


Aquicultura de águas interiores: O papel das boas práticas de manejo e o uso de ecotecnologias visando a sustentabilidade da atividade

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.008-003>

João Alexandre Saviolo Osti

Doutor, Professor no Programa de Pós-graduação -
Mestrado em Análise Ambiental, Universidade
Guarulhos - UNG, Guarulhos, Brasil
E-mail: jale.osti@gmail.com

Cacilda Thais Janson Mercante

Doutora, Pesquisadora no Instituto de Pesca – Agência
Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA),
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de
São Paulo, São Paulo, Brasil
E-mail: cacilda.mercante@sp.gov.br

RESUMO

Sabe-se que a saúde dos peixes e outros organismos aquáticos dependem de água de boa qualidade e em quantidade adequada, a sua manutenção é preocupação constante na aquicultura, pois afetam diretamente o desempenho produtivo, como na sobrevivência, crescimento, reprodução e na susceptibilidade às doenças, fato que compromete o sucesso econômico. Cada vez mais é discutido o conceito de “Aquicultura Sustentável” ou “Aquicultura Responsável”, que designa a forma desejável de se produzir pescado no meio aquáticos, com racionalidade ambiental, econômica, social e política. Neste sentido, neste capítulo são abordados os aspectos legais da aquicultura, os principais impactos causados pela atividade, a adoção das boas práticas de manejo e o uso de ecotecnologias visando a sustentabilidade da atividade.

Palavras-chave: Aquicultura sustentável, Efluente, Fósforo, Legislação, Meio ambiente, Qualidade da água.



1 INTRODUÇÃO

A aquicultura (produção de organismos aquáticos) é um setor econômico em expansão global devido à capacidade de produzir alimentos saudáveis e nutricionalmente ricos, sendo fonte primária de proteínas em muitos países (FAO, 2020). No Brasil, o setor aquícola se desponta frente à outras atividades de produção animal, somente entre os anos 2014 e 2023 a taxa de crescimento da atividade foi 5,33% (Peixe-Br, 2024), devendo ser considerada como uma realidade e não mais uma atividade com potencial futuro de crescimento, gerando para o Brasil uma receita direta anual superior a um bilhão de dólares (Valenti et al., 2021).

Embora seja impossível produzir pescado sem provocar alterações ambientais, o desafio atual da aquicultura é o de se desenvolver reduzindo ao máximo este impacto. Não se concebe o desenvolvimento de técnicas de manejo para aumentar a produtividade sem avaliar os impactos produzidos, devendo se entender que a preservação ambiental é parte do processo produtivo (Valenti et al., 2018).

As atividades de aquicultura podem afetar o ambiente de forma mais ou menos intensa, de acordo com a modalidade com a qual o cultivo é praticado: Extensiva, Semi-intensiva, Intensiva e superintensiva. Os problemas ambientais potencialmente associados às criações de organismos aquáticos, são: Alteração da paisagem com a conversão de áreas preservadas para a implantação dos empreendimentos; Deterioração da qualidade da água principalmente devido as sobras de ração; Impactos sobre a diversidade aquática. Desta forma, as medidas de mitigação dos problemas ocasionados pela aquicultura podem ser divididas em ações anteriores e posteriores ao início da produção.

Nesse sentido, cada vez mais é discutido o conceito de “Aquicultura Sustentável” ou “Aquicultura Responsável”, que designa a forma desejável de se produzir pescado no meio aquáticos, com racionalidade ambiental, econômica, social e política.

O presente capítulo é dirigido a estudantes de graduação e pós-graduação de diferentes áreas do conhecimento, como: ciências ambientais, ciências biológicas, engenharia agrônômica, engenharia de pesca, medicina veterinária, zootécnica, entre outros cursos correlatos, bem como para profissionais da área de aquicultura. Os próximos itens abordarão aspectos gerais dos impactos causados pela atividade de aquicultura, a adoção das boas práticas de manejo e o uso de ecotecnologias visando a sustentabilidade da atividade.

2 A AQUICULTURA E A SUSTENTABILIDADE

A aquicultura sustentável pode ser definida como a produção lucrativa de organismos aquáticos, mantendo uma interação harmônica duradoura com os ecossistemas e as comunidades



locais, devendo ser avaliada nas dimensões ambiental, econômica e social, as quais são indissociáveis e essenciais para uma atividade perene (Valenti, 2008).

