 a julho de 2016 (38 coletas), realizadas quinzenalmente em três viveiros em três Estações distintas, estabelecidas de acordo com a seguinte ordem de localização no sistema de produção: Estação I: Captação (C), Estação II: Efluente (E) e Estação III: Corpo Hídrico Receptor (CHR). (Figura 1). (Vide ilustrações nos anexos 5 e 6).

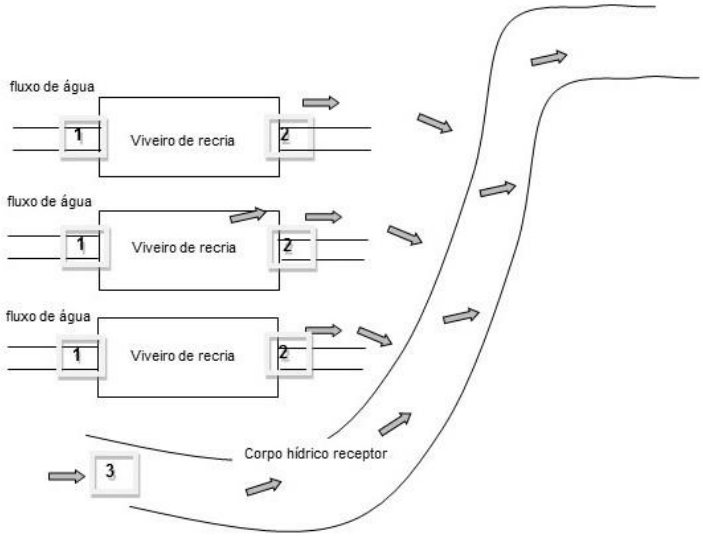


Figura 1 – Configuração esquemática da distribuição das estações de amostragem: 1. **"C"** = Captação de água (fonte de abastecimento do viveiro); 2. **"E"** = No efluente do viveiro (sistema de drenagem); 3. **"CHR"** = No corpo hídrico receptor (à montante do ponto de lançamento do efluente.

As amostras foram coletadas nas tubulações de entrada e saída dos viveiros e na sub-superficie da coluna d'água do corpo hídrico receptor, acondicionadas em frascos plásticos, contendo solução ácida fixadora de amostras. Em seguida as mesmas foram acondicionadas em containers isotérmicos e transportadas a um laboratório de referência, acreditado sob a normativa (ABNT, 2005), para análise da variável Fósforo Total (P) (mg/L), de acordo com a metodologia descrita por APHA *et al.* (2005). Uma Sonda multiparâmetros modelo F-1556 YSI™ foi utilizada para medir as demais variáveis limnológicas a seguir: temperatura (ºC), oxigênio dissolvido (mg/L), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (µS/cm) e sólidos totais dissolvidos (mg/L). (Vide ilustrações nos anexos 7 e 8).

4.4. Indicadores ambientais

As concentrações de resíduo de Fósforo Total (RP) foram calculadas através da simples subtração da concentração de Fósforo Total (P) existente entre os locais de amostragens (efluente - captação), seguindo-se uma adaptação da metodologia recomendada por Borges *et al* (2012) e Araujo-Silva *et al* (2014).

5. RESULTADOS

Os valores médios das variáveis limnológicas monitoradas ao longo dos três ciclos de engorda da tilápia encontram-se registradas na tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios e desvio padrão das variáveis limnológicas da água, condutividade (cond.), sólidos totais em suspensão (S.T.S), oxigênio dissolvido (O.D.), potencial redox (O.R.P), potencial hidrogeniônico (pH) e a temperatura (T), nos três viveiros (V11, V13 e V20) de tilapicultura, nos três pontos de amostragem, captação (C), efluente (E) e corpo hídrico receptor (CHR), durante os três ciclos de produção. Conforme estabelecidos pela Cetesb e a resolução CONAMA 357/2005 os parâmetros máximos permitidos para corpos d'água destinados a aquicultura, classe 2.

