

PARTE I

QUALIDADE AGROAMBIENTAL E SISTEMAS PRODUTIVOS SUSTENTÁVEIS

*"Sustentabilidade é sobre viver no nosso
planeta como se pretendêssemos ficar
nele para sempre"*
Sir David Attenborough

MONITORAMENTO AMBIENTAL E MANEJO PRODUTIVO E SANITÁRIO DA AQUICULTURA

Julio Ferraz de Queiroz, Márcia Mayumi Ishikawa, Mariana Silveira Guerra Moura e Silva, Marcos Eliseu Losekann, Fernanda Garcia Sampaio, Hamilton Hisano, Ricardo Borghesi, Geraldo Stachetti Rodrigues, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Célia Maria Doria Frasca-Scorvo, João Donato Scorvo Filho, João Manoel Cordeiro Alves, Claudio Martín Jonsson, Vera Lucia Scherholz Salgado de Castro, Vera Lúcia Ferracini, Sonia Claudia do Nascimento de Queiroz, Alfredo José Barreto Luiz, Ana Lúcia Penteado e Ana Paula Contador Packer

INTRODUÇÃO

A proteína animal mais consumida mundialmente é o pescado, tanto produzido em cativeiro quanto da pesca (extrativa). Conseqüentemente, o aumento da demanda por pescados para alimentação humana e a estagnação da captura pesqueira são as principais razões que têm motivado os produtores de peixes (piscicultores) a aumentarem sua escala de produção, otimizarem o uso dos recursos naturais e se dedicarem a atender consumidores que preferem adquirir alimentos produzidos por meio de métodos sustentáveis (Boyd et al., 2006; Queiroz et al., 2007a; Boyd; Queiroz, 2013).

A aquicultura, como atividade de produção de organismos aquáticos, vem crescendo no Brasil em um ritmo de aproximadamente 6,0% ao ano, ultrapassando 860 mil toneladas em 2022 (Associação Brasileira de Piscicultura, 2023). O Brasil possui um enorme potencial para expandir essa produção, devido à grande disponibilidade de água, às condições climáticas favoráveis e à presença de várias espécies de peixes adequadas para a produção em diferentes sistemas e tipos de ambientes. Nesse sentido, a importância da adoção de tecnologias disruptivas para aproveitar o potencial brasileiro para produção de organismos aquáticos e gerar uma verdadeira revolução azul vem sendo ressaltada (Valenti et al., 2021).

Nos últimos 40 anos, a Embrapa fortaleceu a pesquisa em aquicultura aumentando seu quadro de pesquisadores e parceiros, bem como, criando uma linha temática estratégica para a empresa. Desse modo, desenvolveu várias ações com o objetivo de assumir a Coordenação Nacional de P&D na área de aquicultura. Ressalta-se, ainda, que desde a época do extinto Plano Nacional de Pesquisa de Recursos Pesquei-

ros (PNP/RP) a Embrapa vem implementando projetos na área de aquicultura junto às demais instituições integrantes do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA). A partir de 1993, foram elaboradas propostas de projetos de desenvolvimento interministeriais e assinados protocolos de intenções referentes ao Projeto Interministerial para o Desenvolvimento da Carcinicultura na Região Nordeste (Proine, 1988); Proposta de criação e implantação do Centro Nacional de Pesquisa em Aquicultura e Recursos Pesqueiros no Estado do Rio Grande do Norte (CPARP, 1993), Proposta do Programa Nacional de P&D na área de Aquicultura e Proposta para a Implantação de um Centro Nacional de Pesquisa em Aquicultura, através da incorporação pela Embrapa da infraestrutura do CEPTA/Ibama em Pirassununga/São Paulo (1999).

A Embrapa Meio Ambiente vem desde 1998 conduzindo projetos de PD&I para contribuir com o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil e no exterior. Dentre eles, destacam-se os projetos desenvolvidos em conjunto com a Auburn University (AU), United States Department of Agriculture (USDA), United States Environmental Protection Agency (Usepa), Oregon State University/Colaborative Research Support Program (CRSP), World Wildlife Foundation (WWF), World Bank, Global Aquaculture Alliance (GAA), Alabama Catfish Producers Association (ACPA), e também com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Aquicultura e Pesca (Mapa/SAP), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Agência Nacional de Águas (ANA), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios-Instituto de Pesca e APTA Regional do Leste Paulista (Monte Alegre do Sul), Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual Paulista, Universidade Federal de São Carlos, contando com suporte da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

A participação da Embrapa Meio Ambiente e das suas instituições parceiras contribuiu diretamente para a elaboração da proposta do Programa Nacional de P&D e da Criação do Centro Nacional de Pesquisa na área de Aquicultura em Palmas, TO, a partir das seguintes ações: coordenação de grupos de trabalho interinstitucionais, realização de reuniões técnicas regionais em vários estados com a participação de pesquisadores e professores da área de aquicultura; elaboração de documentos técnicos para encaminhar o tema Aquicultura para a Diretoria Executiva da Embrapa no âmbito do “Programa de Pesquisa Estratégico e Prioritário da Embrapa” e definição da sua articulação no âmbito do SEP; identificação das demandas de pesquisa em aquicultura para subsidiar a elaboração do Projeto Especial de P&D em Aquicultura que serviu de base para institucionalizar o tema no âmbito da Embrapa, em articulação com o CNPq, e com o objetivo de propor Projetos Plataforma dentro das normas

do órgão financiador; definição dos procedimentos para repasse de recursos financeiros para Universidades e empresas de pesquisa líderes dos projetos de pesquisa em aquicultura financiados pela Embrapa; elaboração da Plataforma Tecnológica para apoiar o Desenvolvimento Sustentável da Carcinicultura Marinha em parceria com a Associação dos Criadores de Camarão (ABCC); e entrega do Projeto Estratégico de P&D em Aquicultura para a Diretoria Executiva da Embrapa.

A participação de pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente e das instituições parceiras nos seguintes projetos merecem menção: Ecoágua (SEG 11.1999.140) - Indicadores físico-químicos e biológicos de qualidade de água e de sedimentos; Indicadores diretos de serviços ambientais (SEG 01.03.01.001.006.09) - Formulação e validação do sistema de avaliação ponderada de impacto ambiental das atividades rurais nos pólos pioneiros do Proambiente (APOIA-Proambiente), Gestão ambiental das atividades produtivas nos estabelecimentos rurais do Proambiente a partir do Sistema Apoia-Proambiente; Ecopeixe Fase I (SEG 02.02.02.003.00.00) - Competitividade e sustentabilidade da aquicultura: Avaliação ambiental e sócio econômica; Rurbano III (Projeto Temático Fapesp - Subprojeto 10) - Avaliação do impacto ambiental e características socioeconômicas de algumas atividades do novo rural brasileiro; AquaBrasil - Bases tecnológicas para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil (SEG 01.06.01.003.00.00); PAD (informalmente conhecido como Água Doce) (SEG 06.07.00.002.00.00) - Busca de indicadores para construção dos mecanismos de sustentabilidade ambiental como garantia de manutenção de unidades demonstrativas em 11 comunidades do semiárido brasileiro, que teve por foco as ações de P&D&T de tecnologias de convivência com o semiárido para o fortalecimento das unidades produtivas do Programa Água Doce do Governo Federal (à época do Ministério do Meio Ambiente) e a proposição de sistemas integrados de produção e uso múltiplo da água; CS-Piscicultura (SEG 02.07.01.013.00.00) - Índice de desempenho sustentável para a cadeia de suprimentos da piscicultura continental, que também realizou o mapa da cadeia de suprimentos e propôs indicadores de sustentabilidade; RESA (SEG 03.07.09.034.00.00) - Agregação de valor ao resíduo salino oriundo de tanques de produção de peixes na região do semi-árido; Ecopeixe Fase II (SEG 03.08.00.003.00.00) - Proposição e validação de boas práticas de manejo (BPM) para gestão ambiental da aquicultura; CNPMA-Reuso (SEG 03.10.05.012.00.00) - Sistema integrado para produção de peixes e agricultura familiar com reuso da água de escoamento superficial e tratamento com biofiltros do tipo leitos cultivados; Nanotox (SEG 03.11.00.001.00.00) - Avaliação dos efeitos tóxicos de nano-tio2 em peixes; TESTOXEFLU (SEG 03.12.00.039.00.00) - Testes toxicológicos na avaliação de um sistema de leitos cultivados para efluentes de aquicultura; Aquisys (conhecido informalmente como MP3 Validação Aquisys) (SEG 03.12.03.014.00.00) - Validação do sistema informatizado para a gestão ambiental da aquicultura com base em

Boas Práticas de Manejo (BPM) com foco em tilapicultura - Aquisys; Bioqua (SEG 03.13.09.008.00.00) - Uso de bioindicadores para avaliação da qualidade da água no cultivo da tilápia; TOXHERBPEI (SEG 03.12.00.036.00.00) - Alterações bioquímicas, hematológicas e acúmulo em tilápia pela exposição a misturas de herbicidas da cultura canavieira; BFT (SEG 03.13.09.007.00.00) - Avaliação da produção de juvenis de tilápia-do-nylo em sistema de bioflocos; Furnas (SEG 02.13.00.004.00.00) - Desenvolvimento de sistema de monitoramento para gestão ambiental da aquicultura: Suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura; GMP (SEG 03.13.00.018.00.00) - Glúten de milho na alimentação de pacu: Coloração e qualidade da carne, desempenho e hematologia; Aquigov (SEG 05.14.15.001.00.00) - Desenvolvimento e aplicação de estratégias para gestão do portfólio de aquicultura; Aquaferti (SEG 03.14.00.080.00.00) - Avaliação de sistemas de produção integrada: Aquicultura e agricultura; BRS-Aqua (SEG 01.17.02.001.00.00); convertido para (SEG 21.17.02.001.00.00) - Fortalecimento da política de desenvolvimento produtivo da aquicultura no Brasil; Gestão do Portfólio da Aquicultura (Resolução Diretoria Executiva da Embrapa de 2019); FF_BFT (SEG 30.20.00.034.00.00) - Determinação da frequência de alimentação para juvenis de tilápia-do-nylo em sistema bioflocos ; Artemisia (SEG 30.21.90.051.00.00) - Suplementação dietética com extrato alcoólico da planta *Artemisia annua* para melhoria da saúde, da resistência a doenças e aumento do crescimento de juvenis de tilápia-do-nylo; BFTEI (SEG 30.21.00.027.00.00) - Desenvolvimento e difusão de tecnologias para produção na fase inicial de peixes em sistemas bioflocos, entre outros.

Entre os resultados oferecidos pela Embrapa Meio Ambiente destacam-se o desenvolvimento e validação de metodologias e protocolos de pesquisa para análises de água e sedimentos, substâncias antimicrobianas, hormônios, metais pesados, desenvolvimento de métodos para avaliação de multiresíduos de agrotóxicos e outros contaminantes por meio de método de preparo de amostra QuEChERS, seguido de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (LC-MS/MS), ou cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS/MS) e gases de efeito estufa. Também foram disponibilizados indicadores de sustentabilidade e de impacto ambiental, bioindicadores de qualidade de água, microbiologia ambiental, e uso de biomarcadores, métodos para análise do desempenho de cadeias de suprimentos da aquicultura e testes ecotoxicológicos.

