

A água como entrave da piscicultura semi-intensiva no estado do Espírito Santo (Brasil)

Gabriela Ortolane Medeiros ^{1*}, Wesley Souza Silva ^{2*}, Marielce de Cássia Ribeiro Tosta ^{3*}

¹Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. (*Autor correspondente: gabrielaortolane@gmail.com)

²Graduando em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. (*Autor correspondente: thewesleysilva@gmail.com)

³Doutora em Economia Aplicada, Professora da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. (*Autor correspondente: marielcetosta@gmail.com)

Histórico do Artigo: Submetido em: 20/03/2022 – Revisado em: 16/06/2022 – Aceito em: 08/09/2022

RESUMO

No Brasil é crescente o uso da aquicultura em sistema semi-intensivo em viveiros escavados por suportar maiores densidades de estocagem devido à demanda. No entanto, este sistema pode vir a apresentar problemas relacionados a qualidade da água, controle de patógenos, licenciamento ambiental, dentre outros. O objetivo deste trabalho foi revisar e analisar a escassez hídrica e a qualidade da água e sua influência em viveiros escavados. Buscou-se ainda relacionar estes entraves à piscicultura do Espírito Santo. Para isso, utilizou-se de revisão de literatura sistemática. Da análise destes dois entraves teve-se como consequência o processo de eutrofização. Boas práticas de manejo, foram indicadas e descritas para controle e monitoramento das variáveis físico-químicas da água. Para finalizar, sugere-se, realizar estudos futuros sobre a influência da precipitação com a realização das atividades de piscicultura, pois, não foi possível inferir sobre se existia relação entre ambos.

Palavras-Chaves: Escassez; Qualidade; Cultivo; Viveiros Escavados; Sudeste.

Water as a Barrier to Semi-Intensive Pisciculture in the State of Espírito Santo, Brazil

ABSTRACT

In Brazil, the use of aquaculture in a semi-intensive system in excavated ponds is increasing, as they support higher stocking densities due to demand. However, this system may present problems related to water quality, pathogen control, environmental licensing, among others. This work objective was to review and analyze water scarcity and water quality and their influence on excavated ponds. We also tried to relate these obstacles to fish farming in Espírito Santo. A systematic literature review was used in this way. The analysis of these two obstacles resulted in the eutrophication process. Good management practices were indicated and described for the control and monitoring of the physical-chemical variables of the water. Finally, it is suggested to carry out future studies on the influence of precipitation with the performance of fish farming activities, as it was not possible to infer whether there was a relationship between them.

Keywords: Scarcity; Quality; Cultivation; Excavated Nurseries; Southeast.

Medeiros, G. O., Silva, S. W., Tosta, M. C. R. (2022). A Água como Entrave da Piscicultura Semi-Intensiva no Estado do Espírito Santo (Brasil). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.2, p.259-280.



1. Introdução

Nos últimos anos, a aquicultura vem ganhando espaço no setor de produção de proteína animal, principalmente por ser uma prática sustentável e que vem assegurando emprego e renda para muitas pessoas (Siqueira, 2017). Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2018 a aquicultura já ultrapassava a pesca em suas atividades e respondia por metade de todo o consumo mundial de pescado (Cyrino et al., 2019).

O processo de aquicultura é definido pela criação de organismos cujo o seu ciclo de vida envolve o meio aquático, sendo estes confinados em um ambiente controlado (Schulter & Filho, 2017; Sátiro et al., 2018). Quando os indivíduos utilizados neste cultivo são os peixes, essa prática passa a ser chamada de piscicultura (Siqueira, 2018). Sendo esta, importante para o fortalecimento da economia, disseminação de novas tecnologias de cultivo, redução da sobrepesca e consumo nutritivo (Lopes, 2012; Jesus et al., 2021).

A piscicultura pode ser desempenhada por quatro sistemas de cultivo: extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo (Nakauth et al., 2015). Segundo Silva (2019), o sistema semi-intensivo é um dos mais utilizados no Brasil, devido à crescente demanda de mercado e ao crescimento das indústrias. Trata-se de uma técnica que emprega a utilização de viveiros escavados, capazes de suportar maiores densidades de estocagem, cerca de cinco peixes por m². As criações são realizadas por meio de rações e alimentos naturais, permitindo que se tenha maior controle da reprodução dos animais estocados, ausência ou monitoramento de predação, e melhor produtividade (Feitoza, 2009; Oliveira, 2011; Oliveira et al., 2015).

Como apontado por Brandão (2018), a expansão da atividade de piscicultura no país está relacionada ao conjunto de qualidades naturais que o Brasil apresenta, como uma ampla costa marítima, milhões de hectares de água represada, clima tropical, grande concentração de água doce continental, e áreas proveitosas para a construção de tanques e açudes.

Em 2020, a atividade passou por incertezas e desafios devido a pandemia ocasionada pela Covid-19. No primeiro semestre o impacto foi maior, devido à queda nas vendas, principalmente na semana santa considerada o “Natal da piscicultura”. Após replanejamento, ajustes nos custos, e maior controle das consequências geradas pela pandemia, o segundo semestre apresentou melhoras. De forma geral, o ano fechou com desempenho positivo, e crescimento de 5,93% em relação a 2019 (Cidade em Foco, 2021).

No Espírito Santo, o cenário segue a mesma tendência de crescimento nacional, tendo a tilápia como espécie mais cultivada em tanques rede ou viveiros escavados, atingindo em 2020, cerca de 96,49% da produção. Além disso, cada vez mais a piscicultura vem ganhando espaço no estado, tendo um aumento de 3% em relação a 2019 (Incaper, 2017; Lopes et al., 2021). As cidades que mais realizam a atividade são: Linhares, Alegre, Domingos Martins, Marechal Floriano, Conceição do Castelo e Santa Teresa (Zandonadi, 2020).

Entretanto, apesar dos benefícios expostos, o cultivo de peixes no sistema semi-intensivo pode vir a apresentar alguns problemas com relação ao seu funcionamento e gestão, principalmente por ser um método que necessita constantemente da intervenção do piscicultor para a regulação de determinados parâmetros, alguns destes entraves, estão relacionados a: qualidade da água, controle de patógenos, licenciamento ambiental, alto custo das rações, baixo consumo de peixes, dentre outros (Urbinati & Carneiro, 2004; Oliveira, 2011; Planello et al., 2016; Barroso et al., 2016; Igarashi, 2019; Souza, 2021). O não solucionamento destas questões, poderá colocar todo o sistema de cultivo em risco, comprometendo a saúde dos peixes, gerando impactos irreversíveis ao meio ambiente, além de consideráveis perdas econômicas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi revisar e analisar dois dos principais entraves da piscicultura semi-intensiva: a escassez hídrica e a qualidade da água, visando compreender como estes influenciam no cultivo de peixes em viveiros escavados. Além disso, buscou-se relacionar estes entraves à piscicultura do Espírito Santo de modo a contribuir com a discussão do problema para o estado.

2. Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido por meio de pesquisas exploratórias, que tem como principal objetivo o aprimoramento de ideias (Gil, 2017). Quanto a sua abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, por não utilizar dados numéricos e pesquisar fontes diretas de dados (Prodanov & Freitas, 2013).

Para a pesquisa bibliográfica foram levantados 86 trabalhos classificados como: artigos científicos, monografias, dissertações, teses, resumos, sites, livros, documentos e anuários obtidos nas bases de dados, Google, Google Acadêmico, Periódicos CAPES e Scielo (Tabela 1). Optou-se por estas bibliotecas virtuais por serem abundantes em materiais acadêmicos de cunho nacional e internacional.