Descrição dos	V11		V13		V20			CONAMA 357/2005
itens:	C	E	C	E	C	E	CHR	Valor máximo
CICLO I								
Cond. (uS/cm)	_	_	57,89	71,98	_	_	54,67	< 100µS/cm *
	_	_	±20,72	±32,98	_	_	±21,3	
S.T.S. (mg/L)	_	_	26,00	28,90	_	_	24,20	500 mg/L
	_	_	±3,50	±5,10	_	_	±3,60	
O.D. (mg/L)	_	_	7,84	6,39	_	_	8,69	> 5 mg/L
	_	_	±1,26	±1,76	_	_	±1,01	
O.R.P. (mV)	_	_	68,17	70,62	_	_	63,08	"
	_	_	±47,00	±62,20	_	_	±25,43	
pH (Unidades)	_	_	7,06	7,17	_	_	7,28	6,0 e 9,0
	_	_	±0,36	±0,58	_	_	±0,22	
T º(C)	_	_	24,97	25,64	_	_	23,15	
	_	_	±2,54	±2,85	_	_	±2,43	40 (ºC)
CICLO II								
Cond. (uS/cm)	30,06	34,58	30,32	36,47	28,71	32,69	30,22	< 100µS/cm *
	±2,60	±10,35	±2,97	±5,60	±1,83	±6,56	±3,22	
S.T.S. (mg/L)	19,44	22,41	19,73	23,75	18,65	21,17	19,57	500 mg/L
	±1,83	±6,72	±1,99	±3,64	±1,24	±4,38	±2,10	
O.D. (mg/L)	9,14	6,93	8,57	5,56	9,21	7,23	8,94	> 5 mg/L
	±1,00	±1,48	±1,33	±1,31	±0,89	±1,20	±1,23	
O.R.P. (mV)	113,36	125,97	110,97	102,07	100,83	106,66	119,14	"
	±60,11	±54,12	±57,26	±72,37	±72,36	±66,58	±63,64	
pH (Unidades)	7,34	6,92	6,91	6,75	6,65	6,53	6,88	6,0 e 9,0
	±0,43	±0,30	±0,20	±0,35	±0,16	±0,19	±0,31	
T º(C)	19,81	20,32	19,74	21,12	18,56	19,11	19,72	40 (ºC)
	±2,53	±2,87	±2,77	±2,94	±2,46	±2,62	±2,84	
CICLO III								
Cond. (uS/cm)	43,54	48,67	41,44	56,03	41,75	48,33	41,75	< 100µS/cm *
	±14,50	±14,93	±14,71	±23,47	±14,83	±15,96	±15,56	
S.T.S. (mg/L)	28,19	31,59	26,93	36,54	27,16	31,50	27,06	500 mg/L
	±9,56	±9,70	±9,55	±15,09	±9,61	±10,36	±10,20	
O.D. (mg/L)	8,64	5,09	7,92	3,93	7,78	3,98	8,45	> 5 mg/L
	±1,20	±2,23	±0,85	±1,57	±0,92	±1,44	±1,40	
O.R.P. (mV)	189,45	207,43	207,64	209,95	208,65	221,86	206,84	"
	±18,73	±31,16	±30,99	±33,31	±33,10	±22,58	±36,46	
pH (Unidades)	8,00	7,42	7,38	7,17	7,14	6,93	7,00	6,0 e 9,0
	±0,59	±0,33	±0,21	±0,22	±0,25	±0,26	±0,30	
T º(C)	19,64	20,60	19,95	21,74	19,86	21,23	19,51	40 (ºC)
	±3,34	±3,26	±3,34	±3,42	±3,24	±3,33	±3,30	

A temperatura da água apresentou uma variação média entre 18,56 ºC e 25,64 ºC durante os três ciclos de produção. A tilápia do Nilo tolera temperaturas de 15 a 30ºC, entretanto o seu crescimento máximo é alcançado em temperaturas acima de 25ºC. Portanto, as variações da temperatura ocorreram dentro dessa faixa.

Os valores médios de oxigênio dissolvido obtidos nas águas dos viveiros durante a fase experimental variaram de 3,93 a 9,21 mg/L. Observou-se níveis adequados na maior parte do período de amostragens, a redução na concentração de oxigênio dissolvido na água ocorreu no efluente, em alguns períodos distintos, apresentando níveis muito baixos, pode estar relacionada com o acúmulo de matéria orgânica e aumento do metabolismo dos organismos aquáticos em virtude do aumento da temperatura da água, principalmente, nos períodos onde as estações do ano apresentaram temperatura mais altas durante o período de amostragens.

Não foram observadas variações bruscas e o pH da água manteve-se ligeiramente ácido/básico nos três viveiros variando de 6,53 a 8,00. Se a água de um viveiro de piscicultura for mais ácida do que 6,2 ou mais alcalina do que 9,5 por um longo período de tempo poderá afetar a reprodução e o crescimento dos peixes.