De igual modo, tecnologias de apoio à BPM e gestão ambiental da tilapicultura, disponibilizando informações e indicando recomendações técnicas à diferentes públicos foram desenvolvidas. Ainda, foram oportunizadas boas práticas de manejo (BPM) para assegurar a qualidade do pescado e a segurança ambiental da aquicultura, bem como, sistemas para redução da carga orgânica e poluentes dos efluentes da

aquicultura, melhoria da qualidade do pescado, métodos de despesca e processamento, nutrição, alimentação e manejo alimentar de organismos aquáticos, sanidade e bem-estar animal, parasitofauna e biomarcadores em peixes para monitoramento da saúde animal e da qualidade da água, e instrumentos de gestão ambiental com base em sistemas integrados. Preocupação também em prover alternativas para ampliar a inclusão digital de piscicultores nacionais foram também abordadas, onde alternativa para suprir essa carência nacional foi avaliada e apresentada.

Os recursos dos projetos citados também permitiram adequar e modernizar os laboratórios da Embrapa Meio Ambiente para melhor atender à realização dos estudos supracitados e de novas demandas de piscicultores nacionais. A expertise temática adquirida pela equipe técnica também contribuiu para as estratégias da Embrapa para o tema aquicultura, incluindo a participação no Portfólio Aquicultura, como também no apoio à implantação em 2009 da nova Unidade da empresa em Palmas, TO; que tem por missão aquicultura. Novas linhas de pesquisa nesse tema também continuam sendo iniciadas pela Embrapa Meio Ambiente, com ênfase no uso de biomarcadores fisiológicos para monitoramento ambiental da aquicultura, aditivos zootécnicos, desenvolvimento de novos testes ecotoxicológicos e avaliações de risco ambiental, novos recursos computacionais abordando outros sistemas de produção e espécies para o produtor, entre outros

Este capítulo tem por objetivo apresentar os principais resultados obtidos e disponibilizados pela Embrapa Meio Ambiente para a sociedade brasileira com foco no fortalecimento da aquicultura nacional.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO AQUÍCOLA E BOAS PRÁTICAS DE MANEJO PRODUTIVO E SANITÁRIO

O atual desafio para o desenvolvimento da aquicultura responsável está baseado em sistemas de produção eficientes, que otimizem a utilização de água e nutrientes, promovendo o menor impacto ambiental possível (Diana et al., 2013). O sistema bioflocos (BFT) atende esta premissa, pois permite a produção de peixes e camarões sem renovação ou com mínima troca de água, mantendo sua qualidade por meio do equilíbrio de bactérias heterotróficas, que convertem amônia em biomassa microbiana por meio da adição de uma fonte suplementar de carbono e aeração contínua, e sua composição nutricional pode ser utilizada como alimento complementar para peixes e camarões (Avnimelech, 2012; Crab et al., 2012).

Considerando a relevância do sistema bioflocos (BFT) para o desenvolvimento da aquicultura sustentável Hisano et al. (2021b), avaliariam o efeito da frequência de alimentação na qualidade da água, desempenho zootécnico, eficiência alimentar e

parâmetros hematológicos para tilápia-do-nilo em sistema BFT, e concluíram que a frequência de alimentação de quatro vezes ao dia promove as melhores respostas de crescimento e eficiência alimentar para tilápia-do-nilo (≥ 15 g).

Em função do aproveitamento do biofloco como alimento proteico complementar, Hisano et al. (2019b) avaliaram o desempenho zootécnico, parâmetros hematológicos e a qualidade de água do sistema BFT para tilápia-do-nilo alimentadas com dietas contendo 28, 32 e 36% de proteína bruta (PB) e concluíram que os diferentes níveis proteicos avaliados não influenciam sobre o desempenho e saúde de juvenis de tilápia-do-nilo (6–25 g) em BFT, sendo possível uma redução de 8% na proteína dietética (28% PB) com potencial redução dos custos de produção e diminuição do impacto ambiental pelo excesso de proteína dietética

Em estudo comparativo com o sistema bioflocos (BFT) e o sistema de recirculação de água (SRA), Hisano et al. (2021a) verificaram que o ganho de peso, a taxa de conversão alimentar aparente e a eficiência da proteína dos peixes em BFT foram estatisticamente superiores em comparação com o SRA, reforçando a importância do biofloco como alimento complementar de alto valor biológico. (Hisano et al., 2019a) demonstraram que o policultivo (tilápia e camarão) no sistema BFT proporcionou ganho em peso para tilápia superior em 50,95%, quando comparado aos animais produzidos no SRA, demonstrando o benefício da integração da produção de duas espécies de importância na aquicultura mundial

Com relação ao uso racional e armazenamento de água, existem tecnologias para integração de dois processos para utilização da água do escoamento superficial. Um deles trata do armazenamento da água em tanques elevados e lonados, biofiltração e produção de peixes para integração com produção animal e vegetal. O outro processo é a captação da água e barramento em sistemas “barraginhas”, construídas para aumentar a infiltração da água no solo, formando frentes de armazenamento subterrâneo de água que possibilita a construção de cacimbas de estoque de água com boa qualidade. Nesse sistema, a água armazenada (captação de chuva) é filtrada com brita e plantas macrófitas para melhoria de sua qualidade, possibilitando que seja utilizada na produção de peixes. Uma fração da água dos tanques de peixes é disponibilizada para a irrigação de culturas que tenham baixa necessidade hídrica, atuando como carreador de nutrientes produzidos pelos peixes para fertilização das plantas. A outra fração é novamente submetida ao processo de filtração e retorna aos viveiros e tanques de piscicultura como forma de reposição de água utilizada na irrigação e da água perdida por evaporação (Hermes, 2007).

Silva et al. (2013) orientam sobre a gestão sustentável da água utilizada nas atividades aquícolas, bem como, dos resíduos gerados e apresentam métodos de tratamento da água usada na produção, notadamente os naturais, como os biofiltros e aplicação de efluentes no solo (fertirrigação). Queiroz et al. (2017) apresentam um conjunto de

BPM para a aquaponia (sistema integrado de produção de peixes com hidroponia) e destacam as vantagens dessa atividade para o uso mais eficiente da água.

Embora existam várias tecnólogas disponíveis para o uso múltiplo e sustentável da água para a criação de peixes, em geral, nos sistemas de produção tradicionais existe um aporte significativo de nutrientes e matéria orgânica da ração, que muitas vezes prejudica a qualidade da água com excesso de fitoplâncton, baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta concentração de amônia e, também em condições insatisfatórias dos sedimentos do fundo dos viveiros e reservatórios (Queiroz et al., 2004a, 2007b).

A formulação de dietas nutricionalmente completas, favoráveis ao meio ambiente e viáveis economicamente é fundamental (Cyrino et al., 2010). Para que as rações sejam formuladas com as características citadas é de extrema importância o uso de ingredientes de alta qualidade. Tradicionalmente, para formulação de rações, há grande dependência de ingredientes convencionais, tais como milho, farelo de soja, farinha de peixe, etc. No entanto, para minimizar essa dependência, é importante a identificação, avaliação e uso de ingredientes alternativos, com o objetivo de minimizar os riscos associados à disponibilidade e oscilação de preço dessas matérias-primas, além de disponibilizar ao formulador, um leque de opções adicionais (Glencross, 2016; Sanchez et al., 2016).

Dada a importância do conhecimento de informações acerca da qualidade de um alimento, estudos foram conduzidos pela equipe da Embrapa Meio Ambiente com o objetivo de avaliar a qualidade de alguns ingredientes alternativos, assim como, o impacto da inclusão desses ingredientes na alimentação de diferentes espécies de peixes.

O pinhão-mansô é uma planta oleaginosa arbustiva com potencial para produção de biodiesel. Os coprodutos oriundos da extração de seu óleo (torta e farelos) podem, com certas limitações, ser utilizados como fonte proteica para alimentação animal (Della Flora et al., 2014). Hisano et al. (2015a) avaliaram os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de nutrientes, energia e aminoácidos de torta de pinhão-mansô atóxica e detoxificada para tilápia-do-nylo e verificaram que o CDA dos aminoácidos de ambos os alimentos foi superior a 80%, exceto para a glicina, para a torta de pinhão-mansô atóxico, e para treonina para a detoxificada, podendo concluir que o CDA das tortas apresentam potencial para inclusão em dietas de tilápia-do-nylo.

O milho é considerado um dos principais ingredientes energéticos para a alimentação de diferentes espécies animais, incluindo peixes. Sanchez et al. (2016) concluíram que o sorgo pode substituir integralmente o milho em dietas para juvenis de pacu, uma vez que os CDA da proteína e energia foram de 94,3% e 77,2%, respectivamente, e não foram observadas diferenças entre as dietas quanto aos parâmetros de desempenho avaliados. Com o objetivo de avaliar a substituição da proteína do farelo

de soja (FS) pela do farelo de glúten de milho (FGM) na alimentação de juvenis de pacu, Hisano et al. (2016) verificaram que a substituição de até 38,7% da proteína do FS pela do FGM (aproximadamente, 9,5% de inclusão de FGM na dieta) melhorou o desempenho, o rendimento de carcaça, sem afetar negativamente os parâmetros sanguíneos e a qualidade do filé.

Na busca por substitutos aos ingredientes proteicos convencionais, os coprodutos oriundos do beneficiamento do pescado, surgem como alternativa com alto potencial de uso em dietas para organismos aquáticos. Hisano e Borghesi (2015) verificaram redução na contagem total de mesófilos aeróbios totais, aeróbios psicrotróficos, *Pseudomonas spp.* e *Staphylococcus spp.* e as análises químicas demonstraram níveis em proteína acima de 24% e alto teor de lipídio (acima de 52%), que pode limitar a aplicação em rações para peixes. Os autores recomendam o uso da proporção de 0,75 de ácido fórmico e 1,0 de ácido cítrico para o preparo de silagens de vísceras de surubim para adequada preservação, qualidade nutricional e microbiológica, além de menor custo.

Gonçalves et al. (2013a) concluíram que a silagem ácida de pescado pode ser utilizada como fonte proteica alternativa na alimentação de juvenis de pacu sem influenciar negativamente os parâmetros hematológicos avaliados. Santana et al. (2013) verificaram que a silagem ácida co-seca não promove alterações deletérias nos parâmetros hematológicos dos juvenis de pacu e, portanto, pode ser utilizada como fonte proteica alternativa.

O uso de coprodutos do beneficiamento de alimentos de origem animal, o hidrolisado proteico (HP) vem ganhando importância como ingrediente em dietas organismos aquáticos. No estudo de Gomes (2020), com alevinos de *O. niloticus*, peso inicial de $1,38 \pm 0,13$ g e $1,70 \pm 0,10$ g, não foi observado efeito significativo do hidrolisado proteico (HP), para as variáveis de desempenho produtivo, índices corporais e variáveis metabólicas. Mesmo o hidrolisado não apresentando efeito palatilizante e promotor de crescimento, em condições de desafio, o nível de inclusão de 4% protegeu contra danos oxidativos.

Carra et al. (2013) avaliaram os parâmetros hematológicos e estresse oxidativo medindo o eritrograma, leucograma, peroxidação lipídica hepática e atividade da catalase e glutatona S-transferase de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo diferentes óleos e combinação dos mesmos (óleo de girassol, óleo de canola, óleo de linhaça e óleo de peixe e uma mistura de óleo de linhaça + óleo de peixe e óleo de linhaça + óleo de canola). Os autores verificaram que todas as fontes de lipídios avaliadas podem ser utilizadas como ingredientes na ração de juvenis de pacu por um período de 60 dias, sem afetar negativamente seu estado de saúde.