A aquicultura apresenta algumas características que a designam a ser sustentável, uma vez que o custo de investimento é relativamente baixo e a produtividade elevada, que representa capacidade de ampliar a produção de alimentos de forma significativa, contribuindo, assim, para a maior segurança alimentar no mundo (Siqueira, 2017). Por ser uma atividade de baixo custo de implantação e operacional, bem como de tecnologia acessível, a aquicultura apresenta-se como uma alternativa para geração de emprego e renda de forma competitiva em regiões menos desenvolvidas (Siqueira, 2017). Ainda cabe destacar, que no estado de São Paulo, por meio do art. 1º do decreto estadual nº 60.582 de 27 de junho de 2014, o reconhecimento da atividade de aquicultura como de interesse social e econômico (São Paulo, 2014).

Sabendo-se que a saúde dos peixes e outros organismos aquáticos dependem de água de boa qualidade e em quantidade adequada, a sua manutenção é preocupação constante na piscicultura, pois afetam diretamente o desempenho produtivo, como na sobrevivência, crescimento, reprodução e na susceptibilidade às doenças, fato que compromete o sucesso econômico (Boyd, 1990; Mercante et al., 2020a).

Além da preocupação constante com a qualidade da água para o sucesso da produção, há também a preocupação com os impactos que a atividade pode causar no corpo hídrico receptor devido aos resíduos descartados via efluente (Mercante et al., 2020a). Esses impactos dependem das espécies cultivadas, do método de cultivo, da hidrografia da região, do tipo de alimento fornecido e das práticas de manejo (Cao et al., 2007). Neste sentido, no Brasil, os estados têm intensificado cada vez mais o monitoramento e controle da qualidade da água, fato que vem levado a readequação das exigências legais (Mercante et al., 2020b).

3 ASPECTOS LEGAIS DA AQUICULTURA BRASILEIRA

Na legislação brasileira, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), colegiado federal do Ministério do Meio Ambiente, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes por meio das resoluções 357/2005 e 430/2011 e suas alterações (Brasil, 2005; 2011), ou seja, regulamenta o limite permitido das concentrações de nutrientes no efluente descartado de acordo com o enquadramento do corpo hídrico.

No âmbito do Estado de São Paulo por meio do Decreto Estadual 62.243 de 01 de novembro de 2016 (São Paulo, 2016), dispõe-se as regras e procedimentos para o licenciamento ambiental da aquicultura paulista. Particularmente, o referido Decreto foi elaborado visando promover ações para fortalecer e incentivar a aquicultura paulista que cresceu nos últimos anos. Tais medidas permitem a

regularização das atividades aquícolas possibilitando que os pequenos produtores paulistas deixem a informalidade e passem a trabalhar de forma segura, de acordo com as legislações vigentes (Mercante et al., 2020b). Piscicultores, ranicultores, maricultores, algicultores entre outros produtores de organismos aquáticos do Estado de São Paulo podem realizar a regularização de suas atividades por meio da Declaração de Conformidade da Atividade de Aquicultura (DCAA) (São Paulo, 2016).

Neste contexto, o manual técnico elaborado por Secanho et al. (2022), traz de forma extensiva e com linguagem acessível as etapas do licenciamento ambiental da aquicultura no estado de São Paulo, com informações que abrangem desde a necessidade, ou não, do licenciamento ambiental de acordo com o porte da produção, passando pelas diferentes etapas do processo de autorização e/ou regularidade da atividade.

A busca por uma produção sustentável, que alie a celeridade necessária para uma produção economicamente viável, sem comprometer os devidos cuidados com a qualidade ambiental, é o grande desafio das novas políticas públicas. Nesse sentido, as diretivas apresentadas acima podem ser consideradas como um avanço para a sustentabilidade da atividade, entretanto, o controle da qualidade da água, em quantidade e qualidade, e o controle do lançamento dos efluentes oriundos dos sistemas produtivos, ainda são um grande desafio para o produtor.

Nos sistemas escavados (viveiros e tanques), o controle do lançamento de efluentes segue as normas das resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 e suas alterações, trazendo diretrizes sobre os parâmetros de qualidade de água a serem atendidos para o lançamento dos resíduos líquidos oriundos da atividade. Atualmente, atender estes padrões estabelecidos pela legislação vigente tem sido um entrave para a regularização ambiental, notadamente, para os pequenos e médios produtores, que necessitam cada vez mais de ferramentas para desenvolver uma atividade mais produtiva, com o menor impacto ambiental possível. Neste sentido, são cruciais o desenvolvimento e a popularização da inserção das boas práticas de manejo ao longo do processo produtivo, bem como no desenvolvimento de tecnologias *eco-friendly* que estejam voltadas a sustentabilidade ambiental da atividade.