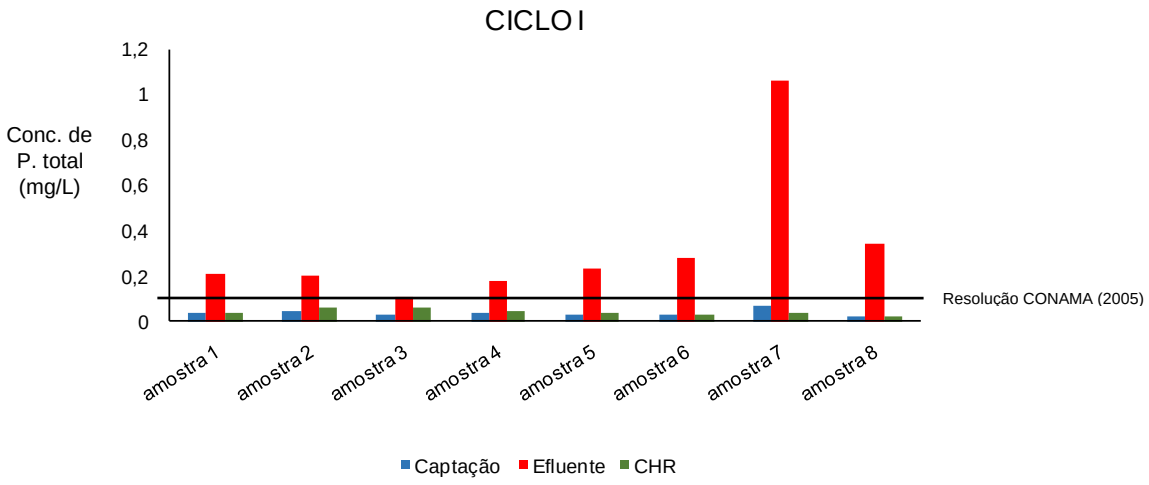
A condutividade elétrica foi relativamente baixa, não havendo diferenças muito acentuadas entre os viveiros variando de 28,71 a 71,98 µS/cm. Os maiores valores de condutividade provavelmente em consequência do alto arraçoamento diário que funcionou como fonte de nutrientes para o meio. Alguns parâmetros estão diretamente ligados as variações que ocorrem durante o dia em função dos processos fotossintéticos e da respiração.

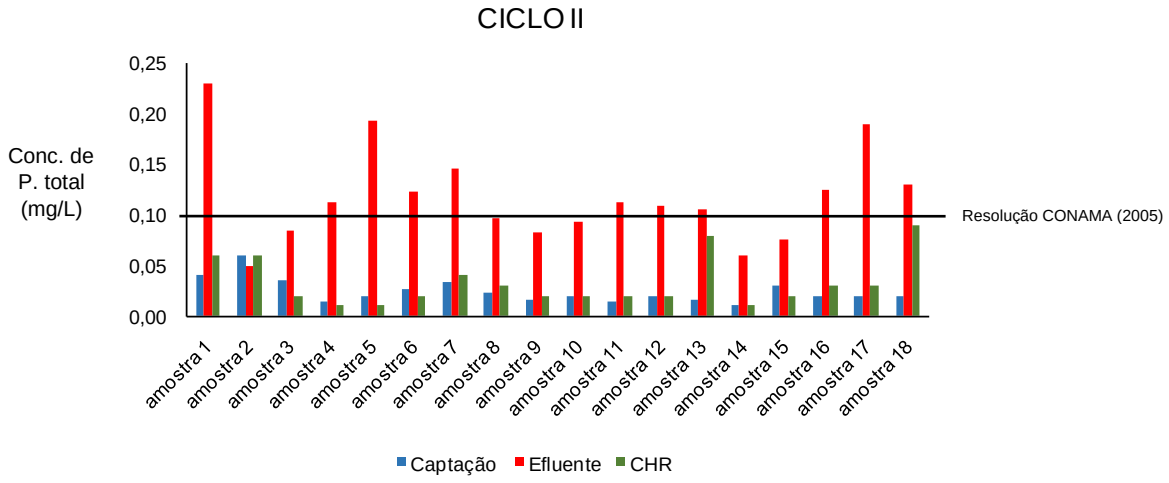
O efeito da qualidade do efluente sobre o corpo receptor está ligado principalmente a quantidade de sólidos suspensos na água, a quantidade de nutrientes dissolvidos e a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido. Como ambos os parâmetros citados permaneceram dentro dos limites aceitáveis pela legislação vigente, a resolução Conama 357/2005, os resultados mostram que foi reduzida a ação do potencial poluidor.

