

UNIVERSIDADE VILA VELHA – ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**IMPACTO AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA GERADO PELA
CRIAÇÃO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM REGIÃO
SERRANA**

ANDRÉA TASSIS DE MENDONÇA GOMIDE

VILA VELHA
JULHO / 2016

UNIVERSIDADE VILA VELHA – ES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

**IMPACTO AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA GERADO PELA
CRIAÇÃO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM REGIÃO
SERRANA**

Tese apresentada à Universidade Vila Velha,
como pré-requisito do Programa de Pós-
Graduação em Ecologia de Ecossistemas,
para a obtenção do título de Doutor em
Ecologia de Ecossistemas.

ANDRÉA TASSIS DE MENDONÇA GOMIDE

VILA VELHA
JULHO / 2016

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

G631i Gomide, Andréa Tassis de Mendonça.
Impacto ambiental na qualidade da água gerado pela criação de
tilápia (*Oreochromis niloticus*) em região serrana / Andréa Tassis de
Mendonça Gomide – 2017.
49f.: il.

Orientador: Levy de Carvalho Gomes.
Tese (Doutorado em Ecologia de Ecossistemas) -
Universidade Vila Velha, 2017.
Inclui bibliografias.

1. Impacto ambiental 2. Tilápia (Peixe). 3. Água - Poluição.
I. Gomes, Levy de Carvalho. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

CDD 333.714

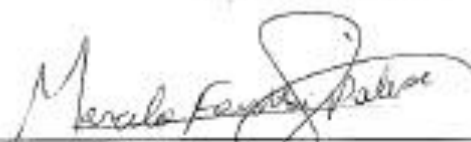
ANDRÉA TASSIS DE MENDONÇA GOMIDE

**IMPACTO AMBIENTAL NA QUALIDADE DA ÁGUA GERADO PELA
CRIAÇÃO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM REGIÃO
SERRANA**

Tese apresentada à Universidade Vila Velha,
como pré-requisito do Programa de Pós-
Graduação em Ecologia de Ecossistemas,
para a obtenção do título de Doutor em
Ecologia de Ecossistemas.

Aprovada em 27 de julho de 2016,

Banca Examinadora:



Marcelo Fantini Polese (IFES-Plúma)



Douglas Haese (UVV)



Ana Carolina Srbek de Araujo (UVV)



Levy de Carvalho Gomes (UVV)
Orientador

Aos meus pais, Kleber e Neuza, pelo exemplo de vida,
aos meus filhos, Bruno e Andressa, pelo amor incondicional, e
ao meu querido Ricardo (*in memoriam*),
que sempre vai estar no meu coração.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais, irmãos, filhos e sobrinhos, que souberam compreender a minha ausência e me apoiaram nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, prof. Dr. Levy de Carvalho Gomes, que foi quem me incentivou a desenvolver este trabalho, pelos ensinamentos, pela paciência e pelas palavras de incentivo, o meu MUITO OBRIGADA.

Aos professores Dr. Marcelo da Silva Moretti (UVV) e Dr. Luciano de Oliveira Garcia (FURG/RS) pelas valiosas contribuições desde o início do trabalho, e ao professor Dr. Mário Luís Garbin (UVV) pelos ensinamentos estatísticos.

Aos membros da banca, professores doutores Marcelo Fanttini Polese, Douglas Haese e Ana Carolina Srbek de Araujo, por dedicarem parte de seu tempo na melhoria deste trabalho.

Aos piscicultores da região serrana do Espírito Santo, em especial, aos senhores Flávio Wruck, Hebert Subtil, Marcelo Littig e Martônio Littig, que não mediram esforços na contribuição ao desenvolvimento da pesquisa e que sempre me receberam com carinho e prestreza em suas propriedades.

Aos estagiários e amigos do Laboratório de Ictiologia da UVV, que foram parte fundamental nas análises químicas da água, em especial, Alexandra Caroline da Silva Veronez, Taciana Onesorge Miranda, Priscylla Pavione, Vinícius Dadalto Baroni, Jéssica Pereira, Isadora Boschetti, Graciele Petarli Venturoti, Bárbara Chisté Teixeira, Bruno Mendonça Gomide, Hérica Bonizioli, Sara Carolina Ribeiro Marques e Rômulo Victor Salla, pela amizade, carinho e dedicação nas análises laboratoriais.

Aos meus ajudantes incansáveis nas coletas no campo, ao amigo Adalto José Barcelos e ao estudante de Medicina Veterinária Mateus Ferreira Cardoso, que, debaixo de sol ou chuva, sempre estavam ali prestes a ajudar.

À secretária do curso de Medicina Veterinária, Maurilha Alves de Deus, que sempre me trouxe palavras de carinho e incentivo, e aos professores que me substituíram prontamente em algumas aulas para que eu me dedicasse a este trabalho e que sempre me deram muito apoio: Maria Araci Grapiúna de Carvalho,

Moacir Carretta Júnior, Marcelo Renan de Deus Santos, Emy Hiura, Rodrigo Viana Sepúlveda e Tayse Domingues de Souza.

À Universidade Vila Velha, aos amigos, funcionários e professores do programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas, e demais pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 1 - DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DE PISCICULTURAS EM REGIÃO SERRANA	14
Resumo	15
Abstract	16
1. Introdução	16
2. Material e Métodos	17
3. Resultados e Discussão	19
4. Conclusões	28
5. Referências	28
ANEXO - Questionário aplicado aos piscicultores	31
CAPÍTULO 2 - IMPACTO AMBIENTAL DOS EFLUENTES DA CRIAÇÃO DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) EM REGIÃO SERRANA	33
Resumo	34
Abstract	35
1. Introdução	35
2. Material e Métodos	37
3. Resultados	40
4. Discussão	43
5. Conclusões	45
6. Referências	46
CONCLUSÕES FINAIS	49

RESUMO

GOMIDE, Andréa Tassis de Mendonça, Universidade Vila Velha – ES, julho de 2016. **Impacto ambiental na qualidade da água gerado pela criação de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em região serrana.** Orientador: Levy de Carvalho Gomes

A descarga de efluentes de viveiros no meio natural é um dos principais impactos ambientais causados pela piscicultura, assim, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade da água dos afluentes e efluentes de viveiros de criação de tilápia, na região serrana do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil. O trabalho foi dividido em dois capítulos. No primeiro, foram aplicados questionários a 26 pisciculturas para fazer um diagnóstico socioeconômico e ambiental. As amostras de água foram coletadas nos afluentes e efluentes de seis pisciculturas, mensalmente, durante cinco meses. A maioria dos produtores (77%) tem área alagada menor que 0,5 ha e tem a piscicultura como a segunda fonte de renda. A mão de obra é familiar, a água de abastecimento é de nascente, o efluente é lançado nos córregos sem nenhum tratamento prévio e a tilápia é a espécie mais cultivada. Os valores médios das variáveis físico-químicas dos afluentes estão em conformidade com a legislação vigente. Entretanto, os valores elevados de fósforo total, amônia e clorofila dos efluentes indicam o impacto gerado pelas pisciculturas. No segundo capítulo foi realizado um monitoramento para avaliar a qualidade da água dos afluentes e efluentes, em quatro pisciculturas. As amostras de água e sedimento foram coletadas nos afluentes e efluentes (transecto de 200 m com cinco pontos de coleta) de cada piscicultura, mensalmente, durante doze meses. Foram analisados temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (TDS), alcalinidade, dureza total, vazão, fósforo total, amônia total, nitrito, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), clorofila a e ficocianina. Os maiores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total encontrados nos efluentes de três propriedades das quatro analisadas neste estudo, indicam que houve alterações na qualidade da água de origem. A piscicultura que apresentou o maior fluxo de água e oxigênio dissolvido em seu efluente, foi a que não apresentou alterações nos parâmetros físico-químicos da água, e a que faz o reaproveitamento da água de descarga dos viveiros para reabastecê-los foi a que se mostrou mais eutrofizada. Assim, é importante que se faça o monitoramento da qualidade da água das pisciculturas desta região serrana e a divulgação das boas práticas de manejo, junto aos produtores, buscando minimizar os possíveis impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Piscicultura, poluição, efluente.

ABSTRACT

GOMIDE, Andréa Tassis de Mendonça, University Vila Velha – ES, July 2016. **Environmental impact on water quality generated by the creation of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in mountainous region.** Leader: Levy de Carvalho Gomes

The discharge of pond effluents into the natural environment is one of the main environmental impacts caused by fish farming, so the present study aimed to evaluate the water quality of the tributaries and effluents from tilapia farms in the highlands of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil. The work was divided into two chapters. In the first one, questionnaires were applied to 26 fish farms to make a socioeconomic and environmental diagnosis. Water samples were collected in the tributaries and effluents of six fish farms, monthly, for five months. Most of the producers (77%) have flooded areas smaller than 0.5 ha and have fish farming as the second source of income. The labor is familiar, the water supply is spring, the effluent is released into the streams without any previous treatment and the tilapia is the most cultivated species. The average values of the physical-chemical variables of the tributaries are in compliance with the current legislation. However, the high values of total phosphorus, ammonia and chlorophyll in the effluents indicate the impact generated by fish farms. In the second chapter, a monitoring was carried out to evaluate the water quality of the tributaries and effluents in four fish farms. The water and sediment samples were collected in the tributaries and effluents (transect of 200 m with five collection points) of each fish culture, monthly, for twelve months. Total dissolved solids (TDS), alkalinity, total hardness, flow rate, total phosphorus, total ammonia, nitrite, biochemical oxygen demand (BOD), chlorophyll a and phycocyanin were analyzed. The highest values of ammonia, total phosphorus, BOD, nitrite, phycocyanin, chlorophyll and total hardness found in the effluents of three properties of the four analyzed in this study indicate that there were changes in the quality of the water of origin. The fishery that presented the greatest flow of water and dissolved oxygen in its effluent, was the one that did not present changes in the physical-chemical parameters of the water, and the one that makes use of the water of discharge of the nurseries to replenish them was the one that was showed more eutrophication. Thus, it is important to monitor the water quality of fish farms in this mountain region and to disseminate good management practices to producers, in order to minimize possible environmental impacts.

KEY WORDS: Fish farm, pollution, effluent.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, quase metade da produção mundial de pescado já é originada da aquicultura, onde 63,8% é proveniente da aquicultura continental e 36,2% da marinha, demonstrando que esta atividade está em crescimento quando comparada com a pesca extrativa que vem apresentando uma estabilidade na sua produção. Dentre os organismos aquáticos cultivados em cativeiro, os peixes são os mais cultivados (67,6%), com uma produção de 49,8 milhões de toneladas, e dentre os peixes, os continentais ou de água doce são os mais produzidos via aquicultura, representando 59,0% da produção aquícola mundial (FAO, 2016).

O Brasil é hoje o 14º maior produtor mundial em aquicultura, com aproximadamente 563 mil toneladas, sendo 474,3 oriundas da aquicultura continental, representando 84,3% da produção total nacional (FAO, 2016), na qual se destaca a piscicultura, tendo a tilápia como a espécie mais cultivada no país (MPA, 2013).

A rápida expansão da aquicultura no Brasil nos últimos anos tem colocado para o setor algumas questões associadas à sustentabilidade (econômica e ambiental) e a competitividade (MPA, 2014). Os principais aspectos do meio ambiente que devem ser considerados na piscicultura são os que podem produzir impactos negativos sobre os ecossistemas, principalmente na qualidade da água, por meio de descartes de efluentes, resultando, principalmente, no enriquecimento de coleções de água com nutrientes e sólidos dissolvidos (Cyrino et al., 2010).