A qualidade das rações tem papel fundamental na produtividade e na manutenção da qualidade da água dos sistemas de produção aquícola. Portanto, a adoção de BPM com foco no manejo alimentar adequado à espécie criada e ao tipo de sistema produtivo poderá contribuir diretamente para prevenir e reduzir qualquer impacto

negativo e, conseqüentemente, irá assegurar a melhoria dos índices produtivos e ambientais. Em grande medida as BPM têm como finalidade indicar maneiras simples e eficazes para melhorar o manejo da produção de modo a aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, prevenir impactos ambientais negativos resultantes da descarga de efluentes que contenham concentrações elevadas de matéria orgânica, sólidos totais suspensos e outros poluentes. Portanto, é importante realizar o manejo correto dos viveiros e dos tanques de piscicultura, usar rações com alta digestibilidade, monitorar a qualidade da água, tratar os efluentes e adotar boas práticas de manejo (BPM).

A produção de organismos aquáticos pode resultar na geração de resíduos provenientes das sobras de ração não consumida e de metabólitos, o que tem exigido o aprimoramento das práticas de manejo. As perspectivas para a expansão da produção de pescados no Brasil são muito animadoras devido ao potencial existente no país, no entanto, é preciso combinar a expansão dessa atividade com a exploração adequada dos recursos naturais e a adoção de boas práticas de manejo (BPM) (Queiroz, 2016; Boyd et al., 2020; Valenti et al., 2021).

A primeira versão de BPM para a produção em escala comercial de peixes intitulada *Best Management Practices for Channel Catfish Farming in Alabama - Special Report No. 1*, foi realizada a partir de um amplo estudo realizado por Boyd et al. (2000a, 2000b) e publicada em março de 2003 (Boyd et al., 2003). São 15 categorias diferentes de BPM para melhorar o desempenho ambiental e a competitividade econômica da produção de *catfish*.

Desde 2003 essas BPM têm sido utilizadas como meio de monitorar e gerenciar a produção de peixes nos Estados Unidos, como também, foram adaptadas para outras espécies produzidas em outros países (Boyd et al., 2008). A adoção de BPM tem sido, então, amplamente preferida como forma de antecipar-se a regulamentações ambientais restritivas, as quais, em geral, são baseadas em variáveis de qualidade de água e dos efluentes dos viveiros de produção aquícola. Simultaneamente a essas ações um grande esforço, em escala global, tem sido dedicado ao desenvolvimento de um *Eco-Label* para programas de certificação da aquicultura. Esses programas se baseiam em padrões para os quais cada um dos participantes deve demonstrar observância, sendo que a maneira mais prática e usual de alcançar esses padrões é pela adoção de BPM (Boyd et al., 2008, 2013).

Muitas BPM indicadas neste capítulo são resultantes de projetos de pesquisa conduzidos pela Embrapa Meio Ambiente em parceria com outras Unidades Descentralizadas da Embrapa, assim como, com outras instituições de fomento, ensino e pesquisa no Brasil e no exterior. Diferentes métodos de produção foram avaliados na busca de um manejo mais eficiente para otimizar os índices zootécnicos de produção, e também para aumentar a eficiência de cada um desses sistemas. A identificação das demandas e prioridades de PD&I da cadeia produtiva da aquicultura foi fundamental

para atingir esses objetivos. Diversos workshops e reuniões técnicas foram realizados para discutir a importância da adoção e validação de BPM para a aquicultura, e consideraram desde a escolha do sistema de produção mais adequado até as diferentes realidades regionais (Queiroz et al., 2002, 2005a, 2007a).

Entre os principais tópicos das BPM constam a retenção e tratamento de efluentes de viveiros de piscicultura e de criação de camarões, avaliação de métodos de calagem, remoção da matéria orgânica de viveiros de piscicultura, redução do acúmulo de amônia, determinação do percentual de troca de água e manutenção de concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura, tanques-rede e lagos de pesca (Kitamura et al., 1999, 2002; Boyd; Queiroz, 2001a; Queiroz; Kitamura, 2001; Boyd et al., 2002, 2003; Rotta; Queiroz, 2003; Queiroz; Silveira, 2006; Queiroz; Boeira, 2006a, 2007, 2008, 2016; Lopes et al., 2011; Kimpara et al., 2013; Queiroz et al., 2016). Ademais, vários indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade da água e de sedimentos foram padronizados, bem como, recomendações práticas para otimizar o manejo produtivo de diversos sistemas de produção aquícola foram feitas com base na análise emergética (Queiroz et al., 2000; Cavalett et al., 2006, 2007).

Simultaneamente, a esses trabalhos, entre 2007 e 2014 foram desenvolvidas várias pesquisas em parceria entre a Embrapa Meio Ambiente e a APTA Polo Regional Leste Paulista, localizado em Monte Alegre do Sul. Os objetivos principais foram avaliar os efeitos da densidade de estocagem, frequência alimentar, diferentes linhagens de tilápia e percentual de proteína bruta na qualidade da água, no desempenho zootécnico dos peixes, e avaliação econômica. Aspectos relevantes referentes ao regime climático da região, características da represa, manejo da produção, qualidade da água, desempenho zootécnico e os índices econômicos foram considerados para cada um dos experimentos (Turco et al., 2013; Frasca-Scorvo et al., 2019). Coeficientes técnicos sobre a produção de tilápias em tanques-rede em represa rural também foram gerados (Frasca-Scorvo et al., 2012).

Os resultados obtidos permitiram concluir que o melhor desempenho zootécnico e econômico para produção de tilápia em tanques-rede instalados em pequenos reservatórios rurais na região de Monte Alegre do Sul poderão ser alcançados a partir do uso de densidades de estocagem entre 100 e 150 peixes/m³ para as linhagens GIFT e Supreme, associadas à oferta de ração duas vezes ao dia e durante os sete dias da semana, alimentadas com ração comercial contendo 32% de PB (Frasca-Scorvo et al., 2017a, 2017b, 2018).

Como recomendações aos produtores da região e locais com características similares, as seguintes BPM podem ser consideradas como práticas gerais para a produção de tilápia em tanques-rede em reservatórios rurais: monitorar diariamente a temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH (unidades de pH) e transparência

(cm) com disco de Secchi e registrar, diariamente, em local próximo aos tanques-rede a temperatura máxima e mínima (°C) do ar (Queiroz; Silveira, 2006); secar os reservatórios, na medida do possível, entre os diferentes ciclos de cultivo e coletar amostras dos sedimentos do fundo para determinar a necessidade de calagem (Boyd; Queiroz, 2004, 2014; Queiroz et al., 2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2006a; Queiroz; Boeira, 2006a, 2006b); utilizar linhagens com melhoramento genético adaptadas às características climáticas da região (Frasca-Scorvo, 2017b); considerar que a duração do ciclo de produção é maior em regiões de clima mais frio, ao contrário de outras regiões onde a temperatura da água fica mais próxima da faixa de conforto dos peixes (Queiroz et al., 2021a); e observar o comportamento dos peixes e o consumo de ração nos dias com temperaturas da água abaixo de 20 °C. Se houver sobras, reduzir ou até mesmo suspender a oferta de ração aos peixes (Queiroz et al., 2021b); realizar pelo menos a cada 15 dias biometrias para ajustar a quantidade de ração oferecida aos peixes (Ishikawa et al., 2020). A oferta diária de ração deve aumentar à medida que os peixes crescem, e a quantidade deve ser ajustada em intervalos de 7 a 14 dias (Frasca-Scorvo et al., 2011); avaliar o desempenho zootécnico com base nos seguintes indicadores: a) ganho de peso total; b) ganho de peso dia⁻¹; c) biomassa final; d) conversão alimentar aparente; e) taxa de sobrevivência; observar se há sintomas de estresse ou de doenças nos peixes, especialmente, nos períodos de mudanças bruscas de temperatura e, caso possível, encaminhar peixes doentes para um laboratório especializado em diagnóstico de doenças (Ishikawa et al., 2020); avaliar a saúde e a presença de ectoparasitos de três a cinco peixes de cada tanque-rede durante a biometria (Ishikawa et al., 2016). Caso seja observada uma redução no desempenho dos peixes, recomenda-se eutanasiar um peixe de cada um dos tanques-rede, por aprofundamento anestésico, utilizando-se óleo de cravo na concentração de 250 mg L⁻¹ para avaliação dos órgãos internos e pesquisa de ecto e endoparasitos (Vidal et al., 2008); monitorar diariamente com disco de Secchi a transparência (cm) da água dos reservatórios com grande quantidade de tanques-rede que deve ser mantida entre 50 e 100 cm (Rotta; Queiroz, 2003; Rotta et al., 2010a, 2010b; Queiroz; Rotta, 2016); evitar trocar a água dos reservatórios após períodos de chuvas fortes para impedir a entrada de grande quantidade de sólidos em suspensão e aumento da turbidez, (Frasca-Scorvo et al., 2011); anotar todos os gastos com a criação para determinar o custo de produção (Turco et al., 2013); efetuar uma avaliação econômica considerando-se um ciclo completo de produção com peso final comercial, com base no custo operacional de produção que compõe o custo operacional efetivo (COE) e o custo operacional total (COT) (Turco et al., 2014).

Ishikawa et al. (2020) apontam uma série de BPM para manejo sanitário da piscicultura com a inclusão do uso de biomarcadores em peixes, e também apresentam um resumo dos principais pontos críticos sanitários com relação a localização e impactos de poluentes; segurança dos alimentos; transporte e quarentena

de alevinos; preparação e desinfecção das unidades de produção; prevenção de tratamento de infecções causadas por patógenos; descarte de peixes mortos e qualidade do produto final.

SAÚDE, BEM-ESTAR ANIMAL E PADRONIZAÇÃO DE TESTES ECOTOXICOLÓGICOS, DE PESTICIDAS E ANTIMICROBIANOS UTILIZADOS NA AQUICULTURA

A produtividade da aquicultura está fortemente relacionada com a sanidade dos organismos aquáticos e da qualidade ambiental. Procedimentos adequados e ferramentas eficazes precisam ser incluídos na rotina de produção de peixes e outros organismos aquáticos, para que os resultados econômicos, sociais e ambientais sejam positivos.

O uso de produtos químicos é muito comum na aquicultura, os quais são utilizados como combustíveis, fertilizantes, corretivos da acidez do sedimento do fundo dos viveiros, oxidantes, coagulantes, osmorreguladores, algicidas, herbicidas, controladores de predadores, anti-incrustantes, terapêuticos, desinfetantes, anestésicos, pesticidas e hormônios. Muitos desses produtos são perigosos e poucos produtos químicos foram desenvolvidos especificamente para uso na aquicultura. O seu uso deve ser feito somente quando necessário, ou quando alternativas não estiverem disponíveis (Hashimoto et al., 2011, 2012; Ishikawa et al., 2020).

O uso de hormônios pode gerar graves consequências na saúde animal e ambiental. A reversão sexual induzida por hormônios é muito praticada e é possível para muitas espécies com o uso de vários hormônios. O hormônio mais comum utilizado é o 17-metiltestosterona (MT) principalmente para a tilápia, entretanto, o seu uso tem sido controverso (Homklin et al., 2011; Rivero-Wendt et al., 2013). Esse hormônio é administrado na ração de tilápias na proporção de 30 a 60 mg/kg de ração. Bittencourt et al. (2011a, 2011b) e Rodrigues et al. (2014) avaliaram enzimas de biotransformação em tilápias expostas ao hormônio natural 17 β estradiol. Esses compostos são farmacologicamente ativos e entram no ambiente, principalmente, nas águas superficiais. Biomarcadores hematológicos podem ser utilizados para monitorar a toxicidade dos hormônios no sangue de peixes expostos a estes poluentes por meio de testes de genotoxicidade, assim como, na toxicidade decorrentes da exposição aos pesticidas (Hooftman; Raat, 1982; Rivero et al., 2008; Grisolia et al., 2009).