Tabela 1 - Quantidade de trabalhos encontrados por plataforma

Site (Banco de dados)	Quantidade de trabalhos encontrados	Quantidade de trabalhos usados
SciELO	11	7
CAPES (Periódicos)	2	2
Google Acadêmico	55	51
Google	18	17

Fonte: Autores (2021)

Como critério para a seleção das obras nos bancos de dados Google Acadêmico, CAPES e SciELO, foram manuseados trabalhos publicados em português, inglês e espanhol de 2000 a 2021, com o intuito de adquirir informações que demonstrassem as causas para a escassez hídrica e perda na qualidade da água, bem como as possíveis soluções propostas dentro do período estabelecido. Foram consultados ainda, *websites* de páginas governamentais, mídias eletrônicas, associações, dentre outras páginas, que pudessem ter informações verídicas e relevantes sobre o tema.

Utilizou-se um limite de 5 páginas de busca com as seguintes palavras-chave: piscicultura, sistema semi-intensivo, qualidade da água, escassez hídrica, crise hídrica, pluviosidade e Espírito Santo. Indexadores adicionais não foram empregues, pois optou-se por restringir o número de banco de dados, visto que os escolhidos na maior parte das vezes nos direcionaram para trabalhos presentes nos demais, tais como: *Science Direct*, *Elsevier*, *Web of Science* e *Wiley Online Library*.

Como ponto de partida foi realizada uma leitura dos resumos dos 86 trabalhos para se certificar que estavam relacionados a escassez hídrica e qualidade da água, de forma condizente com o objetivo do artigo. Deste total, 9 foram descartados por não exibirem o conteúdo necessário. Dos 77 textos restantes, 13 foram utilizados na “Introdução”, 2 nos “Materiais e Métodos” e os outros foram divididos e em seguida discutidos nas seções subsequentes: “Escassez hídrica e de chuvas” (17), “Controle da qualidade da água” (11) e “Recursos hídricos: considerações para a piscicultura semi-intensiva no Estado do Espírito Santo” (13). Além destes, cerca de 21 artigos foram compartilhados entre os tópicos, pois exibiam temas que correspondiam a mais de um item. Cada seção abordada, foi determinada considerando o atual cenário hídrico do estado do Espírito Santo, seu potencial de desenvolvimento em atividades de piscicultura e possíveis estratégias que colaborariam na manutenção da piscicultura semi-intensiva no estado, em meio a preservação e manutenção da água.

Os artigos foram divididos nesta sequência porque ao realizar a leitura dos textos foi possível perceber que a escassez hídrica e de chuvas afetou várias partes do Brasil, mas que o estado do Espírito Santo estaria

entre os piores. Por este motivo, tornou-se necessário descrever o atual cenário das bacias hidrográficas do estado e discutir sobre os aspectos do controle da qualidade da água, pois para a piscicultura, este é um dos fatores mais importantes ao seu desenvolvimento. Assim sendo, para melhorar a produtividade na piscicultura semi-intensiva foram discutidos sobre os fatores físico-químico e as implicações aos organismos cultivados. Uma vez realizada estas considerações, foi possível relatar sobre os recursos hídricos e a piscicultura semi-intensiva no estado do Espírito Santo, sendo este o objetivo maior deste artigo.

3. Resultados e Discussão

3.1 Escassez hídrica e de chuvas

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020) é bem comum ocorrerem variações de precipitação ano a ano, estas costumam ser maiores em regiões do semiárido. Os baixos índices de precipitação no semiárido se devem ao fato de serem estados com temperaturas elevadas durante a maior parte do ano; baixa capacidade de armazenamento no solo; dentre outros fatores, que contribuem para os baixos valores de disponibilidade hídrica, como por exemplo, a Bahia. Para amenizar os impactos que podem ser causados por esses fatores, são construídas obras de infraestrutura hídrica, como reservatórios.

Entre 2012 e 2017, os volumes totais de chuva nos períodos úmidos foram abaixo da média, que conseqüentemente reduziram as recargas dos reservatórios que existiam. Além disso, em 2019, a chuva teve um comportamento bem variado ao longo do país, que acabou refletindo também nas vazões. As secas foram bem evidentes ao longo do ano e observadas nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Goiás, Tocantins, parte da Bahia e no Espírito Santo (ANA, 2020).

Em território capixaba, desde 2013 que o estado vem passando por longos períodos de seca, sendo classificado como o pior período de estiagem dos últimos 80 anos. Decorrente desta temporada, 2015 vivenciou uma das piores crises hídricas da história, afetando principalmente as regiões Norte, Serrana e a Grande Vitória. No ano de 2016, dos 78 municípios, 14 estavam sendo vistos em situação extremamente crítica, 10 crítica, e 8 em emergência ou calamidade pública. Em 2019 o status de alerta voltou a se repetir (Carvalho & Gonçalves, 2020; Ferreira et al., 2020; Silva, 2021).

Segundo dados do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em abril de 2021, a acumulação maior de precipitação, entre 90 mm a 150 mm, ocorreu na Região Nordeste e em trechos da Região Serrana do Estado, representando cerca de 25% acima da chuva esperada de acordo com a média histórica calculada para 1984-2014. Nas demais regiões, a chuva observada não passou de 60 mm, representando em torno de 25% a 50% abaixo dessa média.

Com o aumento da população e das atividades econômicas intensivas com uso de água, houve um crescimento da demanda hídrica no Brasil, contribuindo para o aumento do nível de stress hídrico, que é a proporção entre a retirada de água doce e o total dos recursos de água doce disponíveis do país. Segundo o ANA (2020), as regiões mais críticas são a Região Sudeste, com o uso da água para abastecimento humano, irrigação e na indústria, e a Região Sul, que utiliza água para a irrigação de grandes lavouras de arroz por meio de inundação.

Levando em consideração as atuais condições hídricas do Brasil, a aquicultura tem se mostrado como uma atividade economicamente emergente, por estar competindo com as demais pela utilização da água. A piscicultura, assim como a aquicultura no geral, quando não realizada de maneira sustentável (Quadro 1), afeta a disponibilidade hídrica e gera poluição nos corpos hídricos, sendo fundamental que o piscicultor se enquadre aos princípios básicos da sustentabilidade para que este recurso seja mantido (Millani, 2007).

Quadro 1: Impactos ambientais que ocorrem durante a fase de implantação e operação de um sistema de cultivo

Remoção da mata ciliar para captação de água;
Introdução de espécies exóticas e doenças no ambiente;
Remoção da cobertura vegetal no local de construção dos viveiros;
Erosão com o carregamento de sedimentos para cursos d'água naturais;
Introdução de substâncias tóxicas e drogas bio-acumulativas no ambiente;
Eutrofização ocasionada pela liberação de efluentes ricos em nutrientes nos corpos d'água naturais;

Fonte: Adaptado de Valenti, 2002.

Neta (2015) verificou em um estudo feito com comunidades piscícolas, que em sistemas de cultivo super intensivo no município de Jaguaribara, estado do Ceará, a estiagem do local apresentou influência direta no declive do cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*). Assim como, induziu no desenvolvimento da piscicultura no município Orós, Ceará, e na produção do camarão de água doce no estado do Espírito Santo, onde tinha a maior produção até o ano de 2015 (Ferri et al., 2018; Pinheiro et al., 2021).