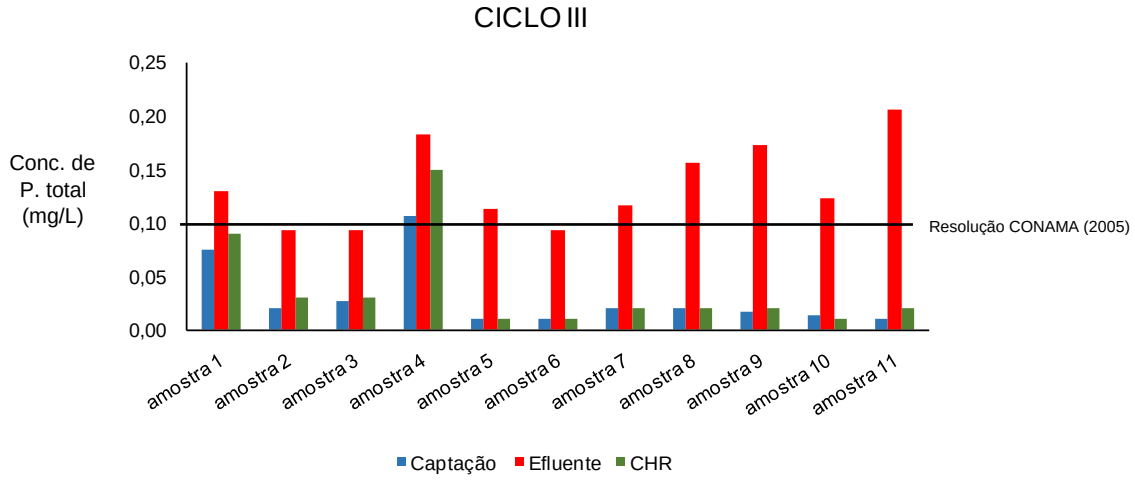
Através dos dados analisados é possível observar que houve um importante incremento do elemento Fósforo Total (P) ao longo da passagem do fluxo hídrico nos viveiros; comprovado pela elevada concentração de Fósforo acumulada nos sistemas de efluente. Houve poucas situações em que as concentrações de Fósforo Total foram negativas, especialmente no início da operação de cultivo em alguns viveiros (V11 e V13 – ciclo II e V11 – ciclo III) mostrando que houve retenção do nutriente fósforo (P) no sistema de produção, somente nestes momentos.

O fósforo é um dos componentes presentes nas rações dadas aos peixes, portanto, é preciso bastante atenção quando o produtor for alimentar a sua criação. Fornecer aos lotes a dosagem adequada é fundamental para que não haja falta desse elemento, importante para o bom crescimento dos animais, nem excesso, que seria eliminado pelos peixes e diminuindo a qualidade da água em que os alevinos e posteriormente os peixes adultos estão sendo criados.

As figuras 2 a 4 ilustram as distribuições das concentrações de Fósforo Total (P) ao longo do período amostral (ciclo de engorda). É possível observar que o elemento P esteve em elevadas concentrações no efluente, em praticamente todo o período de amostragem.







Figuras 2 a 4 – Médias de Fósforo Total (P) (mg/L) no sistema de criação de tilápias do Nilo *(O. niloticus)* durante o período de amostragem nos três viveiros (V11, V13 e V20) e no Corpo hídrico receptor (CHR) ao longo dos três ciclos.

6. DISCUSSÃO

Os teores de oxigênio na água do viveiro, temperatura, pH e condutividade, de acordo com a análise das médias, apresentaram níveis propícios ao cultivo da tilápia do Nilo (*O. niloticus*) (Urbinati & Carneiro, 2004; Mallasen *et al.,* 2012) e ficaram dentro dos níveis recomendados pela Resolução n°357 do Conama (Brasil, 2005), para corpos d'água destinados à aquicultura (classe 2). Exceção deve ser feita ao Fósforo Total (P), que apresentou, em vários períodos de amostragens, valores bem superiores aos valores máximos de 0,1 mg/L estabelecidos pela legislação. Já para a Condutividade elétrica, utiliza-se como referência valores estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). No estudo em questão tais valores estiveram bem abaixo dos máximos recomendados para esta variável.

Essas pequenas oscilações podem ter relação, principalmente, com o processo respiratório dos organismos cultivados, pois em sistemas lóticos como no caso da tilapicultura, a renovação contínua da água diminui o tempo de residência da água no sistema e, consequentemente, dificulta a permanência do fitoplâncton (BOYD e QUEIROZ, 2001). Situação diferente ocorre em sistemas lênticos, como na produção de tilápias e camarões em viveiros escavados, onde a produção primária é o principal fator relacionado às variações ao longo do dia (RODRIGUES *et al.,* 2010, MERCANTE *et al.,* 2011; ARAÚJO *et al.,* 2012).

A descarga de nutrientes via efluentes pode variar em função da qualidade dos alimentos e da estratégia de alimentação (TELLO *et al.,* 2010), sendo que a descarga de fósforo e nitrogênio se associa aos alimentos não ingeridos e à eliminação de fezes (BARTOLI *et al.,* 2007).