Assim, o despejo de efluentes de piscicultura em corpos d'água, tanto em ambientes lênticos (lagoas ou represas, quando a criação de peixes é em tanque-rede) quanto em ambientes lóticos (córregos, rios ou riachos, quando a criação é em viveiros escavados), é fonte potencial de impacto ambiental, pois contribui com a eutrofização da água acarretando assim em sérias consequências para o ecossistema aquático (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010).

Conforme Townsend et al. (2010), o significado ecológico da eutrofização é simples. As contribuições excessivas de fortes cargas de nutrientes provocam intensa proliferação de algas e de vegetais aquáticos. Assim, a transparência das águas pode ser reduzida a alguns centímetros da superfície, afetando negativamente todo o ecossistema.

Como a fotossíntese e a respiração comandam em geral as concentrações de oxigênio e carbono na água, estes nutrientes estão intimamente ligados na dinâmica do ecossistema. Assim, o crescimento excessivo do fitoplâncton produzirá uma grande quantidade de oxigênio dissolvido através do processo da fotossíntese, porém, durante a noite, esse processo se inverte, e ocorrerá um intenso consumo de oxigênio dissolvido, dando origem a uma grande produção de gás carbônico, provocando a diminuição do pH (Sipaúba-Tavares, 1994).

Dos vários aspectos inerentes à aquicultura, a eutrofização devido ao manejo alimentar tem efeitos diretos no viveiro e no sistema aquático no qual ele está inserido, uma vez que o aumento da produtividade requer a utilização de rações balanceadas (Pereira et al., 2012). E, por sua vez, a ração balanceada é considerada a maior fonte de adição de fósforo, que pode levar a eutrofização excessiva e comprometer a qualidade da água (Bock et al., 2007).

Assim, o aumento, não só da concentração de fósforo, mas de compostos nitrogenados também (sob a forma de amônia, nitrito e nitrato), reflete na proliferação das algas, no efeito tóxico da amônia nos peixes e nos déficits de oxigênio consumido no processo. Apesar do efluente de piscicultura apresentar grande volume com baixos teores de nutrientes (N e P) quando comparado com efluentes de origem doméstica, o seu lançamento direto e contínuo nos ambientes pode resultar em uma bioacumulação e posteriormente a eutrofização (Bureau & Hua, 2010; Cyrino et al., 2010).

Como visto, as pisciculturas podem gerar efluentes eutrofizados, com elevada demanda bioquímica de oxigênio e concentração de sólidos em suspensão. Assim, vários trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de caracterizar os impactos gerados pela aquicultura na qualidade da água dos efluentes (Ansah, 2010; Mirrasooli et al., 2012; Namin et al., 2013; Noroozrajabí et al., 2013).

A conscientização dos piscicultores da importância da conservação dos recursos naturais é primordial, principalmente dos produtores cujas propriedades se localizam em regiões montanhosas ou serranas, pois, geralmente, estas regiões são ricas em nascentes que se distribuem em muitos córregos, que são de abrangência de bacias hidrográficas, as quais vêm sofrendo intenso processo de desmatamento das áreas de nascentes, redução drástica da mata ciliar, uso excessivo e degradador dos recursos hídricos e pouco envolvimento da sociedade na gestão ambiental. Estas bacias hidrográficas mantêm estreita dependência ambiental, social e econômica dos seus afluentes e contribuintes.

Em função dos impactos ambientais que a descarga de efluentes de viveiros no meio natural pode causar e pela escassez de estudos que tratam da questão da sustentabilidade ambiental da piscicultura em regiões serranas, o presente trabalho teve como objetivos caracterizar as pisciculturas de uma região serrana com relação aos aspectos socioeconômicos e ambientais; e avaliar a qualidade da água dos afluentes e efluentes de viveiros de criação de tilápia, tendo subsídios para avaliar o impacto ambiental do efluente da criação nos corpos d'água receptores (córregos e rios). Para isto, este trabalho foi dividido em dois capítulos:

- 1) Diagnóstico socioeconômico e ambiental de pisciculturas em região serrana;
- 2) Impacto ambiental dos efluentes da criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em região serrana.

REFERÊNCIAS

- ANSAH, Y.B. *Characterization of pond effluents and biological and physicochemical assessment of receiving waters in Ghana*. Instituto Politécnico e Universidade Estadual Virgínia, Mestrado em Ciências da Pesca e das Ciências da Vida Selvagem, Virginia, USA, 2010.
- BOCK, C.L.; PEZZATO, L.E.; CANTELMO, O.A.; BARROS, M.M. Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1455-1461, 2007.
- BUREAU, D.P.; HUA, K. Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations. *Aquaculture Research*, v.41, p.777-792, 2010.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J. de A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.68-87, 2010.
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Rome: FAO, 2016.
- MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.36, n.2, p.149–163, 2010.
- MIRRASOOLI, E.; NEZAMI, S.; GHORBANI, R.; KHARA, H.; TALEBI, M. The impact of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) farm effluents on water quality. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, v.4, n.4, p.330-334, 2012.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. *Aquicultura: Produção*. 2014. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2016.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011*. 2013. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2016.
- NAMIN, J. I.; SHARIFINIA, M.; MAKRANI, A. B. Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (north Iran). *Caspian J. Env. Sci.*, v.11, n.1, p.29-39, 2013.
- NOROOZRAJABI, A.; GHORBANI, R.; ABDI, O.; NABAVI, E. The impact of Rainbow Trout farm effluents on water physicochemical properties of Daryasar Stream. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, v.5, n. 3, p.342-346, 2013.
- PEREIRA, J. S.; MERCANTE, C. T. J.; LOMBARDI, J. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; CARMO, C. F.; OSTI, J. A. S. Eutrophization process in a system used for

rearing the nile tilapia (*Oreochomis niloticus*), São Paulo State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.24, n.4, p.387-396, 2012.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. *Limnologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

TOWNSEND, C.R; BEGON, M.; HARPER, J.L. *Fundamentos em ecologia*.3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CAPÍTULO 1

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DE PISCICULTURAS EM

REGIÃO SERRANA

(submetido ao Boletim do Instituto de Pesca – BIP)

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DE PISCICULTURAS EM REGIÃO SERRANA

Andréa Tassis de Mendonça GOMIDE⁽¹⁾, Alexandra Caroline da Silva VERONEZ⁽¹⁾, Taciana Onesorge MIRANDA⁽¹⁾, Vinícius Dadalto BARONI⁽¹⁾, Andressa Mendonça GOMIDE⁽²⁾, Levy Carvalho GOMES⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Vila Velha (UVV), Laboratório de Ictiologia, Avenida Comissário José Dantas de Mello, nº 21, CEP 29.102-920, Vila Velha, ES, E-mail: andreatmg@uvv.br; levy.gomes@uvv.br; alexandra_veronez@hotmail.com; taci_miranda@yahoo.com.br; vinicius.baroni@hotmail.com; ⁽²⁾Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Av. Itália, km 8, CEP: 96.203-900, Rio Grande, RS, E-mail: magnesiogomide@gmail.com

Resumo – O objetivo deste trabalho foi caracterizar as pisciculturas da região serrana do Espírito Santo com relação aos aspectos socioeconômicos e ambientais. Foram aplicados questionários a 26 pisciculturas, e analisadas seis, três de médio porte (entre 0,5 e 1,0 ha de lâmina d'água) e três de pequeno porte (menor que 0,5 ha). A maioria dos produtores (77%) tem área alagada menor que 0,5ha e tem a piscicultura como a segunda principal fonte de renda. A mão de obra é familiar, o sistema de cultivo é o semi-intensivo, a água de abastecimento é proveniente de nascente, o efluente é lançado nos córregos sem nenhum tratamento prévio e a tilápia é a espécie mais cultivada e comercializada. Os valores médios das variáveis físico-químicas dos afluentes das seis propriedades estão em conformidade com a legislação vigente. Entretanto, os valores elevados de fósforo total, amônia total e clorofila da água dos efluentes, tanto das de pequeno quanto das de médio porte, indicam o impacto gerado pelas pisciculturas pesquisadas na região serrana. Os piscicultores desconhecem os prováveis impactos causados pelos efluentes de suas pisciculturas e os sistemas de tratamento que poderiam ser utilizados, o que demonstra que a assistência técnica na região ainda é deficiente.

Termos para indexação: tilapicultura; efluente; *Oreochromis niloticus*

SOCIOECONOMIC AND ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS OF FISH FARMS IN MOUNTAIN REGION

Abstract – The aim of this study was to characterize the fish farms in the mountainous region of the Espírito Santo in relation to the socioeconomic and environmental aspects. Questionnaires were applied to 26 fish farms, and six were analyzed, three medium-sized (between 0.5 and 1,0 ha of flooded area) and three of small size (less than 0.5 ha). Most farmers (77%) have less than 0.5 ha of flooded area and has the fish as the second main source of income. The workforce is familiar, the farming system is semi-intensive, the water supply is from headspring, the effluent is released in streams without any prior treatment and tilapia is the most cultivated and marketed species. The average values of physical and chemical variables of the effluents of the six properties are in accordance with current Brazilian legislation. However, high levels of total phosphorus, total ammonia and chlorophyll of effluent water were measured from small and medium farms, indicating the impact generated by fish farms surveyed in the mountainous region. The fish farmers are unaware of the likely impacts of effluent from its fish farms and processing systems that could be used, which shows that technical assistance in the region is still deficient.

Index terms: tilapia culture; effluent; *Oreochromis niloticus*

INTRODUÇÃO

Regiões serranas abrangem um conjunto de vales, montanhas, cachoeiras, corredeiras e rios, caracterizados pela presença de águas frias, nas quais os estoques naturais de peixe são limitados e facilmente sobreexplorados (TABATA, 2008). Os rios apresentam pouco volume de água e as propriedades rurais são de pequeno porte, o que impede grandes empreendimentos, fazendo com que a piscicultura em região serrana, nos trópicos, ficasse restrita à truticultura, em pequena escala, praticada no Brasil, na África e na Ásia (PETR, 2003).

As tilápias, naturais do continente africano, apresentam um considerável potencial produtivo devido à sua fácil reprodução, carne branca de alta qualidade, baixos custos de produção e crescimento acelerado, podendo, inclusive, ser cultivadas em locais com alta salinidade e baixas temperaturas (VICENTE E FONSECA-ALVES, 2013). Por apresentarem uma ampla tolerância ambiental, seu cultivo vem sendo praticado tanto em regiões montanhosas, com temperaturas que correspondem a um clima subtropical ou tropical de altitude, como no Vietnã do Norte (PETR, 2003), região Sul do Brasil (BALDISSEROTTO, 2009) e Espírito Santo (PEDROZA FILHO *et al.*, 2014), quanto em regiões de clima temperado, como Canadá e os Estados Unidos da América (FITZSIMMONS, 2000).