A baixa disponibilidade hídrica e os longos períodos de estiagem são fatores que impedem o crescimento da piscicultura ao mesmo tempo que impactam na biodiversidade, pois aceleram o processo de eutrofização, enfraquecendo a capacidade produtiva da atividade (Takahashi et al., 2020). A seca impacta negativamente no cultivo das espécies, reduzindo a quantidade de produtores, devido à queda na produtividade (Zandonadi, 2020). Segundo Oliveira & Santos (2015), estiagens prolongadas costumam trazer prejuízos de até 80% aos piscicultores. Nas regiões Nordeste e Sudeste, características como estas vêm sendo observadas desde 2012 e 2013 (Barroso et al., 2015).

A falta de chuvas impede a renovação das águas dos tanques. Quando a água está parada, ela aquece e perde oxigênio, prejudicando a respiração dos peixes, ocasionando então em sua perda. Para tentar evitar isso, os produtores usam como medida paliativa elevar em alguns centímetros o nível dos tanques para aumentar a oxigenação, porém é esperado a mudança do clima (ND Mais, 2014). O processo de oxigenação ocorre de duas formas distintas: a produção de algas e por meio da movimentação entre o ar e a água.

A alta salinidade é um problema decorrente da estiagem. Variando entre 4 e 6% em algumas regiões, é relatado pelos produtores que os peixes comem menos e acabam não crescendo no período. Sendo assim, existe a tentativa de manter a criação somente em períodos de maior disponibilidade de água, ou seja, durante as chuvas (Lopes et al., 2020).

3.1.1 O atual cenário das bacias hidrográficas do Espírito Santo

O estado do Espírito Santo se encontra localizado na região sudeste do Brasil. Abrangendo um território com cerca de 46.052,64 km², atualmente, expõe um total de 78 municípios (Zanetti et al., 2020). Com relação aos recursos hídricos, segundo Ferreira e colaboradores (2020), o estado apresenta 12 bacias hidrográficas (Doce, Itapemirim, São Mateus, Itabapoana, Itaúnas, Santa Maria, Riacho, Guarapari, Reis Magos, Jucu, Benevente e Rio Novo), sendo 5 de posse federal (Doce, Itapemirim, São Mateus, Itabapoana e Itaúnas), e 7 de domínio capixaba absoluto (Santa Maria, Riacho, Guarapari, Reis Magos, Jucu, Benevente e Rio Novo).

As bacias hidrográficas correspondem a uma área de captação natural da água da chuva, que são formadas por um único curso d'água ou por uma rede de drenagem, que escoam por um único ponto de saída (Porto & Porto, 2008; Finkler, [s.d.]). A bacia do Rio Doce, é considerada como uma das principais da região

sudeste por ser essencial para a manutenção da economia, no entanto, exibe uma longa trajetória de degradação e uso não planejado. No Espírito Santo a bacia envolve 28 municípios, tendo Colatina e Linhares como áreas de maior irrigação (Coelho, 2009; Ferreira et al., 2020).

Junior (2019) afirma em seu estudo que Colatina juntamente com outros municípios da área, vem enfrentando severos problemas de escassez hídrica ocasionados por longos períodos de seca, e intensos processos de desertificação. Uma outra região que também vem sofrendo impactos de escassez devido a retirada da vegetação nativa, erosão e manejo inadequado do solo, é a Mesorregião Central do estado, onde localiza-se a bacia hidrográfica do Rio Santa Maria do Doce. Esta situação acabou contribuindo para que os municípios de Santa Teresa, São Roque do Canaã e Colatina que compõem a bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce, decretassem emergência frente à ameaça de escassez hídrica (Ferreira et al., 2020).

As adversidades com a água têm influenciado significativamente nas áreas produtivas do setor agropecuário, em consequência disso, os municípios têm enfrentado severas diminuições na renda e oferta de empregos.

3.2 Controle da qualidade da água

Segundo a World Wildlife Fund (Fundo Mundial da Natureza), apesar de mais de 70% da Terra estar coberta por água, apenas 3% corresponde a água doce, e desses, menos de 1%, é potável, e disponível para consumo. Uma vez que a água, é essencial para a manutenção de todas as formas de vida, a avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos devem ser realizadas para a verificação de sua qualidade (Torres et al., 2017).

Na piscicultura, a qualidade da água é um dos fatores mais importantes, tanto para o afluente, que permite o desenvolvimento dos peixes em cativeiro, quanto para o efluente, que será depositado novamente na bacia hidrográfica. Em condições inadequadas, a água poderá ocasionar a mortalidade de peixes, levando a perdas econômicas para os piscicultores (Barbosa, et al., 2000; Fao, 2013; Silva et al., 2017). Um dos fatores que mais influenciam nas variações da qualidade da água, é a alimentação. Esta, quando feita de maneira errônea, permite o acúmulo de nutrientes nos reservatórios, onde, em concentrações superiores a 20 Kg/ha/dia, provocam a degradação da água presente nos viveiros (Barbosa, et al., 2000; Macedo, 2004; Junior, 2009; Cyrino, et al., 2010).

No sistema de cultivo semi-intensivo (Figura 1), esta situação pode vir a ser ainda mais agravante, por se tratar de um método que tem como base a criação de peixes de maneira natural (com produção primária) e artificial (fazendo-se o uso de rações). Este processo, não pode estar associado a elevadas vazões de água, pois se faz necessário que ocorra a retenção de nutrientes para que se tenha, produtividade primária, por meio de adubações (Oliveira, 2011).

Figura 1 – Viveiros escavados (sistema de cultivo semi-intensivo) para a criação de Tilápia do Nilo, no município de Laguna Carapã, Mato Grosso do Sul, Brasil



Fonte: Adaptado de Cavalcanti, 2019.

Na maior parte das propriedades não há um controle mensal da quantidade de ração aplicada nos viveiros. Os produtores acabam empregando maiores quantidades de adubos químicos/orgânicos e altas quantidades de rações, na tentativa de melhor suprir as demandas de suas criações, entretanto, o baixo consumo, acaba provocando problemas na qualidade da água, onde o excesso de nutrientes faz com que esta, fique eutrofizada (Figura 2) (Castellani & Barrella, 2004; Zimmermann & Fitzsimmons, 2004; Oliveira, 2011).

Figura 2 – Viveiro para cultivo semi-intensivo com proliferação de plantas aquáticas presente no Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil



Fonte: Adaptado de Lachi, 2006.

A eutrofização ocorre devido ao acúmulo e decomposição da matéria orgânica no corpo d'água, geralmente nitrogênio e fósforo. Além dos restos de alimentos não consumidos e a superabundância de adubação, este processo também se dá devido aos produtos resultantes do metabolismo do peixe e ações de despesca que influenciam na deterioração da qualidade da água, redução da transparência, e das concentrações de oxigênio dissolvido (Lachi, 2006; Simões & Yabe, 2007; Cyrino et al., 2010; Azevedo, 2012; Cavalcanti, 2019). A baixa qualidade da água faz com que o peixe fique menos atraente ao consumidor, apresentando *off-flavor*, que são odores e sabores indesejáveis adquiridos durante o cultivo (Barroso et al., 2015).

3.2.1 Variáveis físico-químicas

Para melhorar a produtividade na piscicultura semi-intensiva, é necessário que além do controle da quantidade de alimento, se faça o monitoramento constante dos seguintes parâmetros associados a qualidade da água: temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono livre, pH, alcalinidade, amônia, nitrato, nitrito, fósforo e clorofila a (Feitoza, 2009; Azevedo, 2012; Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010; Pérez et al., 2015; Nakauth et al., 2015; Silva et al., 2017).