A integração do uso de biomarcadores para o monitoramento da saúde dos peixes e da qualidade da água, associado à adoção de Boas Práticas de Manejo Sanitário (BPMS) contribuem diretamente para a promoção do bem-estar e saúde dos peixes e, conseqüentemente, para a qualidade do pescado (Ishikawa et al., 2020). Biomar-

cadadores são sinalizadores das respostas biológicas que ocorrem em um organismo após sua exposição a um agente poluente (Schlenk, 1999). Os biomarcadores têm sido muito utilizados para avaliar a saúde dos peixes, e também são muito úteis e precisos para avaliar a qualidade ambiental, especialmente na detecção preventiva de efeitos adversos (Amorim, 2003; Jesus; Carvalho, 2008; Lins et al., 2010; Cardoso et al., 2020; Ferri et al., 2020).

O uso de biomarcadores hematológicos, comportamentais, patológicos e de estresse em peixes se destaca como uma ferramenta prática que pode ser aplicada em uma piscicultura sem comprometer a rotina de produção. Todavia, necessita de padronização e treinamento dos funcionários para ser viável. Por exemplo, o monitoramento da parasitofauna dos peixes é uma ferramenta que pode ser utilizada durante a biometria, ou mesmo na hora da despesca. Esse procedimento, além de fornecer informações sobre o estado de saúde dos peixes, também pode auxiliar o piscicultor no manejo dos viveiros, tanques-rede e no monitoramento da qualidade da água (Madi; Ueta, 2009, 2012; Bianchi et al., 2014; Ishikawa et al., 2016; Brum et al., 2019).

Nos últimos anos tem-se observado um aumento crescente no uso de metodologias para monitoramento e avaliação do estado de saúde dos peixes, prevenção, redução de doenças e indicação de BPM para manejo sanitário a partir do uso de biomarcadores sanguíneos, histopatologia e na avaliação da parasitofauna (Tavares-Dias et al., 2009; Jerônimo et al., 2014a, 2014b, 2015, 2016, 2020; Pádua et al., 2014a, 2014b, 2015, 2016; Dal'Bó et al., 2015; Fujimoto et al., 2015a, 2015b, 2019; Pereira et al., 2016; Sampaio et al., 2016; Ventura et al., 2016, 2018a, 2018b; Ishikawa et al., 2017a, 2017b).

Neste contexto, estudos “in vitro” com bioindicadores enzimáticos são realizados pela adição do poluente num sistema de reação contendo o substrato juntamente com a enzima, extraída de uma célula ou tecido do organismo aquático, supostamente não exposto à ação do contaminante. Portanto, estudos de avaliação da atividade enzimática “in vitro” representam uma ferramenta útil na triagem de vários agentes poluentes, e têm sido usados em áreas de monitoramento como métodos de análise semi quantitativa de poluentes orgânicos e metais pesados (Jonsson; Aoyama, 2007, 2010).

Os estudos “in vivo” são realizados através da medida da atividade do bioindicador enzimático, o qual é extraído do organismo aquático submetido ao agente tóxico sob um dado período de tempo. Estes estudos são realizados pela exposição do organismo a concentrações do poluente, em condições laboratoriais ou de campo. Os dados dose-resposta que são gerados, auxiliam no estabelecimento de níveis aceitáveis de concentração no compartimento aquático e na avaliação de áreas impactadas e seu monitoramento (Jonsson; Aoyama, 2010). Por exemplo, a aplicação de diflubenzuron para controlar ectoparasitas, como a *Lernaea ciprinacea* e *Dolops carvalhoi* é uma prática que vem sendo empregada na piscicultura, embora o composto químico não

seja indicado para esse fim segundo a legislação. Estudos recentes demonstraram que diferentes concentrações do inseticida diflubenzuron de seu metabolito (p-cloroanilina) e de suas misturas, induziram a atividade da enzima catalase independentemente da presença ou ausência de sedimento. Além disso, foram observados aumentos nas atividades das enzimas fosfatases e transaminases (Dantzger et al., 2018).

Em outros estudos Dantzger et al. (2017) investigaram os efeitos inibitórios “in vitro” de quatro pesticidas e três metais sobre as fosfatases ácidas extraídas do microcrustáceo de água doce *Daphnia similis* e do fígado do peixe *Metynnis argenteus*. Os resultados demonstraram que apenas os metais têm consideráveis efeitos inibitórios (50% ou mais) sobre a atividade enzimática. Os dados sobre atividades enzimáticas obtidas na presença desses inibidores são de potencial uso como bioindicadores “in vivo” para metais em ambas as espécies aquáticas citadas.

Em organismos aquáticos, distúrbios por compostos químicos no ambiente podem levar a perturbação e reação bioquímica. Se estas alterações forem observadas com uma certa antecedência, pode ser possível a identificação de problemas ambientais antes que o ecossistema aquático como um todo seja afetado. Em função destas características, os bioindicadores ao nível bioquímico são apontados como sistemas de “sinal de alerta” na avaliação da saúde ambiental (Jonsson; Aoyama, 2010). Cardoso et al. (2020) e Ferri et al. (2020) avaliaram as respostas fisiológicas e bioquímicas em tilápias e tuviras submetidas a concentrações subletais e agudas de triclorfon fornecendo informações para auxiliar no diagnóstico e monitoramento ambiental.

As enzimas antioxidantes de defesa mostraram-se bons indicadores de exposição e da mensuração da toxicidade dos contaminantes. Outros parâmetros, como alteração morfológica das brânquias e fígado e de parâmetros hematológicos indicadores de toxicoses em peixes, podem ser associados às análises bioquímicas como parâmetros de resposta individual à exposição.

Biomarcadores de estresse oxidativo foram monitorados em peixes (*Piaractus mesopotamicus*) expostos a nano-TiO₂. Foram verificadas as concentrações de hidropéroxido lipídico (LPO), proteínas carboniladas (PCO) e atividades específicas de superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione S-transferase (GST). Outros biomarcadores, bem como atividades específicas de fosfatase ácida (AP), Na⁺, K⁺ - ATPase e níveis de metalotioneína (MT) também foram avaliados. Ensaio de micronúcleo e cometa foram realizados para avaliar a genotoxicidade. Apesar dos resultados mostrarem baixa toxicidade do nano-TiO₂ para peixes e falta de acúmulo de titânio no tecido muscular, foi observada a ocorrência de efeitos nos marcadores enzimáticos que foram influenciados pela fase do cristal do nano-TiO₂ e pela condição de iluminação. Esses resultados demonstram que a atividade específica de CAT, GST, níveis de PCO e ensaio do cometa são úteis como biomarcadores de exposição prolongada (Clemente et al., 2015).

Concentrações de hormônios, substâncias antimicrobianas, metais pesados e pesticidas utilizados nos diversos sistemas de produção aquícola, ou introduzidas pelas atividades externas, assim como, a determinação do DNA de bactérias indicadoras de poluição, e também de bactérias resistentes isoladas de manguezais próximos das fazendas de produção de camarões também foram determinados com sucesso, tais como: determinação de enzimas do metabolismo oxidativo, intermediário e hepático (Jonsson et al., 2002, 2017; Sampaio et al., 2016; Dantzger et al., 2018); implementação de métodos de análises e determinação da concentração de substâncias antimicrobianas nos peixes cultivados em sistemas integrados à piscicultura/suinocultura (Nunes et al., 2018a, 2018b; Shiroma et al., 2020, 2021); desenvolvimento de método multirresíduo para análise de pesticidas organoclorados utilizando o QuEChERS para preparo das amostras (Hashimoto et al., 2012; Ferracini et al., 2014; Nunes et al., 2018a; Shiroma et al., 2020).

A utilização do zebrafish (*Danio rerio*), como modelo de comportamento e de desenvolvimento motor, tem se mostrado muito promissor nos estudos desenvolvidos pela equipe da Embrapa Meio Ambiente para avaliação da toxicidade de compostos usados para melhorar a qualidade nutricional da dieta dos peixes. O comportamento locomotor em organismos é importante para evitar predadores, buscar alimentos, reprodução e, portanto, é um parâmetro de relevância ecológica. O ácido ascórbico (AA) é necessário na alimentação diária e é essencial na reprodução, crescimento e mecanismos imunológicos mas, tem que ser adicionado na dieta. Porém, ele é instável na sua forma pura devido à influência da luz, altas temperaturas e oxigênio. Neste contexto, a nanoencapsulação pode proteger e preservar as características e propriedades físico-químicas do AA por um período de tempo prolongado devido a diminuição de perdas por estes fatores ambientais. Luis et al. (2021) demonstraram que o uso de AA nanoencapsulado aumentou a distância percorrida e a velocidade dos organismos em estudos experimentais.

USO DE ADITIVOS ZOOTÉCNICOS E BIORREMEDIADORES PARA MELHORIA DO DESEMPENHO ANIMAL, QUALIDADE DA ÁGUA E PREVENÇÃO DE ENFERMIDADES EM PEIXES

Os aditivos destinados à alimentação animal podem ser definidos como substância, microrganismo ou produto formulado, adicionados intencionalmente e que não são utilizados normalmente como ingredientes, podendo apresentar valor nutritivo, ou não, e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal, com respostas sobre o desempenho dos animais sadios ou que atenda suas necessidades nutricionais (Brasil, 2004). O uso de aditivos zootécnicos, e também de

biorremediadores veem atender algumas metas de inovação da Embrapa Meio Ambiente com relação a adoção, pela indústria de insumos para alimentação e saúde animal, de rações e/ou aditivos "*eco-friendly*" que resultem em sistemas de produção saudáveis e de menor impacto ambiental, e também da adoção, pela cadeia produtiva de produtos de origem vegetal ou animal, e de processos agropecuários para aumentar eficiência no uso de insumos e de recursos naturais, diminuir impacto socioambiental e garantir segurança do alimento.

Portanto, devido à necessidade de manter a qualidade da água dos sistemas de produção, assegurar um bom desempenho zootécnico e contribuir para a saúde e o bem-estar dos organismos aquáticos o uso de biotecnologia vem crescendo em todo mundo. Queiroz et al. (1998) e Queiroz e Boyd (1998) avaliaram os efeitos do uso de enzimas e bactérias na produção de *catfish* e observaram efeitos positivos na qualidade da água dos viveiros e no desempenho zootécnico dos peixes. Atualmente, tem crescido o uso de probióticos na aquicultura para aumentar os índices de produtividade e promoção de melhorias na qualidade da água e redução da incidência de doenças nos peixes e a equipe da Embrapa Meio Ambiente vem realizando vários projetos nessa área.

É importante destacar que o probiótico ideal é aquele que não é patogênico ao hospedeiro, além de ser espécie-específico e ter capacidade de ultrapassar o ambiente ácido do suco gástrico e chegar ao intestino, onde o hospedeiro receberá os efeitos positivos do probiótico. As bactérias ácido lácticas são as mais utilizadas como microrganismos probióticos, com destaque para as dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, além de espécies dos gêneros *Bacillus* e *Escherichia* e fungos *Saccharomyces cerevisiae* (Vieira; Pereira, 2016).

Os probióticos são definidos como células vivas ou um substrato que fornece benefícios por meio da estimulação do crescimento, melhora a digestão, melhora a resposta imunológica e ingerida com o objetivo de promover uma boa saúde. Os probióticos também podem melhorar a qualidade da água e a gestão dos sistemas de produção aquícola em viveiros escavados e sistemas de recirculação de água (Reddy, 2015). Os microrganismos que estão nos viveiros escavados e nos reservatórios utilizados para criação de peixes estão em contato direto com estes animais, com suas brânquias e com o alimento fornecido possibilitando um acesso para o trato digestivo do animal. Microrganismos potencialmente patogênicos, oportunistas, causam infecções, pioram o desempenho zootécnico e podem causar até a morte. Por esta razão, a suplementação de probióticos para organismos aquáticos causa um efeito benéfico ao animal bem como ao meio ambiente de produção (Reddy, 2015).