Apesar de haver várias pesquisas que comprovam que a piscicultura gera efluentes que causam a degradação ambiental (CYRINO *et al.*, 2010; BARRONCAS *et al.*, 2015) e do impacto ambiental da criação de tilápias em regiões de baixa altitude ser amplamente conhecido, nada se sabe sobre a caracterização e os impactos desta atividade em regiões serranas que têm características ambientais diferentes. Assim, surge a necessidade de caracterizar estas pisciculturas, buscando, a partir disso, analisar a potencialidade da tilapicultura em região serrana, e conhecer os impactos ambientais desta atividade, através da qualidade de seus efluentes, para que se possa propor medidas mitigadoras fazendo com que a piscicultura, além de ser economicamente viável, seja antes de tudo, ambientalmente sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na Região Serrana do Espírito Santo, sudeste do Brasil, localizada entre as latitudes 19° 30'S e 20° 24'S e longitudes 41° 24'W e 40° 30'W, abrangendo uma área de 6.878,19 km², nos municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano (Figura 1). Esta região possui uma variação de altitude com classes de 20 a 100 m até classes que vão de 1880 a 1900 m. O relevo é ondulado a fortemente ondulado com declividade de 8 a 20% e 20 a 45% respectivamente, embora em algumas áreas o relevo seja montanhoso com declividade de 45 a 75%. Os índices pluviométricos variam de 950 a 1700 mm por ano (SILVA *et al.*, 2011). O clima desta região é caracterizado como tropical de altitude, tipo CWb, segundo a classificação de Köppen.



Figura 1. Municípios que compõem a Região Serrana do Espírito Santo destacando a área de estudo

Fonte: IPES, 2004.

Aplicação de questionários

Para o levantamento de dados foram aplicados aos produtores questionários adaptados do estudo de BOYD *et al.* (2000). Dentre as perguntas para caracterizar o sistema,

o questionário adaptado contempla: área de cultivo, número de viveiros, sistema de cultivo, densidade de estocagem, fonte de água para abastecimento, forma de captação e drenagem das águas do cultivo, existência de algum tipo de tratamento dos efluentes, realização de análise da água, finalidade da criação, espécies cultivadas, assistência técnica e comercialização (ANEXO A). Para realizar as entrevistas, foi utilizado um cadastro de produtores fornecido por uma empresa de ração local que os atendia. Foram visitadas 26 pisciculturas, nas quais foram aplicados os questionários.

Qualidade e quantidade de água dos afluentes e efluentes

Das 26 pisciculturas visitadas, foram analisadas seis, sendo três de médio porte (entre 0,5 e 1,0 ha de lâmina d'água) e três de pequeno porte (menor do que 0,5 ha de lâmina d'água). Este agrupamento foi feito com base nas respostas dos questionários.

As amostras de água foram coletadas mensalmente, durante cinco meses, no afluente e efluente de cada piscicultura, em garrafas plásticas de um litro, e transportadas em caixas de isopor para o Laboratório de Ictiologia da Universidade Vila Velha, Vila Velha/ES. No momento da coleta de água do efluente, sua vazão era calculada. O local desta coleta foi no primeiro ponto de encontro de todos os efluentes de cada viveiro presente na propriedade.

Foi utilizado um Multiparâmetro Horiba U53G para medir oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica. Para o cálculo da vazão, foi medida a velocidade da água, utilizando-se o equipamento Flowmeter digital, medidor de velocidade de água e vento marca JDC Eletronic, modelo Flowatch FL-K2, e a área de cada ponto de coleta das amostras de água, por meio de uma régua de madeira (medidor de alfaiate). Media-se o comprimento e a profundidade do canal por onde passava a água para calcular a área, depois a área foi multiplicada pela velocidade da água naquele ponto para se obter a vazão.

As concentrações de nitrito foram determinadas pelo método de n-naftil, amônia total pelo método do endofenol, fósforo total pelo método do ácido ascórbico e clorofila "a" por fluorescência, de acordo com os procedimentos previstos em APHA (1998). A alcalinidade e a dureza total foram medidas por titulação e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pelo método do DBO₅ (APHA, 1998).

Análise dos dados

Os dados foram analisados quanto à normalidade e os que não apresentaram distribuição normal foram logaritmizados. Para a avaliação da qualidade dos efluentes, as três pisciculturas com área alagada menor que 0,5ha foram comparadas com as três pisciculturas com área de 0,5 a 1,0 ha, pelo teste t, com nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Foi feita uma análise da relação entre cada variável físico-química e a densidade de estocagem ou vazão, usando-se regressão linear simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise socioeconômica e ambiental

Os produtores rurais serranos, devido ao relevo montanhoso da região onde estão inseridos, dispõem de menos área para construção de viveiros, como observado nesta pesquisa onde a maioria (77%) tem área alagada menor que 0,5 ha e 45% deles possuem apenas dois viveiros. Nestas propriedades, de base familiar, ocorre uma diversidade de culturas, onde 77% não tem a piscicultura como a atividade principal. Destes, 54% têm o café como principal fonte de renda, seguido da avicultura (8%) e outros produtos (15%), como banana, hortaliças, milho, feijão, eucalipto e bovinos. Os demais produtores (23%) têm a piscicultura como sua principal fonte de renda, possuindo área produtiva maior, de 0,5 a 1,0 ha, nas quais eles conseguem dispor de um número maior de viveiros. 50% deles têm sete e 16,7% têm nove viveiros, podendo fazer uso da despesca escalonada.

O perfil socioeconômico encontrado nesta região é similar ao encontrado em outras regiões serranas, onde geralmente predominam pequenas propriedades com culturas diversificadas e estrutura familiar de produção agrícola, como na região serrana do Rio Grande do Sul (TROIAN *et al.*, 2014) e na província montanhosa de Yunnan, no sudoeste da China (RIEDEL *et al.*, 2012). A importância da piscicultura como uma atividade socioeconômica em regiões montanhosas, apesar da limitação da presença de águas frias, tem se destacado, principalmente, em países em desenvolvimento, como nas regiões montanhosas do norte do Vietnã, onde são realizados projetos para alcançar a segurança alimentar e reduzir a pobreza, com a criação de espécies tropicais como carpas, tilápia e tambaqui (*Colossoma macropomum*). Com mão de obra familiar, a produção é suficiente para cobrir as necessidades de consumo das famílias, garantindo uma alimentação saudável, e ainda a comercialização de 70% da produção, conseguindo uma melhoria significativa no padrão de vida destes produtores (PETR, 2003).

Dos 26 piscicultores entrevistados no presente estudo, apenas um possui sistema de cultivo intensivo, com tanque-rede, enquanto os outros 25 fazem uso do sistema semi-intensivo, com viveiro escavado. Esse resultado era esperado, pois o relevo de regiões montanhosas não é propício para estabelecimento de grandes massas de água, condição normalmente exigida para criação de peixes em tanque-rede.

A densidade de estocagem utilizada na região para a engorda varia entre 2 e 5 peixes/m², sendo que a maioria, 42,3%, utiliza uma densidade de 3 peixes/m², 27,0% utilizam 4 peixes/m² e as demais densidades utilizadas (2; 2,5 e 5 peixes/m²) somadas representam 30,7% dos produtores. As densidades mais utilizadas (3 e 4 peixes/m²) representam 70% dos produtores, o que deve estar relacionado com o fato de todas

receberem assistência do mesmo técnico e utilizarem o mesmo pacote de produção que é bastante difundido na região. Essa elevada densidade é apropriada devido a três principais fatores locais: 1) elevada oxigenação das águas da região; 2) fluxo contínuo de água nos viveiros de criação e 3) uso de aeradores. O uso de aeradores é bastante comum na região e 50% dos produtores relataram ter esses equipamentos em sua propriedade.

A fonte de água para abastecimento das pisciculturas é proveniente de: 42,3% de nascente, 30,8% de rio, 19,2% de nascente e rio, 3,8% de barragem e 3,8% de nascente e barragem. Para a captação da água, é recomendado que seja por gravidade para diminuir custo com bombeamento (Figura 2a) (TABATA, 2008). Nesta pesquisa, observou-se que a maioria (92,3%) faz a captação da água por gravidade, uma vez que em região serrana a própria topografia do terreno auxilia o escoamento da água e são regiões ricas em nascentes, encontradas nos vales, fazendo com que o fluxo da água seja favorecido por gravidade (Figura 2b).

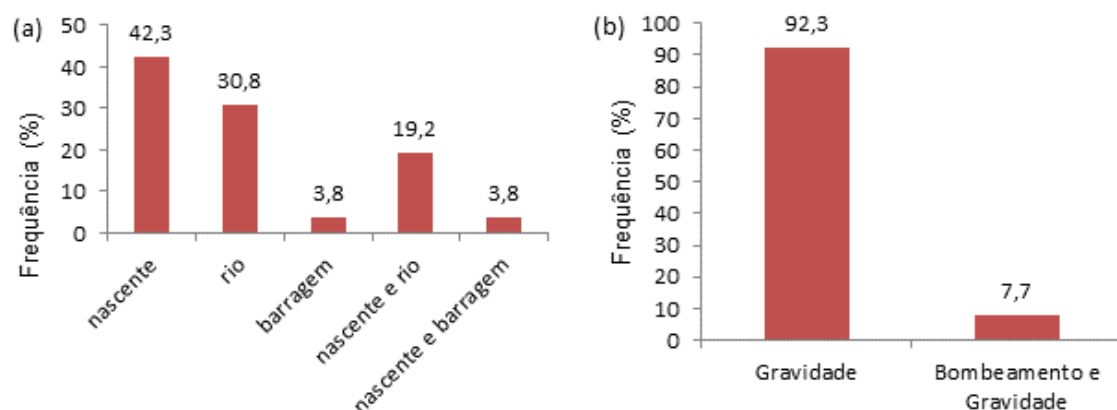


Figura 2. a) Origem da água para abastecimento; b) Sistema de captação da água para abastecimento das pisciculturas analisadas na região serrana do Espírito Santo

A piscicultura na região é caracterizada por ter fluxo contínuo de água nos viveiros, com geração contínua de efluente. O efluente da piscicultura é, na sua maioria (84,6%), lançado nos córregos e em 96,2% das propriedades isso é feito sem nenhum tratamento prévio. A descarga de efluentes de viveiros no meio natural é um dos principais impactos ambientais causados pela aquicultura e a quantidade de efluentes que são gerados e lançados nos corpos receptores tem sido cada vez maior devido à intensificação da atividade em busca de um aumento dos índices de produtividade, ocasionando uma redução na qualidade da água destinada a outros usos e benefícios (SILAPAJARN E BOYD, 2005). MIRRASOOLI *et al.* (2012) e NOROOZRAJABI *et al.* (2013), analisando a qualidade da água dos Rios Zaringol e Daryasar, no Irã, respectivamente, o qual recebe efluentes de piscicultura, constataram mudanças nas características físico-químicas da água desse rio.

Apenas um produtor (3,8%), dos 26 entrevistados, não lança os efluentes de seus viveiros diretamente no córrego, utilizando um tanque de decantação (lagoa de sedimentação). HENRY-SILVA *et al.* (2006) e UGGETTI *et al.* (2010) citam que este é um processo importante na remoção de material particulado do efluente, minimizando o impacto ambiental da criação de tilápia, mas essa prática ainda não é adotada amplamente na região. Na região serrana capixaba foi observado que os piscicultores desconhecem os prováveis impactos causados pelos efluentes de suas pisciculturas e os sistemas de tratamento que poderiam ser utilizados, tornando este problema mais relacionado com legislação e fiscalização do que de conscientização, pois de forma espontânea os produtores indicaram não pretenderem aplicar recursos ou disponibilizar espaço da propriedade para uma adequação ambiental sem efeito na produção.