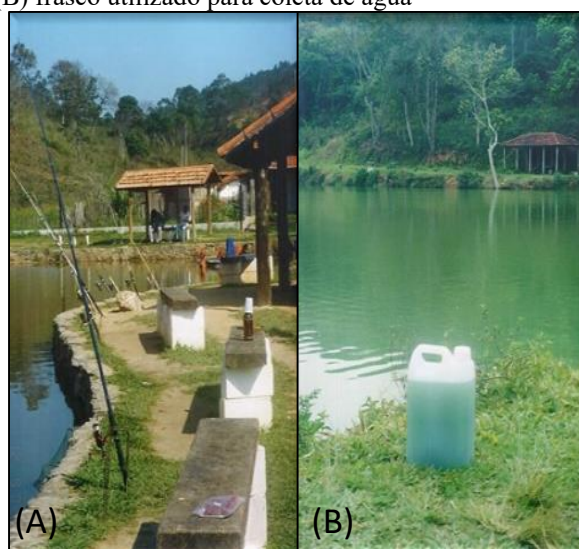
4 AS BOAS PRÁTICAS DE MANEJO NA AQUICULTURA

O manejo hídrico inadequado pode desencadear o processo de eutrofização artificial, gerando uma reação em cadeia, quebrando a estabilidade do sistema, uma vez que os fatores atuam de modo interligado, afetando o sucesso do empreendimento (Vinatea, 1997; Sipaúba-Tavares et al., 1998). De acordo com Boyd (1990), a eutrofização em sistemas de produção ocorre devido ao excesso de alimento ofertado aos peixes o qual não é totalmente consumido ocasionando sobras de alimento e, portanto, acúmulo de matéria orgânica na água

O sucesso econômico desta atividade, segundo Eler et al. (2001), depende da boa manutenção da qualidade da água, sendo que esta qualidade pode ser influenciada por diversos fatores, mas principalmente pelo manejo alimentar.

Estudos realizados em pesqueiros (Figura 1) situados na região metropolitana de São Paulo indicaram elevado grau de deterioração da água, sugerindo entre outros fatores, que o manejo empregado promoveu intenso processo de eutrofização nesses locais (Mercante et al., 2005; Mercante et al., 2007). Ainda com relação aos aspectos sanitários verificou-se presença de cianotoxinas (toxinas produzidas pelas cianobactérias) em 60% dos pesqueiros, fato relacionado, entre outros, às elevadas concentrações de fósforo presentes na água (Honda et al., 2006), devido ao manejo inadequado.

Figura 1 – Pesqueiros localizados na região metropolitana de São Paulo. (A) destaque do pesqueiro e apetrechos de pesca utilizados pelos frequentadores; (B) frasco utilizado para coleta de água



Fonte: Autoria própria

Em comparação com outros macronutrientes necessários à vida aquática, o fósforo é o que ocorre em menor abundância, portanto, ele é considerado o elemento limitante à produtividade biológica (Wetzel, 1993). Além disso, este elemento é um dos principais responsáveis pela eutrofização artificial.

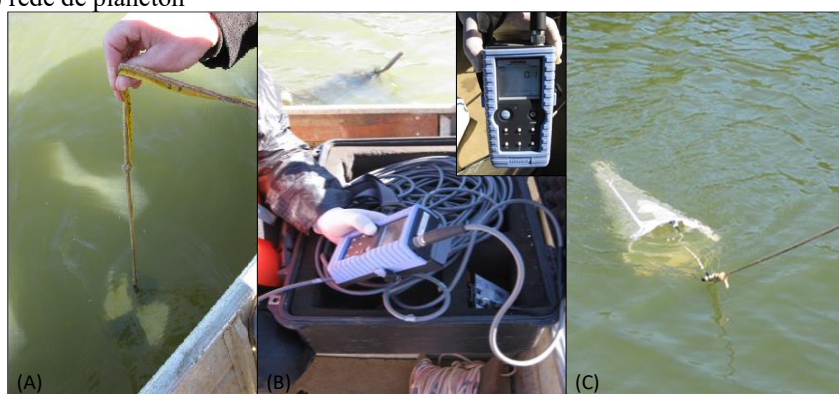
Outro elemento de larga importância para o metabolismo de sistemas aquáticos é o nitrogênio. Este elemento participa na formação de proteínas, e assim como o fósforo, atua também como fator limitante na produção primária (Wetzel, 1993).

O incremento de nitrogênio no meio também pode ocorrer devido às excretas dos animais, à aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais, como o sulfato de amônio, ao nitrato de amônio e aos fosfatos monoamônicos e diamônicos. Quando há grande concentração de nitrogênio orgânico no substrato aquático, este é liberado para a água sob a forma de amônia, e esta é muito tóxica para os organismos aquáticos (Sipaúba-Tavares et al., 1998).