As maiores concentrações de Fósforo Total observadas no viveiro (V13), durante os três ciclos de amostragens, fato provavelmente associado à maior densidade de estocagem, ao aumento na quantidade de ração fornecida e ao metabolismo dos peixes, como também observado por outros autores (HARDY e GATLIN, 2002; BARTOLI *et al.,* 2007; KOÇER *et al.,* 2013), onde o limite recomendado pela legislação vigente foi excedido no

efluente, apresentando valores acima do nível de 0,1 mg/L. (BRASIL, 2005), evidenciando o manejo inadequado.

As oscilações de Fósforo Total nos efluentes ao longo dos três ciclos de amostragens pode estar associado, principalmente, à frequência de alimentação, horários de arraçoamento e metabolismo dos peixes (BUREAU *et al.,* 2003; WANG *et al.,* 2012; TEODOROWICZ, 2013).

O aumento das concentrações de Fósforo Total, após passagem através do sistema de produção, pode estar relacionado com o manejo alimentar. Em estudos realizados na piscicultura praticada com tilápia e de truta (Araripe *et al.,* 2006; Amirkolaie, 2011 e Kocer *et al,* 2013) e na ranicultura (Mercante *et al.,* 2014), os autores atribuíram a alta quantidade de nutrientes ao desperdício de alimentos e/ou ao uso de dieta desequilibrada, além do próprio metabolismo dos organismos.

Durante o processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros (AMÉRICO *et al.,* 2013). Segundo os autores, o volume de fezes depositado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. A digestibilidade da matéria seca de rações de qualidade para peixes gira em torno de 70 a 75%, isto significa que 25% a 30% do alimento fornecido entra nos sistemas aquaculturais como material fecal (KUBITZA, 1998).

Esse aumento na disponibilidade de nutrientes no ambiente pode ocasionar alterações no ecossistema aquático (SAREMI *et al.,* 2013), como mudança no metabolismo do ecossistema (aumento da produtividade primária) e na composição da comunidade bentônica (KIRKAGAÇ *et al.,* 2009; ROSA *et al.,* 2013).

Algumas soluções para redução dos impactos provocados pelos efluentes de piscicultura são propostas por BOYD, 2003. Estas consistem em adoção de boas práticas de manejo tais como: utilização de fertilizantes em quantidades necessárias para manutenção da biomassa de fitoplâncton, seleção de densidades de estocagem e taxas de alimentação que não excedam a capacidade de assimilação de nutrientes dos viveiros,

fornecimento de dietas com alta digestibilidade, estáveis na água e sem excesso de nitrogênio.

É impossível produzir sem causar impacto ambiental, por isso, sustentabilidade depende do uso de técnicas que minimizem o impacto da atividade e mantenha a biodiversidade, a estrutura e funcionamento dos ecossistemas adjacentes. Boas práticas de manejo podem não determinar uma sustentabilidade perene, assim deve-se buscar uma preservação da biodiversidade e uso racional dos recursos naturais sem degradação dos ecossistemas aquáticos (MACEDO; SIPAÚBA, 2010).

No presente estudo, as altas concentrações de fósforo no efluente, demostram que a criação de tilápias pode contribuir bastante com a elevação dos níveis de nutrientes no corpo hídrico receptor.

Desta forma, com a finalidade de se reduzir esta descarga excessiva é necessário fazer alguns ajustes ao manejo empregado para a melhoria da assimilação e aproveitamento do fósforo pelos organismos presentes neste ambiente, levando em consideração o estágio de desenvolvimento dos peixes, o controle de quantidade da alimentação oferecida, além do uso de densidades de estocagem adequadas e tratamento de efluentes.

Na legislação vigente do Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) na resolução nº 357/2005, foi estabelecido, a classificação dos corpos de água destinados a aquicultura (classe 2) e o limite permitido das concentrações de nutrientes e lançamento do efluente no corpo hídrico receptor, de acordo com o enquadramento deste corpo hídrico. Diante dos resultados obtidos proponho que seja feito uma revisão, quanto aos valores máximos estabelecidos para o descarte do poluente, neste caso em específico, o Fósforo Total (P). Provavelmente o sistema produtivo em questão, apresentou uma boa capacidade de assimilação do “agente poluidor”, o fósforo pelo próprio ambiente aquático e outro fator que deve ter contribuído é a excelente vazão de água constante que abastece o local, mantendo a qualidade de água adequada nos viveiros, apresentando um menor tempo de residência, do fósforo neste ambiente, diminuindo a intensidade do impacto da carga gerada, pois, como resultado mostrou que o

mesmo não foi o fator limitante para o crescimento e desenvolvimento dos peixes, mesmo esta carga presente em excesso.