Todos os piscicultores entrevistados têm como finalidade a produção e o comércio. A comercialização dos peixes é feita por 61,5% dos piscicultores em frigoríficos, 26,9% comercializam na própria propriedade, 3,8% nos frigoríficos e propriedade e 7,7% em feiras. A metade dos produtores comercializa o pescado produzido a cada 6 a 8 meses, 30,8% anual, 15,4% semanal e 3,8% diariamente (Figura 3a). O perfil de comercialização do pescado indica que a maioria dos produtores (80,8%) faz despesca total dos viveiros ao final de uma safra, representados, principalmente, pelos que possuem pequena área produtiva (<0,5 ha) (Figura 3b).

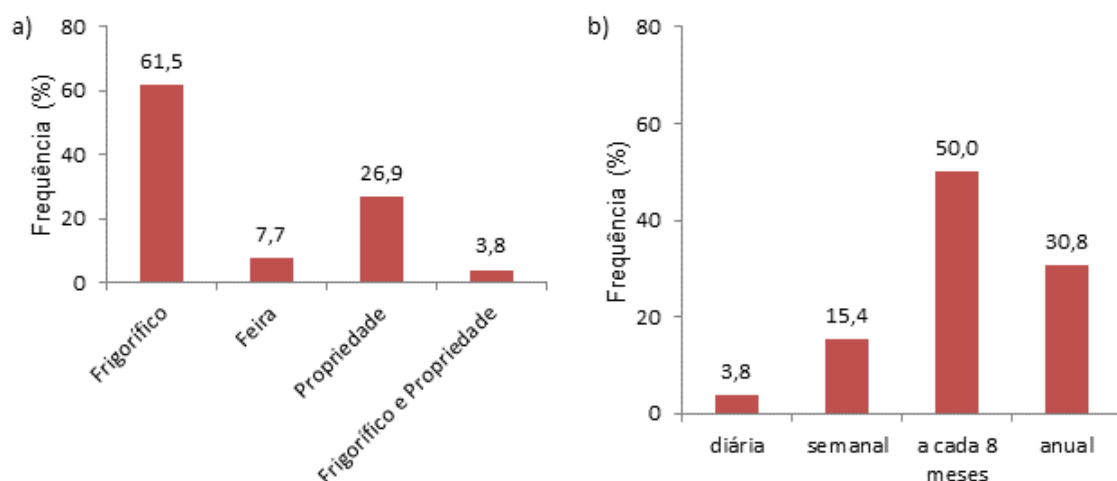


Figura 3. a) Local de comercialização dos peixes produzidos; b) Periodicidade da comercialização dos peixes produzidos nas propriedades analisadas na região serrana do Espírito Santo

A comercialização é influenciada pela estação do ano que é feito o povoamento dos viveiros (início da engorda). Se o período de cultivo não passar pelo inverno os animais chegam ao abate com 5,5 a 6 meses, mas se passar pelo inverno, chegam ao abate com 7 a 8

meses, quando o peixe atinge entre 600 a 900g. Assim, alguns produtores fazem um intervalo produtivo entre o final de maio até agosto, povoando seus viveiros a partir de final de agosto, tendo uma safra anual, enquanto que outros, para neutralizar esse atraso produtivo, passaram a povoar seus viveiros com juvenis (peso médio de 5 a 7g), principalmente para o período de cultivo no inverno. Este manejo adotado pelos piscicultores confere com as informações obtidas por CHARO-KARISA *et al.* (2005) que, ao investigarem a tolerância de juvenis de tilápia do Nilo ao frio, verificaram que os peixes menores de 5g foram mais susceptíveis à baixas temperaturas que os peixes com peso corporal maior, confirmando ser este manejo uma importante estratégia para se diminuir as perdas no inverno e, consequentemente, obter um maior retorno econômico.

A maior parte dos piscicultores (84,6%) produz só tilápia, o restante produz a tilápia em policultivo com outras espécies (carpa, pintado ou camarão). A tilápia é a espécie mais criada por se adaptar à variação de temperatura da região e ter um pacote tecnológico de criação em viveiro bem estabelecido, além de farta oferta de insumos de qualidade como: juvenis melhorados geneticamente e rações produzidas para atender os requerimentos da espécie. Outro fator importante é a cadeia produtiva associada à espécie, com a existência de dois frigoríficos especializados no processamento da tilápia na região. Como visto, 61,5% dos produtores entregam o pescado produzido no frigorífico. Mais de 90% do peixe que entra na unidade de beneficiamento é filetado, e o pagamento aos associados é feito em equivalente de filé obtido do peixe inteiro fornecido. Desse modo, quanto maior o rendimento de filé obtido do peixe inteiro maior é o pagamento recebido pelo associado, e os produtores tem conseguido um rendimento entre 35 a 38% (PEDROZA FILHO *et al.*, 2014). Segundo a FAO (2014) a comercialização da tilápia no mercado internacional ocorre, principalmente, na forma de filés congelados ou frescos, e o rendimento de filé nesta espécie é de 30 a 37%. Isto mostra que a maioria dos produtores da região serrana do Espírito Santo tem realmente fins comerciais e buscam atingir os índices zootécnicos desta atividade explorando a sua potencialidade na região.

A maioria dos produtores (38,5%) tem de 2 a 4 anos na atividade, 23,1% tem até 2 anos, 23,1% de 4 a 6, 11,5% de 6 a 8 e 3,8% mais de 8 anos. Este perfil mostra que a atividade não é recente na região, indicando que os produtores já identificaram a importância da atividade como fonte de renda (Figura 4).

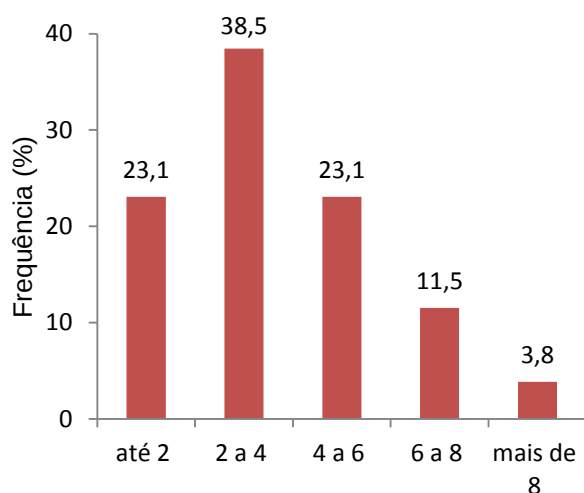


Figura 4. Tempo de atuação na atividade de piscicultura dos produtores entrevistados na região serrana do Espírito Santo

Dos 26 entrevistados, 24 (92,3%) recebem visitas de um técnico, que é o representante da fábrica da ração comprada por eles, mas 20 deles (76,9%) não fazem nenhuma análise de água durante o cultivo. Isto demonstra que a assistência técnica pública na região ainda é deficiente e é suprida por uma empresa privada com interesse direto no sucesso dos piscicultores. Esse problema com assistência técnica pública de qualidade também ocorre em outras partes do Brasil como no Rio Grande do Sul (BALDISSEROTTO, 2009), e em Rondônia/Amazônia Ocidental (BORGES *et al.*, 2013).

Qualidade do afluente e do efluente

Conforme MACEDO E SIPAÚBA-TAVARES (2010), a qualidade da água da piscicultura será influenciada pelas características da água de abastecimento, como: produtividade primária, concentração de material orgânico, elementos químicos e presença de microrganismos, em especial coliformes, além de uma relação com a constituição do solo de origem e/ou percurso percorrido pela água. No entanto, apesar de refletir diretamente na qualidade da água do viveiro, pouca importância tem sido atribuída a essa entrada de água, indicando que os produtores desconhecem o quão o manejo do cultivo adotado por eles pode modificar as características químicas dos afluentes. Um manejo efetivo se faz necessário para a manutenção da qualidade da água em condições adequadas para a aquicultura.

Neste trabalho, os valores médios das variáveis físico-químicas dos afluentes das seis propriedades (Tabela 1), indicam que a água de abastecimento das pisciculturas está em conformidade com a legislação vigente para criação de organismos aquáticos (Resolução CONAMA 357/2005).

Tabela 1. Médias das variáveis físico-químicas dos afluentes e efluentes de três pisciculturas com área alagada < 0,5 ha e três pisciculturas com área alagada de 0,5 a 1,0 ha, de engorda de tilápia, e nível de significância (p), na região serrana do Espírito Santo.

Variável	Afluente	Efluente		P
		Área alagada (ha)		
		< 0,5	0,5 a 1,0	
Temperatura (°C)	19,6 ± 0,3	21,7 ± 0,5	19,9 ± 0,6	0,028
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,7 ± 0,2	7,7 ± 0,3	8,6 ± 0,3	0,040
pH	6,4 ± 0,2	6,2 ± 0,2	6,0 ± 0,2	0,414
Condutividade elétrica (µS/cm)	34,0 ± 2,2	54,5 ± 3,9	42,3 ± 4,6	0,055
Fósforo Total (µg/L)	40,2 ± 5,6	231,2 ± 57,5	107,8 ± 26,5	0,035
Amônia Total (µg/L)	26,9 ± 15,6	354,74 ± 74,5	253,4 ± 77,5	0,379
Nitrito (µg/L)	1,7 ± 0,2	25,8 ± 5,6	18,3 ± 5,1	0,336
Clorofila (µg/L)	2,8 ± 0,7	135,0 ± 24,8	68,3 ± 17,6	0,043
DBO ₅ (mg/L)	1,6 ± 0,4	5,4 ± 0,9	4,1 ± 1,0	0,336
Alcalinidade (mg/L)	9,9 ± 0,8	20,9 ± 1,0	13,5 ± 1,6	<0,001
Dureza (mg/L)	39,0 ± 3,5	67,3 ± 6,9	40,2 ± 3,1	<0,001

Valores apresentados como média ± erro padrão

Houve diferença significativa entre as propriedades rurais, pelo teste t, quando p<0,05

Observa-se na Tabela 1 que houve um aumento nos valores dos principais parâmetros químicos relacionados à qualidade da água entre afluente e efluente, tanto das pisciculturas com área < 0,5 ha quanto das de 0,5 a 1,0 ha. Além de ter ocorrido este aumento, os valores médios de fósforo total, amônia total e clorofila, dos efluentes, estão acima dos parâmetros legais para efluentes do cultivo de organismos aquáticos, conforme CONAMA 357/2005. Estes dados corroboram com MACEDO E SIPAÚBA-TAVARES (2010), que verificaram que a água que entra nos viveiros pode ter suas características químicas modificadas, sendo frequentemente influenciadas, dentro do sistema, pelo aporte de matéria orgânica e nutriente. LIMA *et al.* (2011), ao avaliarem a qualidade da água de abastecimento e dos efluentes de viveiros de alevinagem de *Astyanax lacustres*, verificaram que os valores de fósforo total, amônia total e clorofila, dos efluentes, apresentaram valores superiores aos valores encontrados no afluente, e acima do exigido pelas normas ambientais para serem lançados em ambientes aquáticos naturais sem tratamento. Este descarte de nitrogênio e fósforo no ambiente aquático leva ao florescimento de algas e à eutrofização do meio, podendo causar toxidez aos animais aquáticos e degradar potenciais produtos da aquicultura (CYRINO *et al.*, 2010).