A assimilação de amônia, nitrato e fósforo pelo fitoplâncton pode acarretar crescimento descontrolado desta comunidade, provocando florações de algas no ambiente (Paerl; Tucker, 1995).

Para o controle da qualidade da água na criação de peixes é fundamental o monitoramento das variáveis físicas (ex.: temperatura; turbidez, transparência da água “disco de secchi”), químicas (ex.: pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, íon amônia) e biológicas (ex.: fitoplâncton e zooplâncton) (Figura 2). E a compreensão da relação entre estas variáveis, juntamente com a aplicação das boas práticas de manejo, torna-se ferramenta útil com vistas à sustentabilidade ambiental.

Figura 2 – Equipamentos utilizados no monitoramento da qualidade da água. (A) disco de Secchi; (B) sonda de multiparâmetros; (C) rede de plâncton



Fonte: Autoria própria

Segundo princípios gerais do “Code of conduct for responsible fisheries” FAO (1997), os Estados devem produzir e regulamentar estratégias de desenvolvimento da aquicultura como requisitos para assegurar seu desenvolvimento ecologicamente sustentável permitindo o uso racional das fontes em seus diferentes usos. No Brasil, aderente à esta demanda mundial, foi publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA em 2022 o “Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo” (Barcelos et al., 2022), com informações que transcendem desde o bem-estar em peixes, sanidade, fisiologia, qualidade da água, instalações até aspectos da nutrição e manejo alimentar. Para os referidos autores, a manutenção da qualidade da água em níveis adequados à produção está forte e diretamente concatenada com o bem-estar dos peixes e relacionado com a “Liberdade Ambiental”, que preconiza que os animais devem permanecer em condições livres de desconforto.

As boas práticas de manejo devem considerar diversos aspectos que envolvem tanto à produção de peixes como a manutenção de peixes em viveiros visando práticas esportivas como pesque e solte ou pesqueiros para recreação e consumo. A implantação de boas práticas de manejo tem por finalidade garantir uma boa qualidade da água preservando a saúde e bem-estar dos animais bem como controlando o impacto gerado no corpo hídrico receptor advindo do lançamento do efluente.

As boas práticas envolvem a elaboração de projetos de implantação que considerem o manejo hídrico com monitoramento e controle da vazão e do tempo de residência da água. E manejo alimentar

que envolve o controle eficaz da entrada de nitrogênio e fósforo advindo do alimento e da fertilização. Nesse sentido a conversão alimentar é importante fator para o controle da poluição considerando-se que somente cerca de 30% do alimento ofertado é consumido pelos peixes e 70% ficam na água sendo ou assimilado pelo fitoplâncton ou depositado no fundo dos viveiros (Frasca-Scorvo et al., 2013; Moraes et al., 2016; David et al., 2017; Osti et al., 2018a). Portanto, a densidade de peixes por área de produção associada à fase de crescimento deve ser considerada para a prática do arraçamento. Com isso, pode-se reduzir drasticamente as concentrações de fósforo e nitrogênio na água evitando processos intensos de eutrofização os quais causam prejuízos tanto ambientais quanto de saúde aos animais.

Os procedimentos para reduzir o nitrogênio e os níveis de fósforo na água de sistemas de produção são necessários para o controle da eutrofização, minimizando o impacto sobre o meio ambiente (Pereira et al., 2012; Alexander et al., 2016). Assim, o monitoramento e manutenção da qualidade da água em níveis adequadas para a criação é fundamental para o sucesso produtivo e pode ser um dos maiores obstáculos para a regularização dos empreendimentos aquícolas, assim o controle provindo do conhecimento sobre a qualidade da água, com a interação entres os fatores físicos, químicos e biológicos, devem ser considerados como um aliado do produtor.

5 ECOTECNOLOGIAS VOLTADAS A MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA

As técnicas de tratamento recomendadas para os efluentes de aquicultura são dependentes da composição e do volume gerado nos diferentes sistemas de produção. A qualidade do efluente gerado pode variar entre aquele produzido no sistema extensivo e intensivo, dependendo das características do cultivo. O sistema intensivo de cultivo é caracterizado pela elevada densidade de estocagem e dependência total do alimento exógeno, sendo inclusive desconsiderada a produção natural de alimento do viveiro. A quantidade de alimento deve ser aumentada de acordo com o crescente consumo, ou seja, regulada conforme o tamanho dos peixes, a densidade de estocagem e a temperatura da água. Desta forma, é utilizada uma grande taxa de renovação de água para a retirada dos metabolitos e resíduos alimentares presentes na água.