7. CONCLUSÕES

O sistema semi intensivo utilizado no cultivo de tilápias revelou que não foram registradas alterações importantes para as variáveis limnológicas, os mesmos permaneceram dentro dos parâmetros recomendados pela legislação ambiental. No entanto, houve incremento de Fósforo Total (P) no efluente dos viveiros, nos três ciclos, durante todos os períodos de amostragens, ultrapassando os níveis indicados pela Resolução n° 357/2005 do Conama, confirmando a importância do acompanhamento do sistema de manejo adotado frente às condições ambientais existentes. Os viveiros são frequentemente enriquecidos de nutrientes vindos da alimentação, através do arraçoamento e também da adubação. O manejo de produção com entrada excessiva de ração pode ter sido o principal motivo do enriquecimento de Fósforo Total no efluente.

A determinação das elevadas concentrações de Fósforo Total (P) como método de avaliação do efluente de tilapicultura evidenciou a exportação de nutrientes para o sistema de produção.

8. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa Científica no Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro concedido ao projeto que deu origem a este estudo: Processo 2014/06456-9 - vinculado ao 2013/21198-3. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado. À Piscicultura Valed por permitir a realização deste trabalho nas suas instalações e por todo o apoio, atenção, disposição e colaboração durante o período de execução do estudo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005. NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração, p.31.

AMÉRICO, J.H.P.; TORRES, N.H.; MACHADO, A.A.; CARVALHO, S.L. 2013 Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. Revista Científica ANAP Brasil, *6(7):* 137-150.

AMIRKOLAIE, K.A. 2011 Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. Reviews in Aquaculture, *3:* 19-26.

APHA, AWWA, WPCF. 2005 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*,* 21 ed. Washington, D.C: APHA – American Public Health Association, AWWA – American Water Works Association, and WPCF – Water Pollution Control Federation, p.1085.

ARARIPE, M.N.B.A., SEGUNDO, L.F.F., LOPES, J.B., ARARIPE, H.G.A. 2006 Efeito do cultivo de peixes em tanques rede sobre o aporte de fósforo para o ambiente. Revista Científica de Produção Animal. *8(2):* 56-65.

ARAÚJO, R.F.; LOURENÇO, C.B.; SILVA, R.S.; PALHETA, G.D.A.; SANTOS, M.L.S.; MELO, N.F.A.C. 2012 Dinâmica Nictemeral de Variáveis Ambientais em um Cultivo de Camarão Marinho na Região Amazônica. Boletim Técnico Científico do CEPNOR, *12(1):* 17-24.

ARAÚJO-SILVA, S.L., MORAES, M.A.B., CARMO, C.F., OSTI, J.A.S., VAZDOS-SANTOS, A.M., MERCANTE, C.T.J. 2014 Effluent of a polyculture system (tilapias and shrimps): assessment by mass balance of nitrogen and phosphorus. Journal of Environmental Protection.*5:* 799-804.

BARTOLI, M.; NIZZOLI, D.; LONGHI, D.; LAINI, A.; VIAROLI, P. 2007 Impact of a trout farm on the water quality of na Apennine Creek from daily budgets of nutrients. Chemistry and Ecology, *23:*1-11.

BORGES, F.F., AMARAL, L.A., DE STEFANI, M.V. 2012 Characterization of effluents from bullfrog (*Lithobates catesbeianus*, Shaw, 1802) grow-out ponds. Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu, *24(2):* 160-166.

BOYD, C.E e QUEIROZ, J. 2001 Feasibility of retention structure, setting basins and best management practices in effluent regulation for Alabama channel catfish farming. Reviews in Fisheries Science, Boca Raton, *9(2):* 43-67.

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

BOYD, C.E., TUCKER, C., McNEVIN, A., BOSTICK, K., CLAY, J. 2007 Indicators of Resource Use Efficiency and Environmental Performance in Fish and Crustacean Aquaculture. Reviews in Fisheries Science,*15:* 327-360.

BRASIL. 2005 Resolução n*º* 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 22 out. 2016.

BRASIL. 2011 Ministério da Pesca e Aquicultura. 2013. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: Brasil, Brasília, DF, p. 60.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. 2012 Notícia*:* Parques Aquícolas Continentais.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012 Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010. Brasília, DF, p. 128.

BUREAU, D.P.; GUNTHER, S.J.; CHO, C.Y. 2003 Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reared in commercial cage culture operations in Ontario. North American Journal of Aquaculture, *65(1):* 33-38.