Dos parâmetros citados, o aumento exacerbado de fósforo e nitrogênio, tem sido o fator predominante para os processos de eutrofização, justamente, por serem essenciais para o crescimento e estrutura das comunidades fitoplanctônicas. Todavia, ambos são nutrientes base para o funcionamento da piscicultura semi-intensiva, isto é, a ausência desses elementos no ambiente, comprometerá toda a cadeia trófica do meio aquático, sendo indispensáveis para a formação de proteína animal e vegetal (Lachi, 2006; Azevedo, 2012; Fão, 2013).

Azevedo (2012) aponta que, o fósforo, a clorofila a, e a transparência, são muito utilizadas como indicadores de eutrofização, no entanto, outros aspectos devem ser incluídos, como por exemplo: o oxigênio dissolvido, que normalmente se encontra reduzido na piscicultura, e é um componente crucial para o balanço dos demais nutrientes, existência de indivíduos com respiração aeróbia, e para promover estimativas das quantidades de matéria orgânica videntes no ambiente (Lachi, 2006; Lopes, 2012; Fão, 2013).

Altas temperaturas são responsáveis pela floração de algas no meio aquático, sendo um aspecto de importante relevância para o controle da eutrofização. Além disso, apresenta considerável influência na alimentação dos peixes, reduzindo o seu consumo, quando esta não se adequa a sua faixa ideal. Uma outra consequência proveniente das alterações neste parâmetro, é o acometimento da dinâmica dos gases, fazendo com que, em elevadas temperaturas ocorra uma diminuição de oxigênio, e uma maior concentração de gás carbônico, aumentando os riscos para a sobrevivência dos peixes nesses ambientes (Barbosa et al., 2000; Lachi, 2006; Honorato, 2019).

A amônia, é uma condição para a qualidade da água, que pode ser excretada no ambiente através dos peixes, para que se tenha total eliminação dos resíduos nitrogenados de seu organismo, mas também, podem ser provenientes da decomposição aeróbia e anaeróbia da matéria orgânica acumulada (Lopes, 2012; Paredes-López et al., 2021). O nitrito é resultado do processo de oxidação da amônia em nitrato, sendo altamente tóxica para os organismos ali viventes (Barbosa et al., 2000).

Um outro fator determinante, são as medidas de pH (Potencial Hidrogeniônico), essas, exibem um aumento quando há proliferação de indivíduos fotossintetizantes, pois, com o aumento da fotossíntese, ocorre consumo de gás carbônico, conseqüentemente, diminuição do ácido carbônico, e um aumento do pH. Essas variações, em conjunto com as de oxigênio dissolvido, poderão acarretar condições desfavoráveis para a saúde dos organismos cultivados (Azevedo, 2012; Torres et al., 2017).

Considerando o que foi mencionado, é importante ressaltar que todos os parâmetros avaliados apresentam uma considerável importância para o equilíbrio do ecossistema e da piscicultura, sendo dependentes um do outro para o funcionamento do ambiente. A Tabela 1 expõe os limites para as variáveis

físico-químicas da qualidade da água para “Aqüicultura e atividades de pesca”, estabelecidas pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 17/03/2005 (Brasil, 2005).

Tabela 2 – Variáveis físico-química para a qualidade da água de ambiente de água doce de Classe II, destinadas ao consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e parques, e aqüicultura e atividade pesqueira

Classe II - Águas Doces	
Parâmetros	Valor Máximo
Clorofila a	até 30 $\mu\text{g/L}$
Densidade de cianobactérias	até 50000 cel/mL ou 5 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
pH	6,0 a 9,0
Cor verdadeira	até 75 mg Pt/L
Turbidez	até 100 UNT
Oxigênio dissolvido (em qualquer amostra)	não inferior a 5 mg/L O ₂
Demanda bioquímica de oxigênio	5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂
Parâmetros Inorgânicos	Valor Máximo
Arsênio total	0,14 $\mu\text{g/L}$ As
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005 mg/L Sb
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	até 0,030 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	até 0,050 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P

Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH £ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn

Parâmetros Orgânicos	Valor Máximo
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo (a) antraceno	0,018 µg/L
Benzo (a) pireno	0,018 µg/L
Benzo (b) fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo (k) fluoranteno	0,018 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L

2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (a + b + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C6H5OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,018 µg/L
Lindano (g-HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	1,6 µg/L
Tetracloroeteno	3,3 µg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,00028 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4- TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-triclorofenol	2,4 µg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

Fonte: Adaptado de Brasil, 2005.

3.2.2 Implicações aos organismos cultivados

Uma vez que, as variáveis físico-químicas da qualidade da água são indispensáveis para a sobrevivência dos organismos no meio aquático, por estarem diretamente ligadas à saúde da piscicultura. Alterações nestes ambientes, que permitem a perda desta qualidade, poderá ocasionar severos problemas de produção, dado que, essas mudanças provocam nos peixes, a diminuição de seu crescimento, desenvolvimento e reprodução, sendo capazes de gerar um estado de estresse, que afeta o sistema imunológico e os tornam mais propensos a surtos de doenças (Barrero et al., 2006; Cyrino et al., 2010; Faria, 2012; Fão, 2013; Cavalcanti, 2019).

A presença de eutrofização nos meios de cultivo, ocasiona o aumento da ocorrência de florações tóxicas de cianobactérias, exercendo nos peixes, danos ao fígado, as brânquias e nos rins, distúrbios iônicos, mudanças comportamentais, e morte, também podem gerar um efeito de bioacumulação, ou seja, essas toxinas ficam armazenadas nos tecidos dos peixes, podendo ser transferidas para os demais níveis tróficos, chegando ao ser humano (Macedo, 2004; Azevedo, 2012; Fão, 2013).

Com a proliferação excessiva do fitoplâncton, irá ocorrer uma diminuição do oxigênio dissolvido à noite e uma supersaturação durante o dia, fazendo com que o peixe tenha suas brânquias obstruídas (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010). As baixas concentrações de oxigênio, podem propiciar, insuficiência respiratória, sangramento, lesões na pele, perda de apetite, infestações parasitárias, e na ocorrência de um ambiente anóxico, ocasionando a perda de milhares de peixes (Barbosa et al., 2000; Fão, 2013; Cavalcanti, 2019).

A temperatura influencia diretamente na quantidade de oxigênio dissolvido, portanto, na piscicultura, o controle da temperatura da água é fundamental para a respiração e crescimento do animal. Em temperaturas muito baixas, devido ao fato de os peixes serem ectotérmicos, a alimentação, imunologia e metabolismo diminuem. Chuvas repentinas causam uma variação na temperatura da água, acarretando um estresse provocado pelo choque térmico entre a água da chuva e dos corpos d'água (Cavalcanti, 2019; Honorato, 2019; Jesus et al., 2021).

Outros parâmetros como pH, amônia e nitrito também irão interferir na sobrevivência dos organismos, mudanças bruscas nos níveis de pH também podem gerar mortalidade em massa de peixes, ou comprometer o seu desenvolvimento. Já o aumento da amônia no ambiente, diminui a capacidade dos peixes de realizar sua excreção, elevando suas concentrações no sangue, conseqüentemente, causa danos nas brânquias, dificulta as trocas gasosas e desestabiliza o sistema de osmorregulação. Com a liberação do nitrito pela oxidação da amônia, ocorre o impedimento do transporte de oxigênio devido a formação da metahemoglobina (nitrito + hemoglobina), isso ocorrerá especialmente em ambiente de altas temperaturas e flutuações de oxigênio dissolvido (Lopes, 2012; Fão, 2013; Mal et al., 2014; Torres et al., 2017; Cavalcanti, 2019).