A elevada densidade de estocagem de peixe exige que uma grande quantidade de alimento artificial seja introduzida diariamente aos sistemas de produção, gerando uma quantidade proporcional de matéria orgânica formada por fezes e restos de alimento. A maior parte da matéria orgânica produzida no sistema de cultivo se encontra na forma particulada e apresenta um pequeno tempo de sedimentação, sendo acumulada no fundo do sistema ou lançada para o corpo d'água receptor.

No Brasil são raros os estudos desenvolvidos com a finalidade de gerar tecnologias adequadas e eficientes para reduzir ou melhorar a qualidade do efluente. Tais tecnologias incluem sistemas integrados aquicultura-agricultura, sistema integrados multitrófico em aquicultura (IMTA), sistema de

recirculação (RAS), bioflocos (BFT), filtração natural (*wetlands* construídas), tanques de sedimentação, entre outros (Tucker; Hargreaves, 2003; Henares et al., 2020). Atualmente, o desenvolvimento e adoção destes sistemas visam atender às exigências das novas legislações e às pressões de órgãos ambientais e da própria sociedade.

A ecotecnologia de filtração natural (*wetland* construída - WC) é uma opção na escolha de tratamento de efluentes líquidos gerados por viveiros de criação. As WCs são sistemas desenhados e construídos para o tratamento de efluentes a fim de utilizar processos naturais na remoção de poluentes (Kivaisi, 2001). Nesses sistemas, as macrófitas aquáticas exercem um importante papel na remoção de nutrientes por assimilação, além de fornecerem substrato para o desenvolvimento de microrganismos que atuam na mineralização da matéria orgânica e na absorção de nutrientes (Brix, 1997; Sipaubatavares et al. 2015). Destaca-se também que outros processos ocorrem nestes sistemas de tratamento e contribuem para a remoção de nutrientes do efluente, como a sedimentação, precipitação química e transformações bioquímicas (ex. amonificação e desnitrificação) (USEPA, 2000; Braskerud, 2002).

Uma síntese com as principais formas de WCs desenvolvidos para o tratamento de efluentes foi elaborado por Salati et al. (2009). Na aquicultura, as WCs têm se mostrado uma alternativa economicamente interessante, pois apresentam baixo custo para confecção e de simples operação e manutenção, e apresentam grande eficiência na remoção de matéria orgânica de viveiros de aquicultura (Lin et al., 2005; Henry-Silva; Camargo, 2008; Carballeira et al., 2016; Osti et al., 2018b).

Um dos grandes desafios desta tecnologia, está no dimensionamento da WC, fato que é fundamental para o planejamento e a determinação da viabilidade do uso desta tecnologia (Camargo; Henares, 2014). Por exemplo, o trabalho de Biudes (2007) conclui que a área necessária para tratar o efluente do viveiro de reprodutores de *Macrobrachium rosenbergii* com macrófitas aquáticas flutuante (*Eichornia crassipes*) numa taxa de renovação da água do viveiro de 10% ao dia, corresponde a aproximadamente 10% da área superficial do viveiro. Este mesmo autor mostra em seu trabalho que a fase em que a macrófita apresenta a melhor taxa de absorção de nutrientes corresponde a aproximadamente quando a mesma se encontra na densidade entre 5 e 25 kg de massa fresca/m².

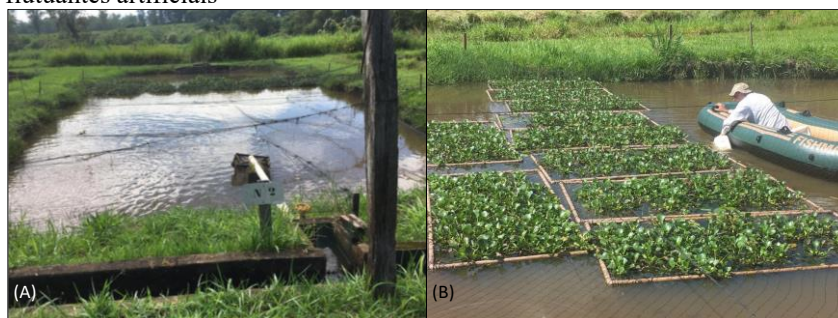
A necessidade de uso de ao menos 10% da área de produção para implantação das WCs visando neutralizar os efeitos da atividade sobre os recursos hídricos, pode ser uma barreira para a viabilidade econômica da atividade, pois pode ser necessária a conversão de áreas preservadas ou a destinação da área de produção para a implantação das WCs.