Os valores médios da temperatura da água e da concentração de fósforo total, clorofila, alcalinidade e dureza total, dos efluentes das pisciculturas com área alagada <0,5 ha mostraram-se maiores do que as de área de 0,5 a 1,0 ha, e o valor médio de oxigênio dissolvido, menor (Tabela 1). Isto pode ser explicado pelo fato da vazão média dos efluentes ser menor nas propriedades menores, 5,0 L/seg, do que nas propriedades maiores, onde a vazão média é de 41,0 L/seg. Este menor volume de água por tempo, aumenta o tempo de residência da água no viveiro e facilita o aquecimento da mesma, diminuindo a concentração de oxigênio e ocasionando uma maior concentração dos nutrientes.

A temperatura é provavelmente o fator ambiental que mais influencia a fisiologia, o crescimento, a distribuição, o uso de habitat e o comportamento de animais pecilotérmicos. As temperaturas observadas na água das pisciculturas da região serrana do Espírito Santo estão abaixo da considerada ideal para o crescimento da espécie, mas ainda se encontram em uma faixa que possibilita o seu crescimento e produtividade (AZAZA *et al.*, 2010). Assim como dito anteriormente, foi adotada uma estratégia para obtenção do sucesso da atividade nesta região que consiste em fazer o povoamento dos viveiros com juvenis (peso médio de 5 a 7g), principalmente para o período de cultivo no inverno.

Os valores elevados de fósforo total, amônia total e clorofila da água dos efluentes indicam o impacto gerado pelas pisciculturas pesquisadas na região serrana (Tabela 1). Segundo MACEDO E SIPAÚBA-TAVARES (2010), as descargas de nutrientes, fósforo e

nitrogênio, em efluentes de piscicultura estão diretamente associadas ao alimento, e são os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático, principalmente nas criações intensivas, que dependem exclusivamente de rações balanceadas. DIETERICH *et al.* (2012) observaram que os valores de fósforo na água de cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo, em viveiros em região de planície, fica entre 0,27 e 0,38 mg/L; valores estes bem acima dos encontrados neste trabalho em região serrana (0,10 a 0,23 mg/L).

Os valores mais baixos de alcalinidade e dureza total da água dos efluentes das propriedades com área alagada de 0,5 a 1,0 ha podem estar associados à diluição das bases ocasionada pelo aumento da vazão destes efluentes nestas propriedades, quando comparadas com as propriedades menores de 0,5 ha (Tabela 1). Apesar deste pequeno declínio observado, os níveis de alcalinidade e dureza foram mantidos próximo aos limites aceitáveis (20 a 300 mg/L), com um adequado poder tampão, para um bom desempenho dos peixes (SIPAÚBA-TAVARES, 1996).

Análise das variáveis físico-químicas dos efluentes das pisciculturas com relação à densidade de estocagem e vazão

A densidade de estocagem foi significativamente relacionada com o fósforo total ($p < 0,05$), e a vazão com o oxigênio dissolvido ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Relação entre a densidade de estocagem e vazão com cada variável físico-química dos efluentes das seis pisciculturas estudadas, na região serrana do Espírito Santo.

Parâmetro	Variável	Equação	R ²	p
Densidade de estocagem	Oxigênio dissolvido (mg/L)	$y = -0,9662x + 11,521$	0,650	0,053
	Fósforo Total (µg/l)	$y = 135,79x - 296,1$	0,660	0,049
	Amônia Total (µg/l)	$y = 12,495x + 9,2462$	0,02	0,838
	Nitrito (µg/l)	$y = 12,961x - 24,388$	0,271	0,290
	Clorofila (µg/l)	$y = 43,645x - 76,298$	0,222	0,346
	DBO (mg/L)	$y = 2,4319x - 3,9077$	0,337	0,227
Vazão	Oxigênio dissolvido (mg/L)	$y = 0,0255x + 7,6145$	0,724	0,032
	Fósforo Total (µg/l)	$y = -3,3118x + 246,64$	0,629	0,060
	Amônia Total (µg/l)	$y = 0,4699x + 44,066$	0,04	0,757
	Nitrito (µg/l)	$y = -0,3973x + 29,296$	0,408	0,172
	Clorofila (µg/l)	$y = -1,6954x + 112,73$	0,536	0,098
	DBO (mg/L)	$y = -0,0631x + 5,9012$	0,364	0,205

A densidade de estocagem é considerada um fator crítico na produção final devido à influência na sobrevivência, crescimento dos peixes, produção e qualidade da água (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Na região estudada, 77,0% dos produtores usam de 3 a 5 peixes/m². Esta alta densidade implica em maior quantidade de ração usada no sistema de produção, levando a um aumento nas concentrações de fósforo e contribuindo para o processo de eutrofização, o que explica o resultado encontrado neste trabalho no qual o aumento da densidade de estocagem leva a um aumento nas concentrações de fósforo. DAS *et al.* (2012) observaram concentrações significativamente maiores de fósforo nas densidades mais altas (50 e 75 alevinos/m²) em um cultivo de barbo prateado (*Puntius gonionotus*), atribuindo este resultado ao maior número de peixes e, consequentemente, maior quantidade de ração.

Houve uma relação significativa entre a vazão dos efluentes e o oxigênio dissolvido, ocorrendo um aumento na quantidade de oxigênio com o aumento da vazão, devido ao maior fluxo de água. Segundo BARRONCAS *et al.* (2015), para o tambaqui, não há vantagem

em realizar a renovação periódica da água. Assim, várias pesquisas sugerem o tratamento e a recirculação de água dentro do sistema produtivo. Neste trabalho, apesar de não ter havido uma relação significativa entre a vazão e os outros parâmetros, observa-se que com o aumento da vazão houve uma tendência de diminuição nos valores de fósforo total, nitrito, clorofila e DBO, provavelmente por estarem mais diluídos (menos concentrados).

CONCLUSÕES

1. A criação de tilápia em região serrana é uma atividade de importância socioeconômica para os produtores rurais da região de estudo, devido à boa adaptação desta espécie neste tipo de ambiente.
2. Os piscicultores desconhecem os prováveis impactos causados pelos efluentes de suas pisciculturas e os sistemas de tratamento que poderiam ser utilizados.
3. Os valores de fósforo total, amônia total e clorofila da água dos efluentes indicam que os efluentes gerados pelas pisciculturas na região serrana estão acima do permissível pela legislação vigente.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo, pelo apoio financeiro (Projeto Universal Integrado). LC Gomes é bolsista de produtividade científica do CNPq.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association. 1998 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. New York, 1.220p.
- AZAZA, M. S.; LEGENDRE, M.; KRAIEM, M. M.; BARAS, E. 2010 Size-dependent effects of daily thermal fluctuations on the growth and size heterogeneity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of fish biology*, 76: 669-683.
- BALDISSEROTTO, B. 2009 Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. *Ciência Rural*, 39: 291-299.
- BARRONCAS, M.F.; PEREIRA-FILHO, M.; GOMES, L. de C.; ROUBACH, R.; ONO, E.A. 2015 Efeitos da troca de água sobre os índices zootécnicos e qualidade dos efluentes na criação intensiva do tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros escavados. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 7: 55-75.
- BORGES, A.F.; BORGES, M. dos A.C.S.; REZENDE, J.L.P. de; DURIGON, M. do S.G.F.; CORTE, A.R.; VIEIRA, F.A.B.; CORIM, R.B.; ALVES, E. da C. 2013 Desempenho ambiental da piscicultura na Amazônia Ocidental Brasileira. *Global Science and Technology*, 6: 141-152.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F.; LEE, J.Y.; ROWAN, M.; WHITIS, G.N.; GROSS, A. 2000 Environmental assessment of channel catfish *Ictalurus punctatus* farming in Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31: 511-544.

CHARO-KARISA, H.; REZK, M.A.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. 2005 Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. *Aquaculture*, 249: 115-123.

CONAMA. 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 providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, Seção 1, p.58-63, 18 de março de 2005.

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

DAS, P.C.; JENA, J.; MISHRA, B.; PATI, B.K. 2012 Impact of aeration on the growth performance of silver barb, *Puntius gonionotus*, during fingerling rearing. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43: 128-134.

DIETERICH, F.; BOSCOLO, W.R.; LOSH, J.A.; FEIDEN, A.; FURUYA, W.M.; SIGNOR, A.A. 2012 Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia-do-nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47: 417-424.

FAO. 2014 *The State of World Fisheries and Aquaculture 2014*. Rome: FAO, 2014. 243p.

FITZSIMMONS, K. 2000 Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. In: COSTA-PIERCE, B. A.; RAKOCY, J. E. (Ed.). *Tilapia Aquaculture in the Americas*. v.2. Louisiana, United States: World Aquaculture Society, p.252-264.

HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2006 Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola*, 63: 433-438.

IPES (Instituto de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Jones dos Santos Neves) 2004. *Macrozoneamento da Região Serrana*. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia. Governo do Estado do Espírito Santo. Vitória: IPES, 113p.

LIMA, E.L. do R.; SEVERI, W.; LOPES, J.P. 2011 Qualidade da água e dos efluentes em viveiros de alevinagem de *Astyanax lacustris*, Reinhardt, 1874. *Ciência Animal*, 21: 7-16.

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

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

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.

- OLIVEIRA, E.G. de; PINHEIRO, A.B.; OLIVEIRA, V.Q. de; SILVA JÚNIOR, A.R.M. da; MORAES, M.G. de; ROCHA, I.R.C.B.; SOUSA, R.R. de; COSTA, F.H.F. 2012 Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. *Aquaculture*, 370-371: 96-101.
- PEDROZA FILHO, M.X.; BARROSO, R.M.; FLORES, R.M.V.; SILVA, A.P. da. 2014 *Modelos associativos como estratégia de inclusão produtiva para pequenos piscicultores*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 52p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 6).
- PETR, T. 2003 *Mountain fisheries in developing countries*. Rome: FAO, 2003. 55p.
- RIEDEL, S.; SCHIBORRA, A.; HUELSEBUSCH, C.; HUANMING, M.; SCHLECHT, E. 2012 Opportunities and challenges for smallholder pig production systems in a mountainous region of Xishuangbanna, Yunnan Province, China. *Tropical Animal Health and Production*, 44: 1971-1980.
- SILAPAJARN, O. e BOYD, C.E. 2005 Effects of Channel Catfish Farming on Water Quality and Flow in an Alabama Stream. *Reviews in Fisheries Science*, 13: 109-140.
- SILVA, E.D.; SANTOS, A.R.; SILVA, K.G. 2011 Estudo morfológico e climático dos municípios da região Serrana do estado do Espírito Santo. *Caminhos de Geografia*, 12: 94-103.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1996 Variação diurna de alguns parâmetros limnológicos em três viveiros de piscicultura submetidos a diferentes tempos de residência. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 8: 29-36.
- TABATA, Y.A. 2008 Biotecnologias aplicadas a truticultura. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, 21: 455-522.
- TROIAN, A.; DALCIN, D.; OLIVEIRA, S.V. de; TROIAN, A. 2014 Agricultores familiares e as características do processo de tomada de decisão: o caso dos viticultores de Flores da Cunha – RS – Brasil. *REDES - Revista do Desenvolvimento Regional*, 19: 130-149.
- UGGETTI, E.; FERRER, I.; LLORENS, E.; GARCIA, J. 2010 Sludge treatment wetlands: a review on the state of the art. *Bioresource Technology*, 101: 2905-2912.
- VICENTE, I.S.T. e FONSECA-ALVES, C.E. 2013 Impact of introduced Nile tilapia (*Oerochromis niloticus*) on non-native aquatic ecosystems. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16: 121-126.