3.3. Recursos Hídricos: Considerações para a piscicultura semi-intensiva no estado do Espírito Santo

Tendo em vista que a escassez hídrica vem sendo evidenciada ano após ano, estando em situação emergencial no estado do Espírito Santo, devido a pouca cobertura florestal e má proteção do solo, é bem importante reconhecer que todas as atividades que demandam água deverão melhorar a eficiência de seu uso. Assim, algumas sugestões que podem ser citadas, seria a redução de suas demandas, a manutenção de condições compatíveis com as exigidas pelas espécies cultivadas, como também, o reaproveitamento e controle dos efluentes gerados (Oliveira & Santos, 2015; Souza et al., 2018).

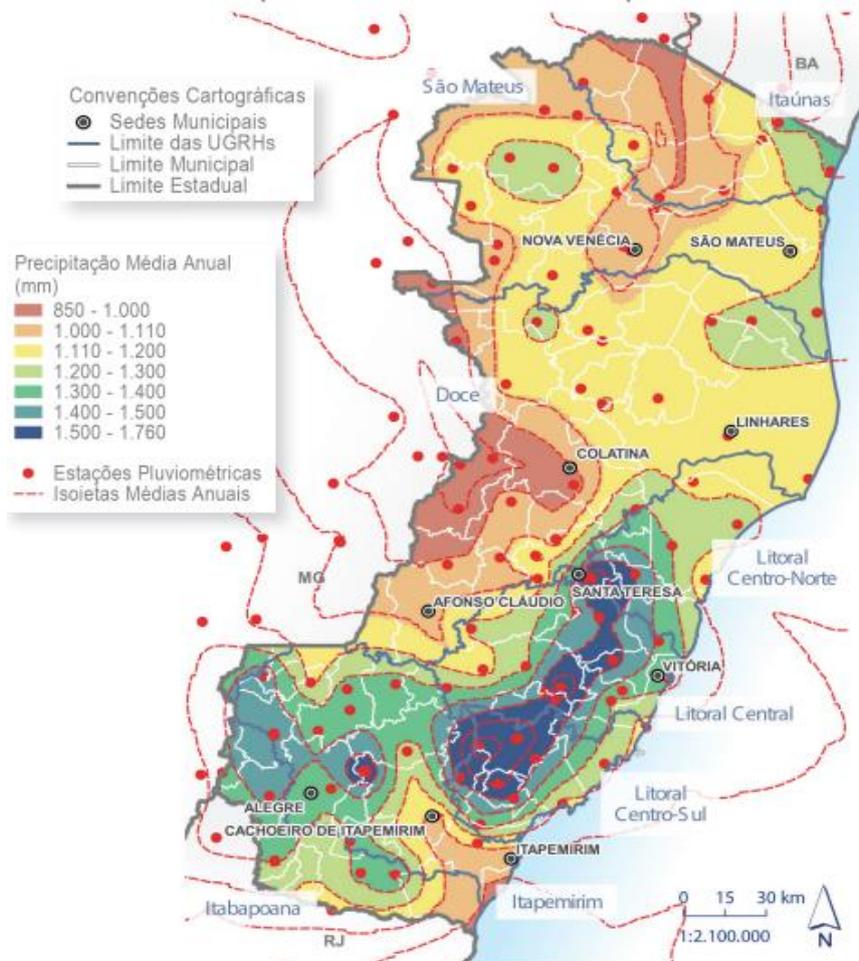
A permanência da piscicultura como atividade econômica no estado, dependerá da longevidade de seus recursos hídricos saudáveis (Junior, 2009). Conforme dito por Castellani & Barrella (2004), o tripé da aquicultura moderna é formado por produção lucrativa, preservação do meio ambiente e desenvolvimento social, tendo a proteção do meio ambiente como parte do processo produtivo.

Segundo o Plano Anual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (2019), os períodos secos e úmidos são distintos e variam ao longo do Estado. Os períodos secos ocorrem entre abril e setembro, enquanto os períodos úmidos entre outubro e março. Os índices de precipitação apresentados na Figura 3, representam a distribuição espacial total anual média do Estado. Nota-se que as cidades onde a precipitação é maior estão localizadas mais ao sul do Estado, com uma média entre 1.500 e 1.700 mm por ano, compreendendo uma zona mais úmida. Sendo assim, observa-se que muitas dessas cidades são as que mais realizam a atividade de piscicultura, como Santa Teresa, Domingos Martins e Marechal Floriano.

O Plano Anual de Recursos Hídricos do Espírito Santo ainda destaca que as médias de precipitação vão decrescendo em direção ao norte, onde se localiza uma zona seca na parte interior, com valores médios anuais abaixo de 1.200 mm. Nessa área, a cidade que mais realiza a atividade de piscicultura é Linhares, estando na faixa média de 1.110 a 1.200 mm anuais. Dados do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), apontam que entre os anos de 2015 e 2017, a microrregião centro-oeste do Estado registrou uma precipitação baixa que ocasionou em uma crise hídrica na região norte do Espírito Santo, prejudicando a produção da piscicultura (Mozer et al, 2021).

Baseando-se nestas questões, é importante ressaltar que mesmo com a piscicultura fazendo parte da aquicultura, prática considerada sustentável, ainda assim, apresenta pontos negativos com relação a preservação do meio ambiente. O manejo incorreto da inserção de nutrientes nos viveiros, acaba provocando a inserção de grande parte desses resíduos orgânicos no ecossistema, os tornando alvo da eutrofização, de odores desagradáveis, e proliferação de microrganismos patogênicos, como bactérias e vírus (Junior, 2009; Rosas & Ramírez, 2012; Quispesivana et al., 2016).

Devido a eliminação de efluentes provenientes da piscicultura, que não foram devidamente tratados, nos ecossistemas circundantes, ocorrem nestes ambientes, a queda na quantidade de oxigênio, dominância de cianobactérias e perdas na biodiversidade, resultando na mortalidade dos peixes, e mudanças na fauna bentônica e íctica, afetando todo o equilíbrio do meio (Lachi, 2006; Junior, 2009; Mal et al., 2014). Rocha e colaboradores (2012) informam em seu estudo que o lançamento de efluentes domésticos e industriais nos rios, provocam aumento na carga de nutrientes, turbidez da água, e em sua sedimentação. Como exemplo, os autores citam o rio Benevente presente no município de Anchieta, Espírito Santo, Brasil, onde há um extenso depósito de esgoto no corpo d'água que compromete toda a qualidade de cultivo de moluscos bivalves ali situados.

Figura 3 - Índices médios de precipitação Total média anual no Espírito Santo

Fonte: Adaptado de IEMA, 2009.

Sendo assim, é necessário que haja a conservação da água dos viveiros para que se possa ter uma piscicultura sustentável. Boyd & Queiroz (2001), Junior (2009), e Queiroz [s.d.], informaram que, para que a produção de peixes no Brasil ocorra de forma sustentável, é preciso que algumas diretrizes baseadas nas Boas Práticas de Manejo (BPM) sejam seguidas, Quadro 2.

Segundo o Incaper, o Espírito Santo, apesar de ter apresentado quantidades significativas de precipitação no sudeste do estado, condições de seca-fraca e moderada ainda são permanentes nas regiões centro-sul e norte do estado, respectivamente (Ferrari et al., 2021). Localizada na região norte, Linhares é considerada uma cidade com seca moderada. Dessa maneira, é aconselhável que os piscicultores da cidade se atentem e sigam às diretrizes baseadas nas BPM e nas demais recomendações aqui citadas, para que assim possam evitar problemas futuros relacionados à seca.