Tecnologias alternativas as WCs tem sido adotada em diferentes regiões com a finalidade de controle da poluição, denominadas ilhas flutuantes artificiais (IFAs) as quais são projetadas para flutuar na superfície da água com flutuadores e estruturadas para estabilizar as raízes das plantas e os caules subterrâneos. Macrófitas são plantadas sobre as estruturas, que funcionam de forma semelhante aos tapetes flutuantes naturais. O uso de sistemas de ilhas flutuantes artificiais (IFAs) tem sido testado no

controle de resíduos de atividades como: suinocultura (Hubbard et al., 2004); nos sistemas de drenagem de água pluviais (Headley; Tanner 2008; Lynch et al., 2015); em locais de bacias de drenagem de minas ácidas (Gupta et al., 2020). Recentemente uma adaptação dessa tecnologia foi idealizada com o objetivo de testar a eficiência de ilhas flutuantes artificiais para o tratamento de efluentes de tilapicultura (Osti et al., 2020), como pode ser visto na Figura 3. Os referidos autores construíram estruturas de canos de PVC de 2 m² cada e as colonizaram com macrófitas livres flutuantes (*Eichhornia crassipes*) as quais ocuparam 10% da área do viveiro de produção de tilápias. Os resultados demonstraram que a estrutura foi eficiente na remoção de nitrogênio e fósforo reduzindo a carga lançada pelo efluente advindo da piscicultura.

Em comum, os estudos mostram que as ecotecnologias de WCs e IFAs são uma opção viável econômica e ambientalmente na remoção de nutrientes e metais da água e/ou na retenção do material particulado em suspensão. Entretanto, o dimensionamento e a viabilidade econômica destes sistemas de tratamento ainda são desafios a serem superados visando a sustentabilidade ambiental da aquicultura.

Figura 3 – Viveiros de engorda de tilápias. (A) detalhe do viveiro com o sistema de ilhas flutuantes artificiais; (B) detalhe dos sistemas de ilhas flutuantes artificiais



Fonte: Autoria própria

6 CONCLUSÕES

A adoção das boas práticas de manejo, que vai desde a correção do solo, monitoramento contínuo da quantidade e qualidade da água, o uso de ração de boa qualidade e ofertadas em quantidades adequadas, entre outras ações que podem e devem ser seguidas pelo produtor, visam o desenvolvimento sustentável da atividade. Nas últimas décadas, tem-se buscado sistemas de produção aquícola com melhores tecnologias visando reduzir o impacto gerado sobre o meio ambiente, no entanto, considerando o estado da arte das pesquisas desenvolvidas no Estado de São Paulo, observamos a escassez de pesquisas sobre tecnologias alternativas de baixo custo e viável ao pequeno e médio produtor visando a redução ou tratamento de efluentes e escapes da piscicultura. Dentro do Plano Estadual de Aquicultura Paulista estas questões foram elencadas como prioridade para atendimento à legislação ambiental vigente, recomendando-se o uso de novas tecnologias para o tratamento de efluentes gerados pela aquicultura. Destacando-se que essas estratégias devem



considerar as condições específicas de cada sistema de produção, onde as restrições de espaço e fluxos elevados de água devem ser contempladas. Em síntese, muito embora tenhamos pesquisas desenvolvidas nesse tema, conclui-se que existe a necessidade de elaboração de um pacote tecnológico com base na sustentabilidade para o tratamento do efluente de aquicultura. Este pacote deverá considerar tanto as boas práticas de manejo, como a dimensão, custo e eficiência do tratamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, concedido para os auxílios regulares dos processos: 2001/04081-8; 2005/05180-0; 2008/57778-0 e 2018/12664-4.



REFERÊNCIAS

ALEXANDER, K. A.; ANGEL, D.; FREEMAN, S.; ISRAEL, D.; JOHANSEN, J.; KLETOU, D.; MELAND, M.; PECORINO, D.; REBOURS, C.; ROUSOU, M.; SHORTEN, M.; POTTS, T. Improving sustainability of aquaculture in Europe: stakeholder dialogues on integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Environ. Sci. & Policy*, vol. 55, no. 1, p. 96-106, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.006>

BARCELLOS, L. J. G.; BUSS, L. P. Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento - MAPA, Brasília – 31 2022. Disponível em: https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/educacao-sanitaria/files/Manual_BP_cultivo_ISBN_ok2compressed-1.pdf. Acesso em: 28 fev. 2023.

BIUDES, J. V. Uso de Wetlands construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura. 103 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura. 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/100226>.