Na Embrapa Meio Ambiente foram realizados trabalhos com patógenos de peixes como *Aeromonas hydrophila* e *Streptococcus agalactiae*, bactérias responsáveis pela incidência de doenças severas em peixes, que ocasionam perdas significativas na aqui-

cultura. Para tratar essas doenças, são utilizados antibióticos, os quais podem deixar resíduos nos alimentos e ocasionar resistência antimicrobiana. Desse modo, o controle de patógenos e a profilaxia de enfermidades deve ser realizado com a finalidade de minimizar os impactos negativos nos organismos aquáticos, nos seres humanos e no meio ambiente. Assim, tem se buscado alternativas mais saudáveis para substituir essas moléculas sintéticas e o uso de bactérias ácido lácticas (BALs) e/ou seus produtos de metabolismo é uma delas.

Bonin et al. (2019) avaliaram a atividade antagonista de bactérias ácidos lácticas bem como o produto do metabolismo destas, cultivada em dois diferentes meios de crescimento, leite em pó à 10% e meio “De Man Rogosa & Sharpe” (MRS) acrescido de leite (2%) em pó, contra patógenos de peixes, pelo uso do método de difusão em ágar. O melhor resultado de inibição foi observado para bactérias ácido lácticas inoculadas em leite em pó a 10%. Os resultados foram promissores e a aplicação de BALs e/ou seus metabólitos em rações destinadas ao consumo animal, ou em alimentos para humanos devem ser realizados a fim de identificar quais são as substâncias produzidas pelas BALs e a viabilidade de seu uso.

O desenvolvimento da aquicultura enfrenta desafios, incluindo doenças que podem causar perdas econômicas substanciais. Essas doenças podem ser controladas com o uso de produtos químicos como antibióticos. No entanto, o uso indiscriminado dessas substâncias pode ocasionar resultados negativos na saúde humana e no ambiente com o risco adicional de resistência a esses compostos. De modo a obter um sistema mais eficaz e menos prejudicial para o controle de doenças bacterianas em peixes, podem ser usados fitoterápicos em associação com nanotecnologia como nanopartículas de zeína associadas com eugenol e óleo essencial de alho. As formulações de nanopartículas contendo os óleos apresentaram menor toxicidade nos testes realizados com um biomarcador (*Artemia salina*). Os sistemas mostraram atividade bactericida contra as importantes bactérias patogênicas de peixes *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, e *Streptococcus iniae* in vitro (Luis et al., 2020).

A matéria orgânica da aquicultura pode desenvolver condições anóxicas em seus ambientes e afetar negativamente a ecologia dos organismos bentônicos. A biorremediação é um método de restauração ambiental aplicado globalmente com vistas a reduzir a poluição ambiental. Neste método, a poluição orgânica e inorgânica é destruída por microorganismos. Kara et al. (2021) investigaram o potencial de biorremediação de efluentes da aquicultura contendo matéria orgânica e metais, através do uso de isolados *B. thuringiensis*. Houve uma eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato correspondente a 4, 80 e 100%, respectivamente. Para os metais Ni, Cr, Se, Al, Cd, Mn, Fe, and B essa eficiência foi de 57%, 50%, 50%, 43%, 40%, 23%, 5%, e 2%, respectivamente. Tang et al. (2018) também relataram a eficiência do *Bacillus* no tratamento de nitrato de águas residuais na aquicultura.

Apesar de microrganismos usados como agentes biorremediadores (ou como biopesticidas) estarem amplamente distribuídos na natureza, a aplicação dos mesmos de uma maneira “não-natural” produz preocupação quanto à sua segurança ambiental. Neste sentido, se avaliou a susceptibilidade dos organismos-teste *Daphnia similis* (microcrustáceo) e *Biomphalaria glabrata* (molusco) frente aos possíveis efeitos adversos do *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) (Oliveira Filho et al., 2011). Foi relatado que esta subespécie de *Bacillus* pode ser usada na biodegradação de resíduos de penas de aves para produção de biopesticidas (Poophathi et al., 2014). A maior concentração testada de Bti ($1,5 \times 10^6$ esporos/mL) não promoveu imobilidade em *D. similis* para exposições de 48 horas. De modo análogo, em *B. glabrata*, verificou-se ausência de letalidade quando os organismos foram expostos a 5×10^6 esporos/mL por um período de 30 dias (Oliveira Filho et al., 2011). Os resultados demonstraram a inocuidade de Bti para algumas espécies bioindicadores aquáticas relacionada ao potencial de uso deste microrganismo como agente biorremediador de efluentes da aquicultura.

A intensificação da produção animal resulta muitas vezes em condições estressantes que facilitam o surgimento de doenças. Para controlar essas enfermidades são utilizados medicamentos sintéticos como os antibióticos, porém esses produtos podem ser tóxicos para outros organismos aquáticos (não alvos) e deixar resíduos nos alimentos. Um problema grave no uso de antibióticos é a possibilidade de selecionar microrganismos patogênicos resistentes a esses medicamentos. Devido a isso, o seu uso é restrito ou proibido em alguns países. Assim, abordagens mais ecologicamente corretas para prevenir doenças vêm sendo buscadas pelos pesquisadores. Substâncias de origem vegetal (na forma de extratos, óleos essenciais ou moléculas isoladas) com potencial para prevenir e/ou controlar doenças de animais aquáticos são ótimas alternativas uma vez que são conhecidas por sua segurança, baixa toxicidade e impactos ambientais mínimos. A fitoterapia tem mostrado possuir um papel importante no aumento da função imunológica de animais aquáticos, atividades antivirais, antibacterianas e antiparasitárias (Zhu, 2020).

Recentemente, pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente vêm trabalhando na busca de substâncias bioativas de origem vegetal para tratamento sanitário de tilápia no âmbito do projeto BRS-Aqua. Para isso vários óleos essenciais, extratos de plantas e substâncias isoladas vêm sendo avaliadas contra bactérias causadoras de doenças em peixes. Como resultado, 31 óleos essenciais adquiridos comercialmente foram avaliados contra cepas de *Aeromonas hydrophila* (ATCC 7966) e de *Streptococcus agalactiae* (ATCC 13813). Para o bioensaio foi utilizado o método de disco difusão. Os resultados obtidos demonstraram alto potencial antimicrobiano de dois óleos essenciais para ambas as bactérias, o óleo de orégano (*Origanum vulgare*) e o de tomilho (*Thymus vulgaris*). Análises realizadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de

massas (GC-MS) detectaram a presença dos compostos majoritários sendo: carvacrol (69,1%) e p-cimeno (18,8%) no óleo de orégano e timol (45,5%) e p-cimeno (35,6%) no óleo essencial de tomilho (Souza et al., 2019). Esses óleos essenciais ou as moléculas bioativas isoladas possuem potencial para serem utilizadas no tratamento e prevenção de bacterioses em peixes.

Resultados promissores foram encontrados quando uma ração para peixes foi suplementada com extrato alcoólico da *Artemisia Annu* (ae-Aa; patente BR10201902707). Foi observada uma melhora no estado de saúde de juvenis de tilápia-do-nilo e um aumento na resistência a doenças quando os peixes foram desafiados com a bactéria *Aeromonas hydrophila*. Outros benefícios observados foram melhoria na conversão alimentar, maior crescimento, melhora no sistema imune e minimização da resposta ao estresse dos peixes de cultivo (Soares et al., 2020a, 2020b). Por meio de um contrato de inovação aberta entre a Embrapa e empresa privada parceira, a pesquisa será ampliada para testes de campo para certificação das respostas obtidas em escala de laboratório.

Na classe dos aditivos zootécnicos, destacam-se os ácidos orgânicos, que podem ser utilizados como substitutos de quimioterápicos promotores de crescimento na produção animal. Dentre alguns ácidos orgânicos, o ácido cítrico apresenta algumas vantagens, pois possuem sabor agradável, assimilação rápida, custo razoável, e resultados positivos no desempenho e na saúde intestinal de aves e suínos (Lückstädt, 2008). Por outro lado, poucos estudos foram realizados para atestar os efeitos benéficos do ácido cítrico na dieta sobre o desempenho, eficiência alimentar e disponibilidade de Ca e P em peixes, que foi o objetivo dos trabalhos coordenados pela equipe da Embrapa Meio Ambiente e parceiros.

Hisano et al. (2017a) avaliaram 0,0; 1,0; 2,0 e 3,0% de ácido cítrico em dietas isoproteicas (23% de proteína digestível) e isoenergéticas (13,38 MJ de energia digestível) para pacu concluíram que a suplementação de 2% de ácido cítrico da dieta melhora o desempenho dos peixes aos 30 dias, porém não foram observados efeitos significativos sobre a digestibilidade dos nutrientes e disponibilidade de P e Ca das dietas experimentais. Cardoso (2016) concluiu que a suplementação de 2% de ácido cítrico melhora a disponibilidade de cálcio e fósforo e influencia positivamente a morfologia intestinal de juvenis de tilápia-do-nilo.

Por outro lado, aditivos zootécnicos originados da levedura *Saccharomyces cerevisiae* e seus coprodutos, como levedura autolisada e parede celular de levedura (principalmente β -glucanos e mananoligossacarídeos-MOS) têm sido utilizadas em rações para peixes com respostas eficientes sobre desempenho e saúde (Hisano et al., 2007). Hisano et al. (2017b) concluíram que 0,2% de β -glucanos e MOS promovem melhores respostas de crescimento, eficiência alimentar e morfologia intestinal, sem efeitos prejudiciais sobre os parâmetros hematológicos para juvenis de pacu. Soares et al.

(2018) observaram que a suplementação de 0,1% de Glucan-MOS[®] melhorou o ganho de peso, a conversão alimentar e a taxa de eficiência proteica em comparação com a dieta controle e os níveis de 0,2 e 0,4% foram suficientes para incrementar a resposta imune e os desafios com estresse de manejo e bacteriano.

INDICADORES INTEGRADOS PARA ANÁLISE DE SUSTENTABILIDADE E BPM AQUÍCOLA

Embora haja informações gerais sobre a importância das “novas” atividades para a economia rural brasileira, pouco se conhece quanto aos seus efeitos sobre o meio ambiente, bem como sobre as suas repercussões sociais e econômicas ao nível dos estabelecimentos e das localidades. Poucos métodos permitem avaliar impactos de modo integrado, em bases analíticas e quantitativas, com expressão de índices aplicados à gestão ambiental e análise de sustentabilidade dos empreendimentos aquícolas. A análise parcial ou disciplinar de parâmetros específicos, sem visão de conjunto dos efeitos da atividade podem não refletir as interações que ocorrem em diferentes contextos produtivos nos estabelecimentos. Ou seja, alguns aspectos podem ser identificados, com proposição de medidas corretivas, enquanto outros não serão contemplados. Por isso, as metas de sustentabilidade devem ser estabelecidas respeitando-se não apenas os critérios ambientais, mas também aspectos de natureza econômica e social vinculados às atividades produtivas em prática.

Nesse sentido, foi desenvolvido um método de avaliação ponderada de impacto ambiental de atividades rurais denominado APOIA-NovoRural (Rodrigues; Campanhola, 2003). O sistema de indicadores tem como objetivo analisar a qualidade ambiental e o desempenho produtivo na escala dos estabelecimentos rurais e sua vizinhança imediata, em conformidade com os fundamentos quantitativos da Avaliação de Impactos Ambientais - AIA (Campanhola et al., 2004).