ANEXO - Questionário aplicado aos piscicultores

DIAGNÓSTICO DAS PISCICULTURAS DA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

1. DADOS DA PROPRIEDADE

- a. Nome do Proprietário: _____
- b. Nome da Propriedade: _____
- c. Área da Propriedade: _____
- d. Telefone: _____
- e. E-mail: _____
- f. Endereço: _____ Distrito: _____ Município: _____
- g. Principais atividades agropecuárias:
 - 1^a) _____ 4^a) _____
 - 2^a) _____ 5^a) _____
 - 3^a) _____ 6^a) _____

2. DADOS DA PISCICULTURA

- a. Área de lâmina d'água: _____
- b. Nº de viveiros: _____
- c. Sistema de Cultivo: _____
- d. Abastecimento: () nascente () córrego () rio () barragem
- e. Sistema de abastecimento: () bombeamento () gravidade
- f. Local de lançamento da água de drenagem: () córrego () rio () terra
- g. Tipo de tratamento da água de drenagem: () decantação () nenhum
() outro: _____
- h. Finalidade da criação: () lazer () subsistência () comercial
- i. Nº de empregados: _____ Tempo na atividade: _____
- j. Espécies cultivadas (da mais cultivada para a menos cultivada):

3. DADOS DE PRODUÇÃO

- a. Densidade de estocagem: _____
- b. Tempo de produção: _____ meses

4. ASSISTÊNCIA TÉCNICA

a. Visitas técnicas:

() sim - Instituição: _____

() não

b. Faz análise da água?

() afluenta - Frequência: _____

() viveiro - Frequência: _____

() efluente - Frequência: _____

() não faço

5. COMERCIALIZAÇÃO

a. Facilidade em vender o peixe: () sim () não

b. Venda:

() direta na propriedade

() frigoríficos

() supermercados

() feira

() intermediários

() restaurantes

() hotéis

() entrega em domicílios

() pesque e pague

() exportação

c. Melhor época de venda: _____

d. Frequência de venda:

() diária

() semanal

() mensal

() trimestral

() semestral

() a cada 8 meses

() anual

() outro

CAPÍTULO 2

IMPACTO AMBIENTAL DOS EFLUENTES DA CRIAÇÃO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM REGIÃO SERRANA

(a ser submetido à Aquaculture Research)

Impacto ambiental dos efluentes da criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em região serrana

Andréa Tassis de Mendonça Gomide⁽¹⁾, Alexandra Caroline da Silva Veronez⁽¹⁾, Priscylla Pavione⁽¹⁾; Taciana Onesorge Miranda⁽¹⁾, Bruno Mendonça Gomide⁽¹⁾, Bárbara Chisté Teixeira⁽¹⁾, Mário Luís Garbin⁽¹⁾, Levy Carvalho Gomes⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Vila Velha (UVV), Laboratório de Ictiologia, Avenida Comissário José Dantas de Mello, nº 21, CEP 29.102-920, Vila Velha, ES, E-mail: andreatmg@uvv.br; alexandra_veronez@hotmail.com; priscylla.pavione@hotmail.com; taci_miranda@yahoo.com.br; bruno.gomide@hotmail.com; mario.garbin@uvv.br; levy.gomes@uvv.br

Resumo - A descarga de efluentes de viveiros no meio natural é um dos principais impactos ambientais causados pela piscicultura, assim, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade da água dos afluentes e efluentes de viveiros de criação de tilápia. Foram pesquisadas quatro pisciculturas na região serrana do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil. As amostras de água e sedimento foram coletadas nos afluentes e efluentes (transecto de 200 m com cinco pontos de coleta) de cada piscicultura, mensalmente, durante doze meses. Foram analisados temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (TDS), alcalinidade, dureza total, vazão, fósforo total, amônia total, nitrito, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), clorofila *a* e ficocianina. Os maiores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total encontrados nos efluentes de três propriedades das quatro analisadas neste estudo, indicam que houve alterações na qualidade da água de origem. A piscicultura que apresentou o maior fluxo de água e oxigênio dissolvido em seu efluente, foi a que não apresentou alterações nos parâmetros físico-químicos da água, e a que faz o reaproveitamento da água de descarga dos viveiros para reabastecê-los foi a que se mostrou mais eutrofizada. Assim, é importante que se faça o monitoramento da qualidade da água das pisciculturas desta região serrana e a divulgação das boas práticas de manejo, junto aos produtores, buscando minimizar os possíveis impactos ambientais.

Palavras-chave: piscicultura, qualidade de água, nutrientes, poluição

Abstract - The discharge of pond effluent into the natural environment is one of the main environmental impacts caused by fish farming, so the present study aimed to evaluate the water quality of the inflows and effluents from tilapia farms. Four fish farms were investigated in the mountain region of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil. The water and sediment samples were collected in the tributaries and effluents (transect of 200 m with five collection points) of each fish culture, monthly, for twelve months. Total dissolved solids (TDS), alkalinity, total hardness, flow, total phosphorus, total ammonia, nitrite, biochemical oxygen demand (BOD), chlorophyll a and phycocyanin were analyzed. The highest values of ammonia, total phosphorus, BOD, nitrite, phycocyanin, chlorophyll and total hardness found in the effluents of three properties of the four analyzed in this study indicate that there were changes in the quality of the water of origin. The fishery that presented the greatest flow of water and dissolved oxygen in its effluent, was the one that did not present changes in the physical-chemical parameters of the water, and the one that makes use of the water of discharge of the nurseries to replenish them was the one that was Showed more eutrophication. Thus, it is important to monitor the water quality of fish farms in this mountain region and to disseminate good management practices to producers, in order to minimize possible environmental impacts.

Key words: fish farming, water quality, nutrients, pollution

Introdução

A aquicultura vem proporcionando um aumento na demanda e no consumo de espécies de peixes que deixaram de ser principalmente capturadas e estão sendo cultivadas, diminuindo seus preços e aumentando sua comercialização, representadas principalmente pelas carpas e tilápias (FAO, 2014). O avanço da tilapicultura, principalmente na Ásia, África e América do Sul, tem feito da tilápia a segunda espécie dulcícola mais cultivada no mundo, distribuída em 135 países e territórios de todos os continentes (FAO, 2014). O aumento na demanda por este produto deve-se à qualidade de sua carne, além do fato da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresentar um considerável potencial produtivo devido à sua fácil reprodução, baixos custos de produção e crescimento acelerado, podendo, inclusive, ser cultivada em locais com alta salinidade e baixas temperaturas, pois apresentam uma ampla tolerância ambiental (Vicente & Fonseca-Alves, 2013; Ferreira et al., 2015).

O crescimento da tilapicultura, não só em locais de baixa altitude com clima tropical, como na Índia (Chakraborty & Banerjee, 2010) e no Brasil (Vicente et al., 2014), mas também em regiões montanhosas com clima subtropical, com variações sazonais pronunciadas de temperatura, como no norte da Tailândia (Pimolrat et al., 2013), está levando a uma intensificação do cultivo, onde se busca aumentar os índices de produtividade. Com isso, pode ocorrer uma redução na qualidade da água de seus efluentes, os quais são destinados a outros usos e benefícios, em função do elevado aporte de nutrientes e ração. Esse processo geralmente leva a uma redução na concentração de oxigênio dissolvido e a uma elevada concentração de nutrientes, matéria orgânica e sólidos em suspensão, sendo a descarga de efluentes de viveiros no meio natural um dos principais impactos ambientais causados pela aquicultura (Silapajarn & Boyd, 2005).

Os impactos da aquicultura podem ser locais, quando se estendem a até um quilômetro à jusante da descarga dos efluentes, ou regionais, com uma escala espacial de vários quilômetros (Henry-Silva & Camargo, 2008). Neste sentido, vários trabalhos vêm sendo feitos com o intuito de avaliar a diluição dos nutrientes da água dos efluentes ao longo de seu percurso. Lalonde et al. (2015) avaliaram a qualidade da água 100 m antes de uma criação de truta e salmão e 100 m após a mesma. Amirkolaie (2008) analisou a qualidade da água 200 m antes de uma truticultura e 200 m após a mesma. Raczynska et al. (2012) avaliaram quatro rios que recebiam efluentes de pisciculturas, cuja principal espécie criada era a carpa, em um percurso que variou desde 500 m antes do sistema de produção e 3 km após. Imanpour Namin et al. (2013) coletaram amostras em cinco pontos no efluente de uma truticultura, ao longo de um percurso de 50 km desde o afluente.

Em função dos impactos ambientais que a descarga de efluentes de viveiros no meio natural pode causar e pela escassez de estudos que tratam da questão da sustentabilidade ambiental da piscicultura em regiões serranas, uma vez que os produtores rurais serranos, com propriedades geralmente de pequeno porte, descobriram na tilapicultura uma importante fonte

de renda, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água dos afluentes e efluentes de viveiros de criação de tilápia em região serrana.

Material e Métodos

Área de estudo

Foram analisadas quatro pisciculturas na região serrana do estado do Espírito Santo, região sudeste do Brasil, localizadas entre as latitudes 19°30'S e 20°24'S e longitudes 41°24'W e 40°30'W, nos municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano. O relevo da região é montanhoso, com clima tropical de altitude, tipo Cwb segundo a classificação de Köppen, com inverno seco e verão ameno.

Características gerais das pisciculturas

As quatro pisciculturas estudadas cultivam tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros, sendo duas de médio porte (entre 0,5 e 1,0 ha de lâmina d'água), identificadas por "1", com sete viveiros, e "2", com nove; e duas de pequeno porte (menor do que 0,5 ha de lâmina d'água), identificadas por "3", com dois viveiros, e "4", com três (Tabela 1). O sistema de cultivo foi o adotado pelos produtores, sem interferência dos pesquisadores, os quais fazem uso de ração balanceada e biometrias mensais. A conversão alimentar encontrada pelos produtores nesta região varia de 1,3 a 1,6, dependendo da densidade de estocagem (3 a 5 peixes/m²) e utilização de aeradores nos viveiros (ligados das 19h às 7h). Todas as propriedades são abastecidas por água de nascente. O ciclo de produção, nessa região, dura cerca de 6 a 8 meses.

Tabela 1 – Características gerais das quatro pisciculturas analisadas na região serrana do Estado do Espírito Santo, Brasil

Piscicultura	Área alagada (m ²)	Nº de viveiros	Área média dos viveiros (m ²)	Produção estimada (ton/ano)
1	7.000	7	1.000	25,0
2	10.000	9	1.111	40,0
3	2.600	2	1.300	9,8
4	3.600	3	1.200	12,3

Qualidade e quantidade de água dos afluentes e efluentes das pisciculturas

As amostras de água foram coletadas mensalmente, durante doze meses, nos afluentes e efluentes de cada piscicultura, em garrafas plásticas de um litro, e transportadas em caixas de isopor para o Laboratório de Ictiologia da Universidade Vila Velha, Vila Velha/ES. Em cada efluente foi traçado um transecto de 200 m com cinco pontos de coleta, assim identificados: Efluente 0 (encontro de toda a água de escoamento dos viveiros de cultivo); Efluente 10 (10 m após o Efluente 0); Efluente 50 (50 m após o Efluente 0); Efluente 100 (100 m após o Efluente 0) e Efluente 200 (200 m após o Efluente 0). Cada ponto foi marcado com uma estaca de bambu de 1,0 m de comprimento para repetição das amostragens mensais e foi coletada uma amostra de água em cada ponto, em cada propriedade. Nos afluentes, foi realizada a coleta da água antes da chegada aos viveiros, uma em cada propriedade por mês. A primeira coleta do dia ocorria no Efluente 200, depois no Efluente 100, 50, 10 e 0, ou seja, do final do transecto para o início, para evitar a transferência de qualquer material de um ponto ao outro.