CARAMEL, B.P., MORAES, M.A.B., CARMO, C.F., VAZ-DOS-SANTOS, A.M., TABATA, Y.A., OSTI, J.A.S., ISHIKAWA, C.M., CERQUEIRA, M.A.S., MERCANTE, C.T.J. 2014 Water quality assessment of a trout farming effluent, Bocaina, Brazil. Journal of Water Resource and Protection, *6(10):* 909-915.

CASILLAS-HERNÁNDEZ, R., MAGALLÓN-BARAJAS, F., PORTILLOCLARCK, G., PÁEZ-OSUNA, F. 2006 Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico, using two feeding strategies: trays and mechanical dispersal. Aquaculture, Amsterdam, *258(1-4):* 289-298.

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. 2009 São Paulo: CETESB.

CONAMA **-** Conselho Nacional do Meio Ambiente*,* 2005. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, p. 23.

CYRINO, J.E.P., BICUDO, A.J.A., SADO, R.Y., BORGHESI, R., DAYRIKI, J.K. 2010 A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, *39:* 68-87.

FAO. 2012 The state of world fisheries and aquaculture. Roma, p. 209.

HARDY, R.W.; GATLIN, D. 2002 Nutritional strategies to reduce nutrient losses in intensive aquaculture. In: AVANCES EN NUTRICIÓN ACUÍCOLA MEMORIAS DEL SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 6., Cancún, 3-6/sep./2002. Anais… Cancún. p. 23-34.

KIRKAGAÇ, M.U.; PULATSU, S.; TOPCU, A. 2009 Trout farm effluent effects on water sediment quality and benthos. Clean Journal, *37(4-5):* 386-391.

KOÇER, M.A.T., KANYILMAZ, M., YILAYAZ, A., SEVGILI, H. 2013 Waste loading into a regulated stream from land-based trout farms. Aquaculture Environment Interactions.*3*: 187-195.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – Parte II. Panorama da aquicultura, v. 8, n. 46, março/abril, 1998. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfYzEAA/panorama-aquicultura-qualidadegua-parte-2> Acesso em: 26 out. 2016.

MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2010 Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. Boletim do Instituto de Pesca, *36(2):* 149-163.

MALLASEN, M., CARMO, C.F., TUCCI, A., BARROS, H.P., ROJAS, N.E.T., FONSECA, F.S. e YAMASHITA, E.Y. 2012 Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. Boletim do Instituto de Pesca. São Paulo, *38(1):* 15-30.

MERCANTE, C.T.J.; CARMO, C.F.; RODRIGUES, C.J; OSTI, J.A.S.; MAINARDES-PINTO, C.S.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; TUCCI, A.; DIGENARO, A.C. 2011 Limnologia de viveiro de tilápias do Nilo: avaliação diurna visando boas práticas de manejo. Boletim do Instituto de Pesca, *37(1):* 73-84.

MERCANTE, C.T.J., VAZ-DOS-SANTOS, A.M., MORAES, M.A.B., PEREIRA, J.S., LOMBARDI, J.V. 2014 Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) farming system: water quality and environmental changes. *Acta Limnologica Brasiliensia*. *26(1):* 9-17.

QUEIROZ, J.F. de, SILVEIRA, M.P. 2006 Recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes dos viveiros de aquicultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 14. Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, p. 12.

RODRIGUES, C.J.; MERCANTE, C.T.J.; CARMO, C.F.; TUCCI, A.; OSTI, J.A.S.; ACD GENARO, A.C.D. 2010 Diurnal dynamic of inorganic carbon and oxygen dissolved in a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fish pond, São Paulo, Brasil. Acta Limnologica Brasiliensia, *22(4):* 466-473.

ROSA, R.S.; AGUIAR, A.C.F.; BOËCHAT, I.G.; GÜCKER, B. 2013 Impacts of fish farm pollution on ecosystem structure and function of tropical headwater-strems. Environmental Pollution, *174:* 204-213.

SAREMI, A.; SAREMI, K.; SAREMI. A.; SADEGHI, M.; SADEGUI, H. 2013 The effect of aquaculture effluents on water quality parameters of Haraz River Iranian Journal of Fisheries Sciences, *12(2):* 445-453.

TELLO, A.; CORNER, R.A.; TELFER, T.C. 2010 How do land-based salmonid farms affect stream ecology? Environmental Pollution, *158:* 1147-1158.

TEODORIWICZ, M. 2013 Surface water quality and intensive fish culture. Archive of Polish Fisheries, *21:* 65-111.

URBINATI, E.C. e CARNEIRO, P.C.F. 2004 Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P., URBINATI, E.C., FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. Tópicos especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. São Paulo: TecArt, p. 171-193.