Em estudos de validação, APOIA NovoRural permitiu identificar, para atividades tipicamente agrícolas (horticultura), mistas agropecuárias/não agrícolas (pesque-pague), bem como atividades tipicamente não agrícolas (agroturismo), os valores de desempenho de cada conjunto de indicadores, com o objetivo de subsidiar revisões e formulações de políticas públicas para contribuir para prática sustentável das atividades rurais. Com relação aos estabelecimentos de pesque-pague, de maneira geral, os índices referentes às dimensões Ecologia de Paisagem, Valores Socioculturais, e Gestão e Administração poderiam ser sensivelmente melhorados com a adoção de algumas medidas práticas quanto à legalização e efetiva preservação das áreas de reserva legal e habitats naturais, melhoramento do acesso dos trabalhadores à educação, lazer e serviços básicos, implantação de sistemas de controle de despesas e receitas, busca de apoio técnico nas áreas de piscicultura e pesca esportiva, e apoio legal e jurí-

dico para a regulamentação da atividade de acordo com a legislação em vigor (Rodrigues et al., 2003; Queiroz et al., 2006b).

Rodrigues et al. (2005, 2008) e Rodrigues e Antunes (2005) também utilizaram o APOIA-NovoRural para realizar estudos dirigidos à gestão ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape (Paraíba, Brasil), visando à consolidação do Plano de Gestão Estratégica para essa Unidade de Conservação. O conjunto dos resultados foi organizado em um documento síntese de gestão ambiental territorial, apresentado em reuniões abertas realizadas com os atores sociais envolvidos, contribuindo para a conformação da base de dados para a formulação do Plano de Manejo da APA, no que concerne às atividades rurais, dentre elas a criação de camarões marinhos (Frighetto; Queiroz, 2005; Queiroz; Frighetto, 2005).

O Sistema APOIA-NovoRural tem sido aperfeiçoado em numerosos estudos nos contextos ambientais e produtivos mais variados (Rodrigues et al., 2010), e complementado com indicadores específicos em um módulo dedicado à aquicultura (APOIA-Aquicultura) (Portinho et al., 2021).

Esses desenvolvimentos visam subsidiar a Rede Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Reservatórios Brasileiros, que o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) implantou nas águas da União cedidas para atividade aquícola. Com base nesse tipo de análise integrada, as recomendações de manejo e adoção tecnológica tornam-se mais consistentes e eficazes, favorecendo a tomada de decisão e a correção do manejo produtivo (Portinho et al., 2021).

SISTEMA INFORMATIZADO DE APOIO ÀS BPM E GESTÃO AMBIENTAL DA AQUICULTURA E INCLUSÃO DIGITAL DE PISCICULTORES

No âmbito das atividades de promoção à inovação da cadeia produtiva da aquicultura, a Embrapa Meio Ambiente atendeu à necessidade de disponibilizar informação, métodos, sistemas computacionais e plataformas tecnológicas que contribuíssem para a rápida difusão de conhecimentos gerados por pesquisas da Unidade (e parceiros) para os piscicultores do país. Essas ações foram iniciadas há vários anos, quando a Unidade idealizou e submeteu à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP/PR), em 2006, o projeto Plataforma Tecnológica de Apoio à Gestão Ambiental da Aquicultura (Plataforma AMBI-Aqui). Essa proposta foi adaptada da proposta do projeto Sistema de informações ambientais de apoio à certificação das Boas Práticas Agrícolas de Controle e da Produção Integrada no Campo (Projesia), elaborado em 2000 e submetido à Coordenação Técnica da Programação de Qualidade Ambiental da Embrapa. O Projesia tinha foco no desenvolvimento de

um sistema de informações ambientais (hospedado em site com acesso via Internet e contendo Bancos de Dados (com dados captados por telemetria, mapas georreferenciados e Sistemas Especialistas (técnica de Inteligência Artificial (IA)), entre outras), para apoiar a certificação de Boas Práticas Agrícolas e de Controle, levando em consideração a proposta de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), e a Produção Integrada no Campo; ambas também conduzidas em projetos liderados pela Embrapa Meio Ambiente à época.

A Plataforma AMBI-Aqui foi encaminhada pela primeira vez à SEAP-PR em 2006. Embora não tenha sido aprovada, foi posteriormente submetida à chamada do Sistema Embrapa de Gestão e, então, aprovada como o Plano de Ação 5 Desenvolvimento de um sistema informatizado para a gestão ambiental da aquicultura com base em Boas Práticas de Manejo (BPM) do Projeto Componente Manejo e Gestão Ambiental da Aquicultura (PCMan) liderado pela Embrapa Meio Ambiente, e pertencente ao Projeto em Rede Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da Aquicultura no Brasil - Rede AquaBrasil, liderado pela Embrapa Pantanal.

As atividades previstas do PCMan foram realizadas com sucesso. Nele um sistema especialista foi desenvolvido, em linguagem *C Language Integrated Production System- CLIPS*, como ferramenta de apoio às Boas Práticas de Manejo da tilapicultura com foco no manejo da qualidade da água em sistema de produção de tilápia em viveiros escavados (Seixas et al., 2009). O uso desse sistema especialista demandaria uma alfabetização digital mínima do piscicultor, para viabilizar instalação e uso. Contudo, ao longo dos primeiros anos da condução dessa atividade de desenvolvimento, observou-se também a ausência de alfabetização digital para a maioria dos produtores nacionais.

Desse modo, foi também desenvolvido, pela mesma equipe, um sistema informatizado denominado Aquisys, de acesso *online* via *Web*, para viabilizar o conteúdo anterior entre outros elencados posteriormente, com base em informações do sistema de manejo e cultivo de peixes; estes, disponíveis à época em literatura técnico-científica de referência. Assim, o sistema Aquisys foi desenvolvido para subsidiar avaliações expeditas do sistema de produção de tilápia em viveiros escavados relacionadas às características da propriedade/local de produção e de avaliações rápidas do sistema produtivo. Ao longo do seu desenvolvimento, várias versões intermediárias foram apresentadas em eventos técnico-científicos nacionais, incluindo em um workshop do Projeto em Rede AquaBrasil, e internacionais da área de aquicultura e de desenvolvimento de software (Pessoa et al., 2009, 2010, 2011; Seixas et al., 2009, 2010) até que a versão protótipo Aquisys (v.1.0) fosse disposta para realização de testes finais de acesso *online* externo restrito (login/senha para público específico (pesquisadores do projeto AquaBrasil e/ou especialistas convidados) para testes de validação de acesso externo e conteúdo).

Os testes realizados sinalizaram que o conteúdo indicado pelo sistema Aquisys v.1.0 atendia somente às áreas produtoras pontuais de São Paulo e de Santa Catarina. Como o acesso público *online* pretendido inicialmente para esse sistema informatizado destinava-se aos produtores de tilápia em viveiros escavados de todo Brasil, e por não existir tempo para aprofundar a atividade de validação de conteúdo junto a um maior número de pesquisadores e produtores de tilápia em viveiros escavados do país, a versão Aquisys v.1.0 foi entregue em 2012 com o status de “em desenvolvimento” (Catálogo de Software da Embrapa-CATSOF RN nº19, 18/out/2012; ID Ainfo 12222/2012) ao final do projeto AquaBrasil (agosto/2012) (Resende; Queiroz, 2012).

Assim, o Aquisys v.1.0 não foi disponibilizado para acesso público externo ao final do projeto AquaBrasil. Com o insucesso da concretização da proposta da Rede AquaBrasil II, para dar continuidade às ações da Rede AquaBrasil, o novo projeto Validação do sistema informatizado para a gestão ambiental da aquicultura com base em Boas Práticas de Manejo (BPM) com foco em tilapicultura - Aquisys (Projeto Validação do Sistema Aquisys) foi elaborado em 2012 e submetido à Embrapa após o envio do relatório técnico final do projeto AquaBrasil (setembro/2012) (Resende; Queiroz, 2012). Esse projeto foi aprovado no final de 2012 e teve início em março de 2013, com duração até setembro/2015. Suas atividades atendiam à demanda urgente de revisão do conteúdo, telas e adequação de termos, bem como de maior atenção às orientações fornecidas para o sistema de manejo de viveiros escavados pelo sistema Aquisys v.1.0 e validação junto a produtores. Deste modo, o Projeto Validação do Sistema Aquisys foi realizado e apresentou seus dois resultados esperados: o software Aquisys validado e um método para prover a inclusão digital de produtores de tilápia pelo uso do software Aquisys validado. Contou com atividades de responsabilidade de pesquisadores da área de aquicultura da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA/Polo Regional Leste Paulista de Monte Alegre do Sul, São Paulo, bem como das Embrapa Meio Ambiente, Agropecuária Oeste, Pesca e Aquicultura, Amazônia Ocidental e Tabuleiros Costeiros.

As atividades de avaliação do conteúdo do Aquisys evidenciaram que, embora atendendo às instruções disponibilizadas por vários manuais da área de piscicultura e livros técnicos ainda em uso à época, não mais correspondiam àquelas da realidade local do sistema de produção alvo em suas áreas produtoras, exigindo validação em importantes áreas nacionais do sistema de produção de tilápia em viveiros escavados. Desse modo, realizou as readequações, reformulações, codificações e validações de conteúdo (técnico, visual e linguagem) e de acesso (por vários recursos computacionais e em diferentes localidades do Brasil) junto a produtores de tilápia em viveiros escavados de São Paulo (incluindo na Associação de Piscicultores de Itapira - ASPI) e aos pesquisadores, produtores e extensionistas de áreas de destaque nacional desse sistema de produção (do Oeste do estado do Paraná e do Noroeste do estado de

São Paulo) e de áreas de produção familiar no Nordeste e de Unidades da Embrapa e Universidades; entre outras áreas, validadas por contato a produtores/pesquisadores em grandes eventos da área de aquicultura (Congresso Brasileiro de Aquicultura e Biologia Aquática - Aquaciência 2014; considerado um dos maiores eventos mundiais da área de aquicultura).

Assim sendo, outras versões intermediárias do Aquisys foram disponibilizadas pelo Projeto Validação do Sistema Aquisys e igualmente submetidas aos processos de validações e codificações até atender ao conteúdo e formato adequados à compreensão e às principais demandas de seu público-alvo de áreas produtoras do país (Pessoa et al., 2014, 2015).

O desenvolvimento e validação do sistema foram concluídos com a apresentação do Sistema Informatizado de apoio às Boas Práticas de Manejo e Gestão Ambiental da Aquicultura com foco em tilápia em viveiro escavado - Aquisys v.1.3, disposto para acesso público *online* em maio/2015 no site <http://www.cnpma.embrapa.br/aquisys/> (CATSOFT v.2.0 30/05/2015) (Certificado de Registro de Programa de Computador INPI nº: BR 51 2018 000753-8; expedido em 29/05/2018). O Projeto Validação do Sistema Aquisys também realizou um Dia-de-Campo na TV e um Prosa Rural, veículos de difusão da Embrapa para produtores, para informar e capacitar piscicultores para o uso do Aquisys v.1.3 (Pessoa; Losekann, 2016a, 2016b). Em 2019, o Aquisys v.1.3 foi finalista do Prêmio “Inovação Aquícola - as melhores iniciativas do setor 2019” (da *Aquaculture* Brasil, *Aquishow* Brasil e *Seafood* Brasil), tendo ficado em 3º. lugar na Categoria “Políticas Institucionais” e, assim, reconhecido pela cadeia produtiva como importante ferramenta para o piscicultor nacional.