BOYD, C. Water quality in ponds for aquaculture. London: Birmingham Publishing, 1990. 482p.

BRASIL. 2005. Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente no. 357, de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

BRASIL. 2011. Resolução CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente no. 430, de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. Brasília, DF.

BRASKERUD, B. C. Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecol. Eng.* vol. 18, p. 351–370. 2002.

BRIX, H. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Sci. Technol.*, vol. 35, p. 11-17, 1997.

CAO, L.; WANG, W.; YANG, Y.; YANG, C.; YUAN, Z.; XIONG, S.; DIANA, J. Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 14, p. 452-462, 2007. <http://dx.doi.org/10.1065/espr2007.05.426>

CARBALLEIRA, T.; RUIZ, I.; SOTO, M. Effect of plants and surface loading rate on the treatment efficiency of shallow subsurface constructed wetlands. *Ecological Engineering*, vol. 90, p. 203-214. 2016. <https://doi.10.1016/j.ecoleng.2016.01.038>

DAVID, F.S.; PROENÇA, D.C.; VALENTI, W. C. Phosphorus budget in integrated multitrophic aquaculture systems with Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2017.

FAO. Aquaculture development. Roma. 40p. 1997.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Rome: FAO, 2020.

FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO-FILHO, J. D.; ALVES, J. M. C. Manejo alimentar e tanques rede. *Pesquisa & Tecnologia*, vol. 10, no. 2, p. 1-7. 2013.

GUPTA, V.; COURTEMANCHE, J.; GUNN, J.; MYKYTCZUK, N. Shallow floating treatment wetland capable of sulfate reduction in acid mine drainage impacted waters in a northern climate.

HEADLEY, T.; TANNER, C. C.; COUNCIL, A. R. Application of floating wetlands for enhanced for stormwater treatment: a review. Auckland, New Zealand: Auckland Regional Council. 2008.

HENARES, M. N. P.; CAMARGO, A. F. M. Treatment efficiency of effluent prawn culture by wetland with floating aquatic macrophytes arranged in series. Brazilian Journal of Biology, vol. 74, p. 906-912, 2014.

HENARES, M. N.; MEDEIROS, M. V.; CAMARGO, A. F. Overview of strategies that contribute to the environmental sustainability of pond aquaculture: rearing systems, residue treatment, and environmental assessment tools. Reviews in Aquaculture, vol. 12. n.1, p. 453-470. 2020.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. Revista Brasileira de Zootecnia, vol. 37, p. 181–188. 2008.

HONDA, R. Y.; MERCANTE, C. T. J.; VIEIRA, J. M. S.; ESTEVES, K. E.; CABIANCA, M. A. A.; AZEVEDO, M. T. P. Cianotoxinas em pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo. São Carlos: Rima, 2006. Pp. 105-120.

HUBBARD, R. K.; GASCHO, G.J.; NEWTON, G.L. Use of floating vegetation to remove nutrients from swine lagoon wastewater. Trans. ASABE, vol. 47, n. 6, p. 1963-1972. 2004.

KIVAISI, A. K., The potencial for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. Ecol. Eng. vol. 16, p. 545-560. 2001. doi:10.1016/S0925-8574(00)00113-0

LIN, Y. F.; JING, S. R.; LEE, D. Y.; CHANG, Y. F.; CHEN, Y. M.; SHIH K.C. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. Environmental Polluted. vol. 134, p. 411-421. 2005

LYNCH, J.; FOX, L. J.; OWEN, J. S.; SAMPLE, D. J. Evaluation of commercial floating treatment wetland technologies for nutrient remediation of stormwater. Ecol. Eng., vol. 75, p. 61-69. 2015.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. Rev. Saúde Pública. vol.38, n. 5. p. 679-686. 2004.

MERCANTE, C. T. J.; COSTA, S. V.; DA SILVA, D.; CABIANCA, M. Â.; ESTEVES, K. E. Qualidade da água em pesque-pague da região metropolitana de São Paulo (Brasil): avaliação através de fatores abióticos (período seco e chuvoso). Acta Scientiarum. Biological Sciences, vol. 27, n. 1, p. 1-7. 2005.

MERCANTE, C. T. J.; MARTINS, K. Y.; CARMO, C. F.; OSTI, J. S.; SCHIMIDT, C. M; TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. Bioikos, v. 21, p. 79-88, 2007. https://www.academia.edu/30964025/Qualidade_da_%C3%A1gua_em_viveiro_de_Til%C3%A1pia_do_Nilo_Oreochromis_niloticus_caracteriza%C3%A7%C3%A3o_diurna_de_vari%C3%A1veis_f%C3%ADsicas_qu%C3%ADmicas_e_biol%C3%B3gicas_S%C3%A3o_Paulo_Brasil

MERCANTE, C. T. J.; OSTI, J. A. S.; MORAES, M. A. B.; DO CARMO, C. F. A importância do fósforo na produção ambientalmente sustentável em aquicultura continental. In: CORDEIRO, C. A.