Normalmente, para manter uma boa qualidade da água, os produtores realizam trocas sucessivas ou contínuas da água, gerando maior demanda, e conseqüentemente, maior descarga de efluente. Avaliando esses aspectos, é importante estar ciente de que apesar da demanda crescer continuamente, a água é um recurso natural finito (Oliveira & Santos, 2015). Devido às secas e estiagens prolongadas, alguns piscicultores estão utilizando um método de tratamento com cal hidratado para equilibrar o pH dos açudes, aumentar a produção

e diminuir a demanda de água dos rios. Aplicando em torno de 20g por m², faz com que suba a alcalinidade do ambiente, e em consequência disso, o consumo de água para reposição caia (G1, 2021).

Quadro 2 - Boas Práticas de Manejo (BPM)

Boa conservação da Bacia Hidrográfica;
Instalações para eliminação de resíduos;
Descarte correto de peixes e camarões mortos;
Análises físico-químicas da água e dos sedimentos do fundo;
Implantar mecanismos de proteção para o escape de peixes;
Utilize fertilizantes químicos e evite o uso de esterco animal;
Faça o uso correto de fertilizantes, rações, materiais para calagem e terapêuticos;
Plante grama nas áreas internas e externas dos diques dos viveiros sujeitos a erosão, como também nas encostas adjacentes;
Aplique aeração mecânica adequada para manter o oxigênio dissolvido dentro das concentrações apropriadas;
Implante medidas de emergência em caso de baixas concentrações de oxigênio dissolvido, evitando grandes mortalidades;
Evite a drenagem durante o final da despesca e, se possível, reutilize a água para o abastecimento de outros viveiros e reservatórios;
Quando o alimento não consumido se acumula nos cantos dos tanques, remova manualmente;
Armazene os alimentos em recipientes secos e bem ventilados ou, se ensacados, em um local seco e bem ventilado;

Fonte: Adaptado de Boyd & Queiroz (2001), Junior (2009), e Queiroz [s.d.].

Levando em consideração que o excesso de alimento (natural ou artificial), seja o principal fator para a perda de qualidade da água, e eutrofização dos viveiros e dos efluentes despejados no ecossistema, Zimmermann & Fitzsimmons (2004), fazem algumas recomendações, para que se tenha o manejo adequado da alimentação nos sistemas semi-intensivo, como: observar o comportamento ativo dos peixes durante a alimentação, reduzir os níveis de alimento quando a temperatura cai abaixo de 18°C ou acima de 32°C, parar ou reduzir a alimentação em dias muito nublados e sem ventos, optar por uma ração de boa qualidade, e registrar a quantidade de ração oferecida a cada uso. Também se sugere, a utilização de aeradores, que irão permitir o cuidado necessário com o acúmulo de matéria orgânica e deterioração da água (Rosas & Ramírez, 2012; Honorato, 2019).

Além da quantidade de alimento, é importante que seja definido a capacidade suporte dentro de cada sistema semi-intensivo, para que não haja danos ao ambiente devido ao excesso de resíduos (Azevedo, 2012).

Com base no que já foi mencionado, para que se tenha uma boa produção, redução do potencial poluente, e um real entendimento sobre o impacto ocasionado ao meio ambiente, é necessário que se tenha um controle adequado da qualidade da água. Para isso, é essencial que o piscicultor adote as BPM, e respeite os limites empregados para as variáveis físico-químicas através de seu monitoramento (Cyrino et al., 2010; Fão, 2013; Barroso et al., 2016).

O emprego de biofiltros com plantas aquáticas, ou filtros de depuração, também auxiliam no controle da qualidade da água, assim como, a calagem, fertilização e limpeza (Macedo, 2004; Junior, 2009; Koche, 2013; Jesus et al., 2021). Dentre as espécies utilizadas como biofiltro, o aguapé (*Eichhornia crassipes*) é a mais eficiente, sendo capaz de remover metais pesados, nutrientes e matéria orgânica (Mal et al., 2014; Jesus et al., 2021). Macedo (2004) propõe alguns meios alternativos para o reaproveitamento da biomassa vegetal retirada após a limpeza dos sistemas de cultivo, como, produção de biogás, alimentação de ruminantes, fertilização do solo, formulação de rações, entre outros.

Todas essas medidas são fundamentais para que haja sustentabilidade da atividade, e controle e preservação da qualidade da água. Mesmo o Brasil tendo um grande volume de água doce, a diminuição destes recursos, está cada vez mais proeminente, devido aos efeitos resultantes das ações antrópicas, fazendo com que, a execução destas práticas seja imprescindível. O solucionamento destes entraves, irão garantir ao estado do Espírito Santo, uma melhor posição no “Ranking da Produção de Peixes de Cultivo”, pois, permitirá que o estado, desempenhe a proteção ambiental, tenha uma maior lucratividade, além de uma melhora no desenvolvimento social (Castellani & Barrella, 2004; Azevedo, 2012; Fan et al., 2017; Barroso et al., 2018; Brandão, 2018; Lopes et al., 2021).

4. Conclusão

Diante do exposto, os principais fatores que influenciam na escassez hídrica e na qualidade da água, dois dos entraves para a piscicultura semi-intensiva aqui apresentados, estão a falta de chuvas e o acúmulo de sedimentos e resíduos alimentícios, que, em consequência, levam ao processo de eutrofização. A presença destes entraves pode comprometer a saúde dos peixes, levando a total perda do cultivo, prejudicando a renda do piscicultor.

Desta forma, foram sugeridas algumas medidas para auxiliar os piscicultores capixabas a alavancar ainda mais este setor no estado. Dentre elas estão: as boas práticas de manejo; a utilização de técnicas para o aumento de alcalinidade, para que assim não seja mais necessária a reposição de água; respeitando a capacidade suporte empregada em cada viveiro escavado; a realização do monitoramento das variáveis físico-químicas da água e o controle adequado da alimentação. Ademais, sugere-se ainda, a realização de mais estudos relacionados à influência da precipitação com a realização das atividades de piscicultura, pois não foi possível inferir se havia uma relação direta entre ambos nos municípios do estado.

5. Agradecimentos

Ao Programa de Educação Tutorial - PET (MEC) pelo fomento à pesquisa, ensino e extensão e pelo financiamento.

6. Referências

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2020). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020. (**Informe anual**). Brasília, Brasil, p. 118.