Ainda no âmbito dos resultados esperados pelo Projeto Validação do Sistema Aquisys, o “Método para promover a inclusão digital de produtores de tilápia pelo uso do Aquisys v.1.3” foi também disponibilizado (Pessoa et al., 2016, 2018). O método apresentou ações diferenciadas e sinérgicas para viabilizar a elaboração ou acesso à cursos de inclusão digital para áreas piscícolas brasileiras, utilizando o Aquisys v.1.3 como um instrumento atrativo às práticas a serem conduzidas. Portanto, fomentou o uso do Aquisys v.1.3, que poderia ser acessado de *smartphones* (entre outros recursos) de forma gratuita, como um motivador para elevar a inserção, a permanência e o maior interesse desses usuários nas atividades de inclusão digital a serem realizadas.

O método também apresentou estratégias distintas para prover os cursos de inclusão digital, considerando as oportunidades aos acessos locais à Internet, as diferentes faixas etárias das pessoas a serem capacitadas e a disponibilidade de projetos de inclusão digital existentes, à época, no país. Do mesmo modo, considerou os diferentes níveis educacionais dos produtores de tilápia, também identificados pelo Projeto Validação do Sistema Aquisys, propondo ações distintas para a inclusão digital de jovens (filhos de produtores) e adultos (produtores entre 21 e 60 anos e produtores na terceira

idade), examinando métodos validados disponíveis em literatura e indicando-os conforme cada fase. Também indicou as ações necessárias para iniciar novos projetos de inclusão digital, com base na composição de turmas conforme o grau de alfabetização digital dos participantes. Assim apresentado, o método focava atender mais rapidamente à carência de inclusão digital de piscicultores, com maior expectativa de sucesso, fomentando oportunidades ao maior acesso à informação, concomitantemente ao mais rápido acesso ao conhecimento de BPM; com consequente adoção de práticas sustentáveis na propriedade. O método de inclusão digital foi apresentado no “Congresso Brasileiro de Aquicultura e Biologia Aquática - tema: um olhar para a inovação” (Aquaciência 2018), tendo recebido o 1º lugar em pôster da categoria “Profissional”.

A estrutura do Aquisys v.1.3 facilita a inclusão/remoção de novas funcionalidades no seu código fonte computacional, sem demandar a inacessibilidade total das rotinas já disponibilizada a seus usuários. Por essa razão, está em desenvolvimento o Plano de Ação 12 “Novas rotinas do software Aquisys para BPM para a produção de tambaqui em viveiros escavados do nordeste e de tilápia em tanques-rede de responsabilidade da Embrapa Meio Ambiente, no Projeto Componente Manejo e Gestão Ambiental (PCMAN) liderado pela Embrapa Meio Ambiente; pertencente ao Projeto em Rede Ações estruturantes e inovação para o fortalecimento das cadeias produtivas da Aquicultura no Brasil (BRSAqua), liderado pela Embrapa Pesca e Aquicultura e financiado pela Embrapa e Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES).

O desenvolvimento dessas novas funcionalidades conta com as parcerias da APTA/Polo Regional Leste Paulista de Monte Alegre do Sul e das Embrapa Tabuleiros Costeiros e Agropecuária Oeste. Essas funcionalidades ampliarão as informações e avaliações expeditas de práticas locais (manejo, qualidade água, lucratividade) do usuário, conforme conjuntos mínimos de Boas Práticas de Manejo e Gestão Ambiental passíveis de adoção na propriedade piscícola também formuladas para os novos sistemas de produção-alvo, gerando o novo ativo de inovação: “Aquisys v.1.3 BRSAqua” (Cadastrado no CATSOFT em 22/05/2020). O PA12 previu atividades de difusão junto aos piscicultores de tilápia em tanque-rede realizadas em parceria com instituições públicas paulistas, que irão colaborar no suporte e apoio à realização de atividades de capacitação do uso das novas funcionalidades previstas e de multiplicadores para promover treinamentos junto aos piscicultores do Estado e entorno; além das demais previstas para outras áreas do país.

SISTEMA INTEGRADO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (SIMA) E REDE DE PESQUISA EM AQUICULTURA EM ÁGUAS DA UNIÃO

Dado o potencial de contaminação do sistema de produção de peixes em tanques-rede devido ao possível acúmulo de nutrientes no meio, o monitoramento de carbono, nitrogênio e fósforo, assim como de elementos potencialmente tóxicos consiste em informação importante para tomada de decisão quanto às melhores práticas de manejo a serem adotadas (Boyd; Queiroz, 2001b; Boyd et al., 2010).

Normalmente, o monitoramento da qualidade da água consiste na coleta de amostras em tempos definidos e consequente análise laboratorial (Baird et al., 2012). Este procedimento, por melhor e mais frequente que seja feito, apresenta uma imagem do momento das coletas, que muitas vezes não representam as pequenas variações físico, químicas e biológicas que podem ocorrer nos reservatórios devido às mudanças tanto por influência antrópica, como decorrentes das variações naturais do meio. Essas questões remetem a uma das principais demandas da Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) a Rede Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União (Sampaio et al., 2019a, 2019b, 2019d).

Para atender essa demanda em 14 de abril de 2008 foi apresentada uma palestra pelos pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), sobre o “Potencial do sensoriamento remoto hiperespectral para aplicações em agricultura e meio ambiente”, com destaque, para suas aplicações no monitoramento da aquicultura. A grande diferença entre o que faziam os pesquisadores da Embrapa, nas coletas e medições dos parâmetros de qualidade de água nos ambientes onde se praticava a aquicultura, e o que faziam os pesquisadores do Inpe, era exatamente a frequência com que eram obtidas e registradas as medidas. Enquanto as amostras para fins de aquicultura eram coletadas uma vez por dia em cada local, com espaçamento de dias e até semanas entre as coletas, o Inpe estava coletando as mesmas informações continuamente, em intervalos de minutos, 24 horas por dia, por vários meses.

Diante dessa constatação, ficou evidente a necessidade de desenvolvimento de técnicas que permitissem o monitoramento de alta frequência da qualidade de água nos ambientes de produção aquícola. Assim, foi elaborado um projeto conjunto que objetivava adaptar a tecnologia do SIMA (Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental), desenvolvida pelo Inpe, para aplicação em pisciculturas em tanques-rede no reservatório de Furnas, MG.

Para alcance desse objetivo diversas ações de pesquisa foram desenvolvidas incluindo o reconhecimento do estado do uso e ocupação do reservatório de Furnas,

pela piscicultura, envolvendo expedições de visita a todos os piscicultores instalados no reservatório entre os anos de 2011 e 2012.

A área objeto de estudo compreendeu quatro braços do reservatório de Furnas, todos localizados no braço do Rio Grande sendo uma área controle, ausente de pisciculturas e 3 áreas com produção de tilápia em tanques-rede. No ano de 2013 foram fundeadas um conjunto de seis Plataformas de Coleta de Dados (PCD), sendo uma delas o SIMA, permitindo transmissão dos dados limnológicos e meteorológicos em tempo real via satélite, e as demais registrando e armazenando os parâmetros limnológicos para posterior download. Dados oriundos do sistema foram utilizados como exemplo para o estudo de uma série temporal da temperatura da água, com objetivo de avaliar sua adequação à produção aquícola (Cara et al., 2013). Ao longo de 2 anos foram feitas a operação dos equipamentos, incluindo, toda manutenção, calibração e download dos dados para acompanhamento em tempo real dos parâmetros monitorados pelo SIMA e pelas Plataformas Secundárias foi desenvolvido um banco de dados <http://www.dsr.inpe.br/hidrosfera/aquicultura/>.

Destacam-se, como resultados e avanços obtidos na execução do Projeto: diagnóstico in loco sobre o uso e ocupação do reservatório de Furnas pela aquicultura (Losekann et al., 2014); uso de Imagens Oli/Landsat-8 e PCD limnológicos no monitoramento ambiental da piscicultura em tanques-rede (Leão et al., 2015); definição das microbacias de influência no entorno das áreas monitoradas, e identificação dos usos múltiplos; diagnóstico da produção agropecuária e possíveis contribuições destas atividades no recurso hídrico utilizado pela piscicultura (Salgado et al., 2013); classificação de parques aquícolas em função da resposta espectral multitemporal e definição de possíveis áreas sujeitas ou consideradas eutrofizadas (Bacega et al., 2013); construção e fundeio de um SIMA Aquicultura para monitoramento em tempo quase real de parâmetros limnológicos (Lorenzetti et al., 2014); desenvolvimento de um método para aplicação prática de dados coletados em alta frequência para a compreensão das variáveis em função da piscicultura em reservatório (Coutinho, 2015); monitoramento da emissão de gases de efeito estufa com ênfase na produção de metano (Ferreira et al., 2014; Silva et al. 2018); uso de imagens de satélite e dados limnológicos para o monitoramento da qualidade da água em áreas de produção aquícola (Lorenzetti; Coutinho, 2015; Costa, 2016); geração de dados inéditos sobre a influência da entrada de frentes frias nos processos de estratificação e mistura da coluna de água no cultivo de peixes (Araújo et al., 2017); a aplicação de técnicas de biomonitoramento com variáveis fisiológicas dos peixes demonstraram que não houve influência das alterações ambientais (Donetti et al., 2013; Gonçalves et al., 2013b, 2014); avaliação da dinâmica de metais potencialmente tóxicos em sedimentos da área de influência direta dos tanques-rede (Silva et al., 2014a); desenvolvimento de métodos para avaliação de resíduos de antimicrobianos dos filés de tilápias cultivados no reservatório (Orlando et al., 2016); monitoramento da

macrofauna bentônica e aplicação de métricas da estrutura da comunidade na área de influência direta (Carvalho et al., 2014; Silva et al., 2014b, 2014c); desenvolvido de um Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental (APOIA) específico para BPM em tanques-rede; avaliação dos impactos ambientais junto aos atores sociais envolvidos com o Parque Aquícola em levantamentos de campo subsidiados por indicadores (Rodrigues et al., 2013); identificação e análise das vantagens competitivas em empresas de aquicultura (Paseto, et al., 2016); geração de relatório global de planejamento estratégico como modelo de aplicação aos diversos contextos produtivos dos Parques Aquícolas na esfera Federal; e proposta de criação de uma Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União.

Também foi feita a comparação dos métodos de monitoramento de variáveis limnológicas em alta e baixa frequência, e verificou-se divergências nas séries geradas para os parâmetros limnológicos entre os dois métodos, concluindo que há a necessidade de revisão da resolução Conama 413/2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura para que novos processos de monitoramento mais adequados e efetivos sejam utilizados (Sampaio et al., 2021).

Ressalta-se o pioneirismo do Projeto Furnas em monitorar parâmetros limnológicos em alta frequência e no uso de dados meteorológicos para compreender sua influência na gestão da aquicultura. Foram colhidos resultados inéditos no monitoramento da aquicultura e mais de vinte instituições parcerias e 80 colaboradores diretos, entre pesquisadores, docentes, colaboradores, pesquisadores e bolsistas envolvidos. Mais de 9 milhões de dados foram gerados, e em função da complexidade de análise mais resultados serão publicados estando os dados disponíveis em modo aberto para futuros usos.

A política aquícola nacional visa garantir ao produtor áreas ordenadas e legalizadas para o desenvolvimento da atividade praticada em águas públicas. Diante disso, foi normatizada pelo Decreto n. 4.895 de 2003, que dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, regulamentado pela Instrução Normativa Interministerial n. 6 de 2004, que estabelece as normas complementares para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura (Brasil, 2018).

A criação da Rede Nacional de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União (Rede) foi primordial para a avaliação contínua dos impactos ambientais. Essa iniciativa envolveu a configuração da Rede em termos de número e localização dos reservatórios e estações de monitoramento, frequência de monitoramento, parâmetros a serem monitorados, tipo de análise, interpretação e divulgação dos resultados, e também para a seleção de instituições públicas e privadas com habilidades técnicas para compor a Rede e, ainda, uma política de acesso e disponibilidade de dados e das informações geradas (Sampaio et al., 2019c).