Foi utilizado um Multiparâmetro Horiba U53G para medir oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez (NTU – Unidade de Turbidez Nefelométrica), sólidos totais dissolvidos (TDS). Para o cálculo da vazão (fluxo d'água), foi medida a velocidade da água, utilizando-se o equipamento Flowmeter digital, medidor de velocidade de água e vento marca JDC Eletronic, modelo Flowatch FL-K2, e a área de cada ponto de coleta das amostras de água, por meio de uma régua de madeira (medidor de alfaiate). Media-se o comprimento e a profundidade do canal por onde passava a água para calcular a área, depois a área foi multiplicada pela velocidade da água naquele ponto para se obter a vazão.

As concentrações de nitrito foram determinadas pelo método de n-naftil, amônia total pelo método do endofenol, fósforo total pelo método do ácido ascórbico, clorofila “a” e

ficocianina por fluorescência, alcalinidade e dureza total foram medidas por titulação e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pelo método do DBO₅ (APHA,1998).

Qualidade do sedimento do afluente e dos efluentes das pisciculturas

Foi realizada coleta do sedimento dos afluentes e efluentes, em cada propriedade, nos mesmos pontos das coletas das amostras de água. O sedimento coletado foi armazenado em potes plásticos e transportados em caixas de isopor ao Laboratório de Ictiologia da Universidade Vila Velha, Vila Velha/ES. As concentrações de fósforo total foram determinadas pelo método do ácido ascórbico (APHA,1998) e matéria orgânica, conforme Boyd & Tucker (1992).

Análise dos dados

A avaliação dos dados limnológicos (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (TDS), alcalinidade total, dureza total, fósforo total, amônia, nitrito, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), clorofila *a*, ficocianina, fósforo total em sedimento, matéria orgânica e vazão) foi feita através da análise multivariada. A Análise de Coordenadas Principais (PCoA; Legendre & Legendre, 2012) foi utilizada para detectar padrões de variação nos dados ambientais em relação aos pontos de coleta e às propriedades rurais. Os dados foram padronizados (média zero e variância unitária) antes das análises e subtraídos do maior valor negativo de forma que somente valores positivos foram usados nos passos subsequentes (Legendre & Legendre, 2012). A distância euclidiana foi usada como medida de dissimilaridade entre as unidades amostrais (pontos de coleta). Descritores foram projetados à ordenação como médias ponderadas de suas contribuições às unidades (Borcard et al., 2011). As análises multivariadas foram realizadas no ambiente R (R Core Team, 2015) com auxílio do pacote vegan (Oksanen et al., 2016).

Para a identificação dos pontos de coleta, estes foram representados por números, conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Números representativos dos pontos de coleta em cada propriedade analisada na região serrana do Espírito Santo, Brasil

Pontos de Coleta	Propriedades			
	1	2	3	4
Afluente	1 a 11	74 a 83	146 a 155	217 a 227
Efluente 0	13 a 23	85 a 95	157 a 167	232 a 238
Efluente 10	25 a 35	98 a 107	169 a 179	241 a 250
Efluente 50	37 a 47	109 a 118	181 a 190	253 a 259
Efluente 100	49 a 59	122 a 131	194 a 203	265 a 274
Efluente 200	61 a 71	137 a 143	205 a 215	277 a 287

Resultados

A Análise de Coordenadas Principais PCoA (Figuras 1A, 1B e 1C) resumiu nos dois primeiros eixos 51% da variação do sistema, sendo 39% no primeiro eixo e 12% no eixo 2. As unidades amostrais foram separadas entre os pontos de amostragens e entre as quatro propriedades (1, 2, 3 e 4) (Figura 1A). As representações gráficas das unidades amostrais (pontos de coleta) para cada propriedade (Fig. 1A), dos descritores (Fig. 1B) e dos pontos de coleta (Fig. 1C) foram mostradas separadamente para facilitar a visualização dos dados.

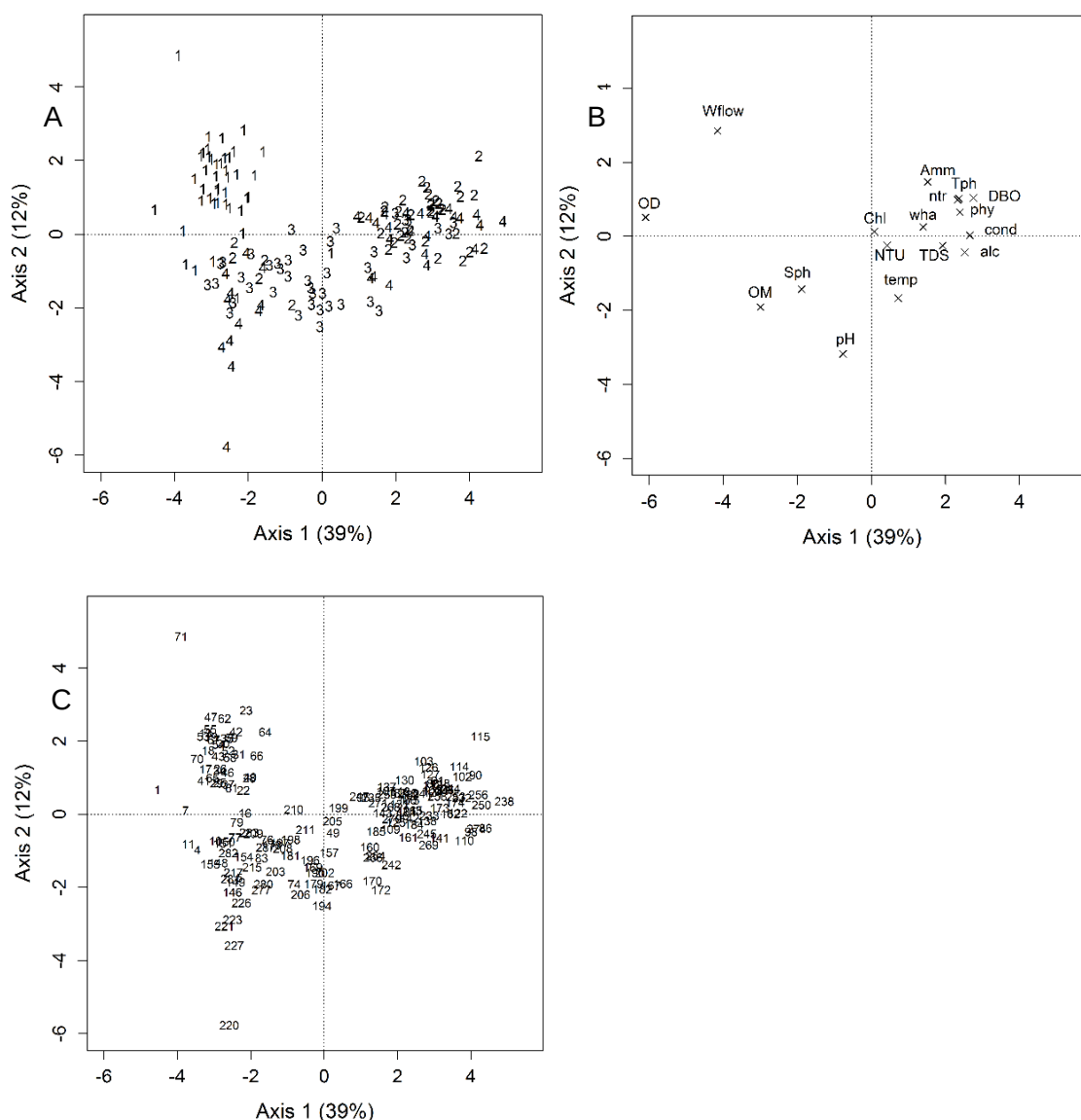


Figura 1 – A - Ordenação pela Análise de Coordenadas Principais PCoA das unidades amostrais separadas entre os pontos de amostragens e entre as quatro propriedades (1, 2, 3 e 4). **B** – Variáveis ambientais analisadas: temp=temperatura; OD=oxigênio dissolvido; pH; cond=condutividade elétrica; NTU=turbidez; TDS=sólidos totais dissolvidos; alc=alcalinidade total; wha=dureza total; Tph=fósforo total; amm=amônia; ntr=nitrito; DBO=demanda bioquímica de oxigênio; chl=clorofila *a*; phy=ficocianina; Sph=fósforo total em sedimento; MO=matéria orgânica e Wflow=vazão. **C** – Pontos de coleta: afluentes = propriedade 1, de 1 a 11; 2, de 74 a 83; 3, de 146 a 155; 4, de 217 a 227; efluente 0 = propriedade 1, de 13 a 23; 2, de 85 a 95; 3, de 157 a 167; 4, de 232 a 238; efluente 10 = propriedade 1, de 25 a 35; 2, de 98 a 107; 3, de 169 a 179; 4, de 241 a 250; efluente 50 = propriedade 1, de 37 a 47; 2, de 109 a 118; 3, de 181 a 190; 4, de 253 a 259; efluente 100 = propriedade 1, de 49 a 59; 2, de 122 a 131; 3, de 194 a 203; 4, de 265 a 274; efluente 200 = propriedade 1, de 61 a 71; 2, de 137 a 143; 3, de 205 a 215; 4, de 277 a 287.

As unidades amostrais dos cinco pontos de coleta (0, 10, 50, 100 e 200) no efluente da Propriedade 1 estão associadas aos maiores valores de vazão (fluxo d'água) e oxigênio dissolvido, e aos menores valores de temperatura, alcalinidade, NTU e TDS (Figuras 1A, 1B e 1C).

Na Propriedade 2, a maioria das unidades amostrais dos pontos de coleta no efluente agrupa-se do lado positivo do eixo 1, associada aos maiores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total. Algumas unidades amostrais mostraram-se associadas a maiores valores de temperatura, alcalinidade, NTU e TDS (Figuras 1A, 1B e 1C).

A Propriedade 3 foi a que apresentou uma variação gradual nas condições de seus efluentes. A maioria das amostras do primeiro ponto de coleta (Efluente 0) apresentou os maiores valores de temperatura, alcalinidade, NTU e TDS, e a maioria das amostras do último ponto de coleta (Efluente 200) apresentou alta concentração de matéria orgânica, fósforo em sedimento e pH. O restante das amostras, além de estar presente também nestes quadrantes, agrupa-se no lado positivo do eixo 1, associado aos maiores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total (Figuras 1A, 1B e 1C).