- Azevedo, S. B. (2012). **Impactos da piscicultura intensiva sobre a qualidade da água de um reservatório no semiárido**. Dissertação de mestrado, Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil, 62.
- Barbosa, D. S., Oliveira, M. D., Nascimento, F. L., Silva, E. L. V. (2000). Avaliação da qualidade da água na piscicultura em tanques-rede, Pantanal, MS. **Anais do Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal**, Corumbá, MS, Brasil, 14.
- Barrero, N. M. L., Ribeiro, R. P., Povh, J. A., Vargas, L., Streit Jr, D. P. (2006). Tilapicultura semi-intensiva em tanques: Alternativas de fertilização e produção-Revisão. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, 9(1), 67-76.
- Barroso, R. M., Evangelista, B. A., Tahim, E. F., Tenório, R. A., Carmo, F. J., Sabbag, O. J. (2015). A Importância da Organização da Cadeia de Valor da Tilápia na Gestão da Crise Hídrica. **Embrapa Pesca e Aquicultura (Infoteca-e)**, p. 48.
- Barroso, R. M., Tenório, R. A., Tavares, F., Chicrala, P. S. M., Wiefels, R. C. (2016). Discussão sobre a regularização da piscicultura brasileira: da produção à comercialização. **Embrapa Pesca e Aquicultura (Infoteca-e)**, p. 68.
- Barroso, R. M., Muñoz, A. E. P., Tahim, E. F., Webber, D. C., Filho, A. C. A., Filho, M. X. P., Tenório, R. A., Carmo, F. J., Barreto, L. E. G. S., Muehlmann, L. D., Silva, F. M., Hein, G. (2018). Diagnóstico da cadeia de valor da tilapicultura no Brasil. **Embrapa Pesca e Aquicultura (Infoteca-e)**, p. 186.
- Brandão, C. S. (2018). **Perspectivas do desenvolvimento da Piscicultura no Brasil: Um enfoque na Produção de Tilápias nos Últimos dez anos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharel em Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, 58.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que 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**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em:
<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_ltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acessado em: outubro/2021. 2005.
- Boyd, C. E., & Queiroz, J. F. (2001). Feasibility of retention structures, settling basins, and best management practices in effluent regulation for Alabama channel catfish farming. **Reviews in Fisheries Science**, 9(2), 43-67.
- Carvalho, V. B., & Gonçalves, M. A. (2020). Elaboração dos planos de bacias hidrográficas no estado do Espírito Santo com parcerias institucionais participativas utilizando o gerenciamento de projetos. **Anais do VIII Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**, São Paulo, SP, Brasil, 15.
- Castellani, D., & Barrella, W. (2004). Caracterização da piscicultura na região do Vale do Ribeira-SP. **Ciência e Agrotecnologia**, 29, 168-176.

- Cavalcanti, L. D. (2019). **Relação parasito-hospedeiro-ambiente durante o ciclo de cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema semi-intensivo**. Dissertação de mestrado, Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil, 65.
- Cidade em Foco. (2021). **Produção de peixe cresce quase 6% em 2020 com alta do consumo durante pandemia**. Disponível em: <<https://www.cidadeemfoco.net/noticia/21890/producao-de-peixe-cresce-quase-6-em-2020-com-alta-do-consumo-durante-pandemia.html>>. Acesso em: 15/10/2021.
- Coelho, A. L. N. (2009). Bacia hidrográfica do rio Doce (MG/ES): Uma análise socioambiental integrada. **Geografares**, (7), 131-145.
- Cyrino, J. E. P., Bicudo, A. J. 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.
- Cyrino, J. E. P., Galvão, J. A., Sonoda, D. Y., Frascá-Scorvo, C. M. D. (2019). Aquicultura, segurança alimentar e qualidade do pescado: esclarecendo mitos e insinuações. **Aquaculture Brasil**, 21 ed, 11-16.
- Fan, K. C., Thomaz, M. A., Silva, T. T., Junior, J. R. T. S., Lanes, C. F. C., Souza, M. A. A. (2017). Piscicultura: Macrófitas no tratamento de efluentes e análise da qualidade da água. **Anais do 9º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA**, Rio Grande do Sul, RS, Brasil, 6.
- Faria, M. D. R. (2012). **Desempenho da traíra *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Characiformes, Erythrinidae) em cultivo semi-intensivo nas fases de crescimento e engorda**. Dissertação de mestrado, Biotecnologia, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil, 117.
- Fão, R. L. M. (2013). **Avaliação da qualidade da água de pisciculturas: sustentabilidade ambiental e tipo de exploração**. Dissertação de mestrado, Tecnologia Ambiental, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, SP, Brasil, 79.
- Feitoza, D. L. S. (2009). **Produção semi-intensiva de matrinxã (*Brycon amazonicum*) em viveiros semi-escavados na Região Amazônica**. Programa Institucional de Iniciação Científica, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil, 31.
- Ferrari, F. A., Ramos, H. E. A., Maia, I. F., Pantoja, P. H. B., Medeiros, T. T. B. (2021). Acompanhamento da Severidade da Seca Agosto/2021. **Informativo de Acompanhamento Mensal do Monitor de Secas no Espírito Santo**, p. 7.
- Ferreira, E. P., Loss, J. B., Barcellos, A., Ferreira, A. S. (2020). Crise hídrica na bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce – ES: Caracterização, avanços e desafios. **Revista Ifes Ciência**, 6(4), 114-131.
- Ferri, L. S., Rocha, W. S., Filho, M. S. P. B. (2018). Tendência e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos. **Incaper em Revista**, 9, 66-78.
- Finkler R. [s.d.]. A bacia hidrográfica. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**, p. 55. Disponível em: <https://planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf>. Acesso em: 11/12/2021.

G1 PR. (2021). **Técnica com cal hidratada melhora resultados da criação de tilápia no oeste do Paraná.** G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/caminhos-do-campo/noticia/2021/07/18/tecnica-com-cal-hidratada-melhora-resultados-da-criacao-de-tilapia-no-oeste-do-parana.ghtml>>. Acesso em: 06/10/2021.

Gil, A. C. (2017). **Como elaborar projetos de pesquisa** (6 ed). Atlas Ltda.

Honorato, C. A. (2019). Medidas para ampliação à sanidade na Piscicultura - A importância da alimentação de qualidade. **Realização**, 6(11), 34-43.

Igarashi, M. A. (2021). Aspectos do Potencial Econômico da Piscicultura, Contribuição e Perspectivas da Atividade para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil. **Revista Unimar Ciências**, 28(1), 1-2.

Incaper - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. (2017). **Tilápias, rãs, camarões e outros: a aquicultura em debate no Espírito Santo.** Espírito Santo. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/tilapias-ras-camaroes-e-outros-a-aquicultura-em-debate-no-espírito-santo>>. Acesso em: 11/09/2021.

Jesus, C. M., Bezerra, K. S., Santos, E. L. (2021). Estudo das espécies de peixes cultivadas no Núcleo de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. **Diversitas Journal**, 6(1), 137-162.

Junior, A. S. (2019). Análise de viabilidade técnica por comparação climática e proposta de implantação de barragem subterrânea em Colatina-ES. **Revista Ifes Ciência**, 5(1), 2-24.

Junior, H. M. (2009). **Caracterização da piscicultura do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e dos seus efluentes na despesca: Subsídios para a implementação das boas práticas de manejo da piscicultura no município de Rio Preto d EVA/AM.** Tese de doutorado, Biologia Tropical e Recursos Naturais. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, AM, Brasil, 202.

Köche, I. (2013). **Implantação de um sistema semi-intensivo de piscicultura como alternativa de renda em uma propriedade rural.** Projeto apresentado no curso de graduação de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, 21.

Lachi, G. B. (2006). **Qualidade da água e identificação da comunidade fitoplanctônica de um viveiro de piscicultura utilizado para irrigação.** Dissertação de mestrado, Microbiologia Agropecuária, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP, Brasil, 53.

Lopes, A. L., Dellova, D., França, D., Fonseca, F., Souza, F., Pisani, F., Boriello, G., Dias, I., Real, V. J., Lino, J., Albuquerque, L., Iglesias, R. (2021). Anuário Brasileiro da Piscicultura, **Anuário Peixe BR**, p. 71.

Lopes, J. C. O. (2012). Piscicultura. **Rede e-Tec Brasil**, p. 82. Disponível em: <http://www.proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1460/Piscicultura_Z_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19/10/2021.