WANG, X.; OLSEN, L.M.; REITAN, K.I.; OLSEN, Y. 2012 Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. Aquaculture Environment Interactions, *2(3):* 267-283.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais que um sistema de produção pode causar é sem dúvida o aspecto menos perceptível pelos produtores, no entanto um dos mais importantes a serem analisados. A quantidade de compostos fosfatados que são lançados nos corpos d'água receptores, via efluentes provenientes da aquicultura, através da alimentação, devem ser constantemente monitoradas e corrigidas com o emprego de boas práticas de manejo para uma melhor utilização dos recursos naturais.

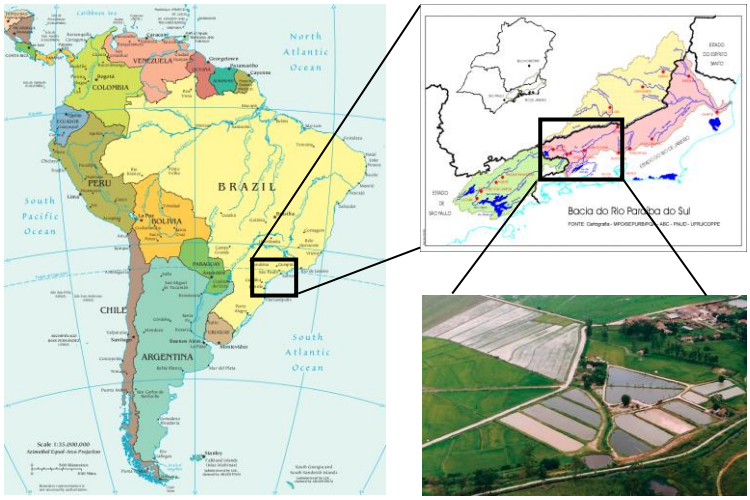
A aplicação de indicadores ambientais é uma ferramenta de grande importância para quantificar e avaliar o efluente dos resíduos lançados no corpo hídrico receptor, inclusive podendo ser utilizada em outras atividades de aquicultura, permitindo comparações entre diferentes sistemas de produção. O modelo utilizado demonstrou ser um indicador ambiental adequado na caracterização do efluente em relação à descarga de Fósforo Total, possibilitando quantificar as concentrações de nutrientes perdidos via efluente.

O estudo desenvolvido pode contribuir para melhorar a cadeia produtiva da aquicultura, com relação às questões ambientais, utilizando o Fósforo Total, como indicador para quantificar a geração de resíduos e avaliar a eficiência com que os recursos são utilizados na produção dos organismos aquáticos, além de permitir a avaliação da eficiência das práticas de manejo empregadas nos sistemas produtivos, com a finalidade de reduzir as descargas de nutrientes.

Devido a sua grande importância, são necessários muitos estudos que abordem a aplicação de indicadores ambientais, como método para quantificar os resíduos gerados pela produção de organismos aquáticos, pois na prática, ela é pouco utilizada na piscicultura nacional. Mais estudos que comprovem as vantagens e a eficiência que o uso desta ferramenta trará ao sistema produtivo.

Desta forma, a aquicultura de uma maneira geral deve buscar a sustentabilidade, utilizando as Boas Práticas de Manejo (BPM), através de tecnologias que minimizem os impactos negativos e otimizem o processo de produção e que proporcione lucro para os produtores.

11. ANEXOS



Anexo 1 – Mapa da América do Sul destacando a bacia do Rio Paraíba do Sul e o sistema de tilapicultura localizado em Tremembé - SP, Brasil.

Anexo 2 – Vista do viveiro de tilapicultura (V11) do empreendimento comercial, localizado no município de Tremembé – SP.

Anexo 3 – Vista do viveiro de tilapicultura (V13) do empreendimento comercial, localizado no município de Tremembé – SP.

Anexo 4 – Vista do viveiro de tilapicultura (V20) do empreendimento comercial, localizado no município de Tremembé – SP.

1 2

Anexo 5 – Pontos de coleta, Estação I: (C) Captação (1) e Estação II: (E) Efluente (2).

3 4

Anexo 6 – Entrada no Corpo hídrico receptor (3) e o Ponto de coleta, Estação III: (CHR) Corpo hídrico receptor (4), riacho Piracuama – Tremembé - SP.

5 6

Anexo 7 – Amostras de água sendo coletadas, ilustrações (5) e (6).

7 8

Anexo 8 – A Sonda multiparâmetros utilizada para medir as variáveis limnológicas, nos pontos de amostragens descritos anteriormente, ilustrações (7) e (8).