Todas as unidades amostrais do último ponto de coleta (Efluente 200) no efluente da Propriedade 4 se agrupam no lado negativo do eixo 1, associado aos maiores valores de matéria orgânica, fósforo em sedimento e pH. O restante se distribui em dois grupos: a maioria com maiores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total, e o outro com amostras apresentando maiores valores de temperatura, alcalinidade, NTU e TDS (Figuras 1A, 1B e 1C).

Com relação às unidades amostrais referentes aos afluentes (nascentes) das quatro propriedades, observa-se que elas se encontram no lado negativo do eixo 1, associadas aos

maiores valores de matéria orgânica em sedimento, fósforo em sedimento e pH, e aos menores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total (Figuras 1B e 1C).

Discussão

Os maiores valores de amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina, clorofila e dureza total encontrados nos efluentes de três propriedades das quatro analisadas neste estudo, indicam que houve alterações na qualidade da água de origem. Macedo & Sipaúba-Tavares (2010) afirmam que a qualidade da água dos efluentes de piscicultura depende da qualidade da água dos afluentes e do manejo adotado durante o cultivo, podendo este modificar as características físico-químicas da água de origem. Com estes resultados há indicativo de que o manejo adotado pelos piscicultores está provocando estas alterações, ocasionando impacto ambiental nos efluentes da criação de tilápia.

Os principais responsáveis pela eutrofização do ambiente aquático, causada pela descarga de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, estão diretamente associadas ao alimento, por isso é necessário um manejo alimentar correto, principalmente nas criações intensivas, que dependem exclusivamente de rações balanceadas (Bock et al., 2007). Os piscicultores serranos capixabas podem estar contribuindo com esta eutrofização, pois, em busca de uma produção maximizada, utilizam uma densidade de estocagem elevada (3 a 5 peixes/m²), o que leva a um fornecimento maior de ração. Conforme Boyd (2003) e Lin & Yi (2003), o alimento não consumido e as fezes dos organismos cultivados contribuem diretamente para a poluição do meio aquático e a decomposição desse material aumenta a demanda de oxigênio pelos microorganismos decompositores, liberando nutrientes, principalmente compostos nitrogenados e fosfatados, favorecendo assim o desenvolvimento

da comunidade fitoplanctônica, o que explica o agrupamento dos parâmetros amônia, fósforo total, DBO, nitrito, ficocianina e clorofila no lado positivo do eixo 1.

A piscicultura da propriedade 2 é a que se mostrou com maior poder de eutrofização da água de seu efluente, pois a maioria das unidades amostrais apresenta alterações nos parâmetros físico-químicos, além de que os baixos valores de vazão ocasionam uma maior quantidade de sólidos totais dissolvidos e, conseqüentemente, uma elevada turbidez (maior NTU). Esta propriedade utiliza o efluente de um viveiro para abastecer outro, concentrando ainda mais os nutrientes, justificando desta maneira ser a propriedade com maior impacto na qualidade da água de origem.

O enriquecimento de nutrientes na água dos efluentes das três propriedades analisadas neste trabalho, realizado em região serrana, com altas altitudes e baixas temperaturas médias, também foi observado por Ferreira et al. (2015) em região de planície, de clima tropical, ao analisarem os efluentes de criação de tilápias na província de Chiang Rai, na Tailândia, e encontraram valores elevados de nutrientes, principalmente, amônia e clorofila.

Os valores dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas no efluente da piscicultura da Propriedade 1 não se apresentaram maiores que os do seu afluente, indicando ser esta a propriedade de menor impacto na qualidade da água. Isto pode ser justificado pelos maiores valores de fluxo de água e de oxigênio dissolvido e menores de NTU, TDS, temperatura e alcalinidade, encontrados nos efluentes desta propriedade, corroborando com Amirkolaie (2008), que ao analisar a água do efluente de uma truticultura, em região serrana, com relevo bem acidentado, afirma que o fluxo da água auxilia na dispersão dos nutrientes e a diluição rápida no corpo receptor.

Os maiores valores encontrados de matéria orgânica em sedimento, fósforo em sedimento e pH, na água dos afluentes das quatro propriedades, pode ser justificado pelo fato

das propriedades apresentarem seus afluentes dentro de uma mata, onde estes formam remansos, que recebem muitas folhas e galhos, assim como organismos animais em decomposição. Esses remansos, com baixo fluxo de água, acabam funcionando como tanques de decantação (lagoas de sedimentação), auxiliando na remoção de material particulado, pois este processo previne que água carregada de partículas de solo em suspensão entre nos viveiros (Henry-Silva & Camargo, 2006; Uggetti et al., 2010).

Conclusão

Os efeitos da piscicultura sobre a eutrofização da água podem ser claramente observados neste trabalho. O manejo geral da criação adotado pelos piscicultores da região serrana ocasionou alterações na qualidade da água dos afluentes, evidenciando desta forma, o impacto ambiental. A piscicultura que apresentou o maior fluxo de água e oxigênio dissolvido em seu efluente, foi a que não apresentou alterações nos parâmetros físico-químicos da água, e a que faz o reaproveitamento da água de descarga dos viveiros para reabastecê-los foi a que se mostrou mais eutrofizada.

Isto demonstra a necessidade de se fazer o monitoramento da qualidade da água das pisciculturas desta região serrana, principalmente nas que possuem baixo fluxo de água, e a divulgação das boas práticas de manejo, junto aos produtores, buscando minimizar os possíveis impactos ambientais.

Como boas práticas de manejo os piscicultores podem fazer uso de uma menor densidade de estocagem, melhorando não só a qualidade da água, mas o desempenho zootécnico dos peixes e, deste jeito, a qualidade do produto que será comercializado; tratamento dos efluentes com uso de lagoas de sedimentação e macrófitas, para, assim, minimizar o impacto nos corpos de água receptores, como córregos, rios, que são usados para

outras finalidades; reaproveitamento dos efluentes na agricultura, servindo como água para irrigação ou para uso na hidroponia.

A adoção das boas práticas de manejo pode levar os piscicultores a ter uma maior conscientização de seu papel como gestor ambiental, pois todas as práticas que asseguram uma melhor qualidade ambiental, também melhoram o desempenho de sua criação, gerando mais lucros.

Referências

Amirkolaie, A.K. (2008) Environmental impact of nutrient discharged by aquaculture waste water on the Haraz River. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* **3**, 275-279.

APHA, American Public Health Association (1998) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th ed. New York.

Bock, C.L.; Pezzato, L.E.; Cantelmo, O.A. & Barros, M.M. Fitase em rações para tilápia-donilo na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.5, p.1455-1461, 2007.

Borchard, D.; Gillet, F. & Legendre, F. (2011) *Numerical Ecology with R*. Springer: New York, NY, USA.

Boyd, C.E. (2003) Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture* **226**, 101-112.

Boyd, C.E. & Tucker, C.S. (1992) *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Alabama.

Chakraborty, S.B. & Banerjee, S. (2010) Effect of stocking density on monosex Nile tilapia growth during pond culture in India. *World Academy of Science, Engineering and Technology* **44**, 1521-1534.

FAO (2014) *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)*. FAO, Rome 243pp.

- Ferreira J.G., Falconer L., Kittiwanch J., Ross L., Saurel C., Wellman K., Zhu C.B. & Suvanachai P. (2015) Analysis of production and environmental effects of Nile tilapia and white shrimp culture in Thailand. *Aquaculture* **447**, 23-36.
- Henry-Silva, G.G. & Camargo, A.F.M. (2006) Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola*, v.63, p.433-438.
- Henry-Silva, G.G. & Camargo, A.F.M. (2008) Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* **24**, 519-526.
- Imanpour Namin, J., Sharifinia, M. & Bozorgi Makrani, A. (2013) Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (north Iran). *Caspian Journal of Environmental Sciences* **11**, 29-39.
- Lalonde, B. A., Ernst, W. & Garron, C. (2015) Chemical and physical characterisation of effluents from land-based fish farms in Atlantic Canada. *Aquaculture International* **23**, 535-546.
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012) Numerical Ecology, Third. Elsevier, Amsterdam. 990p.
- Lin, C.K., & Yi, Y. (2003) Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. *Aquaculture* **226**, 57-68.
- Macedo, C.F. & Sipaúba-Tavares, L.H. (2010) Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Boletim do Instituto de Pesca* **36**, p.149–163.
- Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Friendly M.; Kindt, R.; Legendre, P.; McGlinn, D.; Minchin, P.R.; O'Hara, R.B.; Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, M.H.H.; Szoecs, E. & Wagner, H. (2016). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-0. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

- Pimolrat P., Whangchai N., Chitmanat C., Promya J. & Lebel L. (2013) Survey of climate-related risks to Tilapia pond farms in Northern Thailand. *International Journal of Geosciences* **4**, 54-59.
- Raczyńska, M., Machula, S., Choiński, A. & Sobkowiak, L. (2012) Influence of the fish pond aquaculture effluent discharge on abiotic environmental factors of selected rivers in Northwest Poland. *Acta Ecologica Sinica* **32**, 160-164.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Silapajarn, O. & Boyd, C.E. (2005) Effects of Channel Catfish Farming on Water Quality and Flow in an Alabama Stream. *Reviews in Fisheries Science* **13**, 109–140.
- Uggetti, E.; Ferrer, I.; Llorens, E. & Garcia, J. (2010) Sludge treatment wetlands: a review on the state of the art. *Bioresource Technology*, v.101, p.2905–2912.
- Vicente I.S.T., Elias F. & Fonseca-Alves, C.E. (2014) Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. *Revista de Ciências Agrárias* **37**, 392-398.
- Vicente I.S.T. & Fonseca-Alves, C.E. (2013) Impact of introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on non-native aquatic ecosystems. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **16**, 121-126.

CONCLUSÕES FINAIS

A criação de tilápia em região serrana apresenta-se como uma atividade de importância socioeconômica para os produtores rurais, devido ao considerável potencial produtivo e à boa adaptação desta espécie neste tipo de ambiente, fazendo desta atividade a segunda principal fonte de renda dos produtores, com emprego de mão de obra familiar. Entretanto, os efluentes gerados pelo sistema produtivo das propriedades pesquisadas apresentam alterações na qualidade da água de origem com relação aos parâmetros físico-químicos analisados, evidenciando o impacto ambiental da atividade estudada.

Os piscicultores desconhecem os prováveis impactos causados pelos efluentes de suas pisciculturas e os sistemas de tratamento que poderiam ser utilizados, demonstrando que a assistência técnica na região serrana pesquisada ainda é deficiente. É importante que se faça o monitoramento da qualidade da água das pisciculturas, principalmente nas que possuem baixo fluxo de água, e a divulgação das boas práticas de manejo, buscando minimizar os impactos ambientais, e a conscientização dos produtores com relação aos cuidados com os recursos naturais.

Como boas práticas de manejo os piscicultores podem fazer uso de uma menor densidade de estocagem, melhorando não só a qualidade da água, mas o desempenho zootécnico dos peixes e, deste jeito, a qualidade do produto que será comercializado; tratamento dos efluentes com uso de lagoas de sedimentação e macrófitas, para, assim, minimizar o impacto nos corpos de água receptores, como córregos, rios, que são usados para outras finalidades; reaproveitamento dos efluentes na agricultura, servindo como água para irrigação ou para uso na hidroponia.

A adoção das boas práticas de manejo pode levar os piscicultores a ter uma maior conscientização de seu papel como gestor ambiental, pois todas as práticas que asseguram uma melhor qualidade ambiental, também melhoram o desempenho de sua criação, gerando mais lucros.