Lopes, J. M., Santos, M. D. C., Gomes, A. M. N., Pinto, F. E. N., Sousa, A. W. S., Marques, N. C. (2020). Caracterização da piscicultura familiar na região do baixo Parnaíba - Araisos/MA. **Revista Eletrônica de Extensão**, 17(36), 41-60.

Macedo, C. F. (2004). **Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo**. Tese de doutorado, Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil, 150.

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

Mal, R., Sampaio, P. R. I., Parolin, P. (2014). Biofilter efficiency of *Eichhornia crassipes* in wastewater treatment of fish farming in Amazonia. **Phyton, International Journal of Experimental Botany**, 84(1), 244-251.

Millani, T. J. (2007). **Subsídios à avaliação do ciclo de vida do pescado: Avaliação ambiental das atividades de piscicultura e pesque-pague, estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu**. Dissertação de mestrado, Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil, 150.

Mozer, T. M., Pinho, L. G. R., Silva, T. C. (2021). Estrutura Produtiva da Microrregião do Centro-Oeste do estado do Espírito Santo. **Revista Ifes Ciência**, 7(2), 1- 26.

Nakauth, A. C. S. S., Nakauth, R. F., Nóvoa, N. A. C. B. (2015). Caracterização da piscicultura no município de Tabatinga-AM. **Revista Igapó-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, 9(2), 54-64.

ND Mais. (2014). **Calor e falta de chuva afeta produção de piscicultores em Joinville**. Joinville, SC, Brasil. Disponível em: <<https://ndmais.com.br/tempo/calor-e-falta-de-chuva-afeta-producao-de-piscicultores-em-joinville>>. Acesso em: 06/10/2021.

Neta, M. E. S. (2015). **Piscicultura no açude Castanhão em Jaguaribara, Ceará. Uma avaliação econômica, social e ambiental**. Dissertação de mestrado, Economia Rural, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, 72.

Oliveira, A. S. C. (2011). **Perfil da piscicultura na mesorregião sudoeste Paraense**. Dissertação de mestrado, Ciência Animal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil, 73.

Oliveira, A. S., Souza, R. A. L., Melo, N. F. A. C. (2015). Estado da Arte da Piscicultura na Mesorregião Sudoeste Paraense-Amazônia Oriental. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, 14(1), 33-38.

Oliveira, E. G., & Santos, F. J. S. (2015). Piscicultura e os Desafios de Produzir em Regiões com Escassez de Água. **Ciência Animal**, 25(1), 133-154.

Paredes-López, D., Robles-Huaynate, R., Rebaza-Alfaro, C., Delgado-Ramírez, J., Aldava-Pardave, U. (2021). Effect of stocking density of juvenile *Arapaima gigas* on rearing water quality hematological and biochemical profile, and productive performance. **Latin american journal of aquatic research**, 49(2), 193-201.

Pérez, M., Saenz-Ramos, M. I., Martínez, E. (2015). Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. **Revista Científica de la UNAN-León**, 6(1), 72-79.

PERH/ES - Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo. (2018). Documento Consolidado do Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Caderno Diagnóstico**, p. 231.

Pinheiro, E. T., Moura-Fé, M. M., Nadea, J. (2021). A produção da piscicultura no município de Orós, estado do Ceará. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, 12(1), 226-241.

Planello, D. R. F., Coelho, S. R. C., Nunes, R., Gameiro, A. H. (2016). Mercado da tilápia no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, 46(5), 36-51.

Porto, M. F. A., & Porto, R. L. L. (2008). Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, 22(63), 43-60.

Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico** (2 ed). Novo Hamburgo: Feevale, p. 277.

Queiroz, J. F. [s.d.]. BMP – Boas Práticas de Manejo para a Aquicultura. **Boas Práticas Agrícolas: Embrapa**, p. 7.

Quispesivana, V. W., Talavera, N. M., Inga, G. M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa-Puno. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, 82(1), 15-28.

Rocha, K. S., Silva, R. V., Freitas, R. R. (2012). Uma análise da percepção ambiental e transformação socioeconômica de uma comunidade de pescadores artesanais em região estuarina no sudeste do Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 12(4), 535-543.

Rosas, R. E. A., & Ramírez, L. F. B. (2012). Cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en un sistema con agua de mar recirculada, como alternativa a los cultivos semi-intensivos tradicionales. **Biotecnia**, 14(3), 16-24.

Sátiro, T. M., Neto, K. X. C. R., Delprete, S. E. (2018). Aquaponia: Sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 11(1), 38-54.

Schulter, E. P., & Filho, J. E. R. V. (2017). Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. **Texto para Discussão**, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), p. 43.

Silva, A. E. C. (2019). **Sistemas de produção na piscicultura**. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharel em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE, Brasil, 28.

Silva, F. N. L., Medeiros, L. R., Costa, M. S. M., Macedo, A. R. G., Brandão, L. V., Souza, R. A. L. (2017). Qualidade da água proveniente de poço artesiano em viveiro de piscicultura. **Pubvet**, 11, 646-743.

Silva, R. V. (2021). **Práticas de ensino sobre a temática água: Investigação da ação pedagógica dos professores de escolas estaduais de Santa Teresa – ES, sobre o olhar do contexto local**. Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa, ES, Brasil, 39.

Simões, F. S., & Yabe, M. J. S. (2007). Avaliação do efeito da piscicultura em sistemas aquáticos em Assis e Cândido Mota, São Paulo, por indicador de qualidade da água e análise estatística multivariada. **Química Nova**, 30, 1835-1841.

Siqueira, T. V. (2017). Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. **Boletim regional, urbano e ambiental**, 17, 53-60.

Siqueira, T. V. (2018). Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, 25(49), 119-170.

Souza, A. C. B. (2021). **Importância das boas práticas de manejo sanitário na piscicultura de água doce**. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharel em Zootecnia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, 41.

Souza, A. T. A., Néri, J., Neto, J. B. (2018). A crise hídrica no Espírito Santo: tecnologias integradas ao ensino para o desenvolvimento de uma conscientização sustentável. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, 35(1), 42-57.

Takahashi, L. D. S., Silveira, C. S., Júnior, F. C. V. (2020). Escassez de Água e Seus Impactos Socioeconômicos na Piscicultura Familiar em Tanques-redes no Açude Castanhão no Município de Jaguaribara no Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 13(5), 2476-2490.

Torres, I. A., Silva, T. M. F., Rodrigues, L. S., Silva, I. J., Costa, T. A., Soto-Blanco, B., Melo, M. M. (2017). Avaliação físico-química de amostras de água, sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 22, 773-780.

Urbinati, E. C., & Carneiro, P. C. F. (2004). **Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura intensiva**.

Valenti, W. C. (2002). Aquicultura Sustentável. **Anais do 12^a Congresso de Zootecnia**, Vila Real, Portugal, 111-118.

Zandonadi, F. (2020). **Tilápia, a rainha da piscicultura capixaba**. Conexão Safra. Disponível em: <<https://www.safraes.com.br/anuario-agro-capixaba/tilapia-rainha-piscicultura-capixaba>>. Acesso em: 11/09/2021.

Zanetti, S. S., Andrade, M. S. S., Cecílio, R. A. (2020). Green Water Footprint and Sustainability for Espírito Santo State. **Revista Engenharia na Agricultura**, 28, 24-36.

Zimmermann, S., & Fitzsimmons, K. (2004). **Tilapicultura intensiva**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Zimmermann/publication/272814655_Tilapicultura_Intensiva/links/5728b1da08ae057b0a032f8c/Tilapicultura-Intensiva>. Acesso em: 12/09/2021.