M. Ciência e Tecnologia do Pescado: Uma Análise Pluralista. São Paulo: Científica Digital, 2020. p.12-30. <http://dx.doi.org/10.37885/201101972>

MERCANTE, C. T. J.; DO CARMO, C. F.; OSTI, J. A. S. Efluente de piscicultura: adequação à legislação ambiental por meio da tecnologia de ilhas flutuantes artificiais (IFAs). *Revista Geociências-UNG-Ser*, vol. 19, n. 2, p. 59-68. 2021.

MORAES, M. A. B.; CARMO, C. F.; TABATA, Y. A.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; MERCANTE, C. T. J. Environmental indicators in effluent assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in raceway system through phosphorus and nitrogen. *Brazilian Journal of Biology*. 2016. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.07315>

OSTI, J. A. S.; MORAES, M. A. B.; CARMO, C. F.; MERCANTE, C. T. J. Nitrogen and phosphorus flux from the production of Nile tilapia through the application of environmental indicators. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 78, p. 25-31. 2018.

OSTI, J. A. S.; HENARES, M. P.; CAMARGO, A. F. M. A comparison between free-floating and emergent aquatic macrophytes in constructed wetlands for the treatment of a fishpond effluent. *Aquaculture Research*, v. 49, p. 3468-3476, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13813>

OSTI, J. A. S.; DO CARMO, C. F.; CERQUEIRA, M. A. S.; GIAMAS, M. T. D.; PEIXOTO, A. C.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; MERCANTE, C. T. J. Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by *Eichhornia crassipes*. *Aquaculture Reports*, v. 17, 100324, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100324>

PAERL, H.W.; TUCKER, C.S. Ecology of bluegreen algae in aquaculture ponds. *Journal of the Aquaculture Society*, vol. 26, n. 2, p. 109-131. 1995,

PEIXE-BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2024. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2024. Acesso em: 24 mai. 2024.

PEREIRA, J. S.; MERCANTE, C. T. J.; LOMBARDI, J. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; CARMO, C. F. D.; OSTI, J. A. S. Eutrophization process in a system used for rearing the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), São Paulo State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 24 n. 9, p. 387-396. 2012. DOI: 10.1590/S2179-975X2013005000006

SÃO PAULO. DECRETO-LEI Nº 62.243, 1º DE NOVEMBRO DE 2016. Dispõe sobre as regras e procedimentos para o licenciamento ambiental da aquicultura, no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo/SP, 1º de nov de 2016.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 49, DE 28 DE MAIO DE 2014. Dispõe sobre os procedimentos para licenciamento ambiental com avaliação de impacto ambiental, no âmbito da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo/SP, 29 de maio de 2014.

SECANHO, A. A. M. B.; AGUIA, D. R. D. C.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; SECANHO, L. B. B. G. P.; VANZELA, L. S.; MANSANO, C. F. M. Manual técnico para licenciamento ambiental da aquicultura no Estado de São Paulo. 2022.

SIPAUBA-TAVARES, L. H.; MILLAN, R. N.; PENARIOL, I. C. Effects of biological treatments on water quality in neotropical fishponds. *Limnetica*, vol. 34, n. 2, p. 321-332. 2015.



SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Limnologia dos sistemas de cultivo. In: Carcinicultura de água doce. São Paulo: FUNEP, 1998, p. 47-75.

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, vol. 17, p. 53-60. 2017

TUCKER, C. S.; J. A. HARGREAVES. Management of effluents from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) embankment ponds in the southeastern United States. Aquaculture, vol. 226, n. 5-1, 2003.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. Manual for Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. EPA/625/010, Cincinnati. 2000. 166p.

VALENTI, W.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. Ecological Indicators, vol. 88, p. 402-413. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>

VALENTI, W. C. et al. Aquicultura no Brasil: passado, presente e futuro. Aquaculture Reports, v. 19, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/207202>>.

VALENTI, W. C. A aquicultura Brasileira é sustentável? In: Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca. Florianópolis, 13 a 15 de maio de 2008. IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca. Florianópolis: Aquafair. p. 1-11, 2008.

VINATEA, L. A. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: UFSC, 1997. 349p.

WETZEL, R. G. Limnologia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 2.ed. 1993. 919p.