A proposição da Rede teve como base a necessidade de uma maior organização entre os atores envolvidos na temática de monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União para compreensão dos modelos de monitoramento, dos parâmetros a serem monitorados e da discussão dos dados gerados. Somado a isso havia a necessidade do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) de cumprir as condicionantes dos licenciamentos ambientais dos parques aquícolas com concessão em seu nome e que em sua maioria exigem planos de monitoramento ambiental. Desta forma, foi proposto um arranjo multi-institucional que inicialmente focou em identificar e organizar as instituições de ensino e pesquisa que trabalhassem no tema e, que em sua maioria, já estavam executando o monitoramento de parques aquícolas por demanda do próprio MPA. Também foi resultante deste trabalho em parceria com o Projeto da FAO o levantamento de modelos de regulamentação e monitoramento adotados por governos de outros países, nos permitindo compreender como está o Brasil diante dos parceiros globais (Silva; Sampaio, 2019).

A direção da Rede foi feita pela Secretaria de Aquicultura e da Pesca do Mapa, contando com o apoio da Embrapa Meio Ambiente na coordenação técnico e científico. A Rede é composta por quatro coordenações regionais (CR) representadas por pesquisadores no tema em nível regional, atualmente na Rede Nordeste as ações são coordenadas pela Embrapa Semiárido e pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), na Rede Sudeste pelo Instituto de Pesca e Embrapa Meio Ambiente, no Centro-Oeste pela Universidade Federal de Goiás e Embrapa Pesca e Aquicultura e no Sul pela Universidade do Vale do Itajaí e Embrapa Meio Ambiente. No arranjo institucional, os pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente, sempre estiveram à frente da coordenação técnico-científica da Rede. Além disso, foi inserido como parte de suas atividades de pesquisa no âmbito do projeto BRS-Aqua, financiado com recursos do Funtec-BNDES, SEAP/SG/PR, Embrapa e CNPq, um componente específico de Manejo e Gestão Ambiental da aquicultura. Sendo que parte das ações de pesquisa foram focadas em desenvolvimento tecnológicos para o monitoramento ambiental da aquicultura, incluindo desenvolvimento de ferramentas para o monitoramento por imagens de satélite, o biomonitoramento e softwares para suporte na coleta de informações no campo, além do apoio a estruturação da Rede com destaque nas ações dos GGR.

Desde 2018 coletas a campo nos reservatórios de Ilha Solteira e Chavantes vem sendo realizadas para avaliação da qualidade da água e do sedimento aquático, com o objetivo de elaborar um protocolo de biomonitoramento com uso de macroinvertebrados aquáticos. Os pontos de coleta estabelecidos nestes reservatórios incluem áreas de produção (próximo aos tanques rede) e áreas controle (em rios de contribuição às áreas de produção e áreas distantes dos tanques rede). Silva et al. (2021) descrevem o protocolo usado no biomonitoramento dos reservatórios no BRS Aqua.

Além disso, foi desenvolvido e disponibilizado um banco de dados digitalizado para armazenamento de informações, análise e interpretação dos resultados e seleção de índices físicos, químicos e biológicos de qualidade da água em viveiros escavados do interior paulista dos parques aquícolas (Crecci et al., 2018). Recentemente, foi disponibilizado o sistema *web* para gestão do banco de dados para avaliação da qualidade da água na piscicultura em reservatórios.

Parte dos esforços já realizados pela Rede foram apresentados no livro “Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União - Subsídios para a Proposição de um Plano Nacional de Monitoramento Ambiental da Aquicultura” (Sampaio et al., 2019a) onde é apresentada uma revisão técnico científica sobre monitoramento ambiental da aquicultura, as legislações nacionais que incidem sobre o tema, os exemplos de planos internacionais de monitoramento e a proposição de um modelo de monitoramento em âmbito nacional.

A publicação, intitulada “Monitoramento Ambiental da Aquicultura em Águas da União - Realidade Brasileira” (Sampaio et al., 2019b) é um portfólio de resultados de dados sobre o monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União continentais e marinha. O Portfólio está dividido em resultados apresentados para a piscicultura em tanques rede em reservatórios e a aquicultura marinha que envolveu informações de malacocultura, piscicultura e algicultura. Este conjunto de informações já permite a Rede promover uma ampla discussão sobre questões de ordenamento sustentável da aquicultura em águas da União. Por exemplo, existem trabalhos que destacam claramente a problemática da instalação da piscicultura em pequenos açudes no semiárido, a influência da diminuição do volume útil dos reservatórios no impacto da atividade e, principalmente, que a atividade pode ser instalada em locais de modo a não causar impactos substanciais. Porém, o principal propósito desta iniciativa é trazer à tona os modelos atualmente adotados no processo de monitoramento ambiental da atividade e discutir junto aos atores da Rede qual caminho devemos seguir.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A multidisciplinaridade dos temas que compõem os projetos de pesquisa executados pela Embrapa Meio Ambiente remete a necessidade da presença de uma equipe com especialização em áreas muito distintas. A própria missão da Embrapa Meio Ambiente a qualifica, portanto, para atuar em temas abrangentes e definidos como mandatários no seu planejamento estratégico de PD&I, como por exemplo, manejo e gestão de recursos hídricos. Atualmente, a Embrapa Meio Ambiente está à frente da coordenação de vários projetos nessa área. A gestão sustentável da água requer uma estrutura plurifocal, isto é, diferentes áreas das ciências focadas na gestão da água.

Nesse sentido, muitos esforços foram feitos a partir da execução de projetos de pesquisa, como por exemplo, o Projeto AquaBrasil e o Projeto BRS-Aqua que tiveram como objetivos estabelecer, respectivamente, as *Bases para o Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura no Brasil, por meio da proposição e validação de Boas Práticas de Manejo (BPM) para gestão ambiental da aquicultura, e o Fortalecimento da Política de Desenvolvimento Produtivo da Aquicultura no Brasil.*

Nesse panorama, a questão principal deixou de ser a implantação de um Laboratório de Referência de Água na Embrapa Meio Ambiente e, passou a ser buscar formas para potencializar o uso da infraestrutura e dos equipamentos já existentes na Unidade. A prioridade foi utilizar estratégias mais eficientes para potencializar, de um lado, a atuação dos diferentes especialistas no tema água, em todas as suas vertentes e usos, que perpassam mais de um projeto de pesquisa e, de outro, o caráter de dedicação múltiplo de equipamentos (isto é, atendimento a diferentes demandas de projetos de pesquisa) já existentes na Unidade.

Um dos pontos positivos foi induzir a execução de ações de pesquisa de forma afinada e sistêmica, facilitando a participação de especialistas tanto da Embrapa quanto de instituições parceiras, bem como, oferecer oportunidades de prospecção de novas demandas. Como resultado, esses projetos contribuíram para a congregação de um grupo de pesquisadores e especialistas, e também de analistas e assistentes, que estão atuando em torno de um tema comum que, é o uso múltiplo e racional da água como fonte de produção de alimentos, insumos e energia.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L. C. A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 6, n. 2, p. 158-170, 2003.
- ARAÚJO, C. A. S.; SAMPAIO, F. G.; ALCÂNTARA, E.; CURTARELLI, M. P.; OGASHAWARA, I.; STECH, J. L. Effects of atmospheric cold fronts on stratification and water quality of a tropical reservoir: implications for aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*, v. 9, p. 385-403, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA. *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2023*. São Paulo: 2023. 127 p.
- AVNIMELECH, Y. *Biofloc technology: a practical guidebook*. 2nd ed. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2012. 258 p.
- BACEGA, A. de O.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B. Classificação de parques aquícolas na represa de Furnas em função da resposta espectral multitemporal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. *Anais... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, 2013. p. 5435-5442.
- BAIRD, R. B.; RICE, E. W.; EATON, A. D.; CLESCERI, L.S. (ed.). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association, 2012. Paginação irregular.
- BIANCHI, M. B.; JERÔNIMO, G. T.; PÁDUA, S.B.; SATAKE, F.; ISHIKAWA, M. M.; TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L. Hematological profile in farmed Sorubim lima: reference intervals, cell morphology and cytochemistry. *Veterinarski Arhiv*, v. 84, n. 6, p. 677-690, 2014.
- BITTENCOURT, F. de O.; FRIGHETTO, R. T. S.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B.; ALMEIDA, E. A. PROD and BROD Modulation in Nile Tilapia after Exposure to 17 B Estradiol. *Journal of Life Sciences*, v. 5, n. 4, p. 287-290, 2011a.
- BITTENCOURT, F. de O.; FRIGHETTO, R. T. S.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B.; ALMEIDA, E. A. de; PALHARES, J. C. P. *Enzimas de biotransformação em tilápia (Oreochromis niloticus) exposta ao hormônio natural 17-estradiol*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011b. 32 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 61).
- BONIN, M. C. B.; PENTEADO, A. L.; QUEIROZ, S. C. N. Avaliação da atividade antagonista de bactérias ácido lácticas e seus metabólitos frente a patógenos de origem animal. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 10, p. 18511-18525, 2019.
- BOYD, C. E.; D'ABRAMO, L. R.; GLENCROSS, B. D.; HUYBEN, D. C.; JUAREZ, L. M.; LOCKWOOD, G. S.; MCNEVIN, A. A.; TACON, A. G. J.; TELETCHEA, F.; TOMASSO, J. R.; TUCKER, C. S.; VALENTI, W. C. Achieving sustainable Aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 51, n. 3, p. 578-633, 2020.
- BOYD, C. E.; LIM, C.; QUEIROZ, J. F. de.; SALIE, K.; WET, L.; McNEVIN, A. *Best management practices for responsible aquaculture*. Washington, DC: USAID: Aquaculture Collaborative Research Support Program, 2008. 47 p.

BOYD, C. E.; LIM, C.; SALIE, K.; WET, L.; QUEIROZ, J. F. de.; TAVARES, L. H. S. **Workshops on Guidelines for Developing Aquaculture Best Management Practices**: twenty-fourth annual technical report. Corvallis, OR: Aquaculture CRSP, Oregon State University, 2006. (Technical Report PD/A CRSP).

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de. Feasibility of Retention Structures, Settling Basins, and Best Management Practices in Effluent Regulation for Alabama Channel Catfish Farming. **Reviews in Fisheries Science**, v. 9, n. 2, p. 43-67, 2001a.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (org.). **Tópicos especiais em piscicultura tropical intensiva**. Jaboticabal: Associação Brasileira de Aquicultura e Biologia, 2004. v. 1, p. 25-43.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de. Nitrogen, Phosphorus Loads Vary by System - USEPA Should Consider System Variables in Setting New Effluent Rules. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4, n. 6, p. 84-86, 2001b.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. **Infofish International**, v. 2, p. 22-28, 2014.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de.; LEE, J. Y.; ROWAN, M.; WHITIS, G. N.; GROSS, A. Environmental assessment of channel catfish *Ictalurus punctatus* farming in Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 31, n. 4, p. 511-544, 2000a.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de.; McNEVIN, A. Perspectives on the responsible aquaculture movement. **World Aquaculture**, v. 44, n. 4, p. 14-21, 2013.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de.; WHITIS, G. N.; HULCHER, R.; OAKES, P.; CARLISLE, J.; ODOM, D.; NELSON, M. M.; HEMSTREET, W. G. **Best management practices for channel catfish farming in Alabama**. Auburn: Alabama Agricultural Experiment Station: Alabama Catfish Producers, 2003. 38 p.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. de.; WRIGHT, R. Managing Sport Fish Ponds to Lessen Nutrient Discharge to Streams. **Wildlife Trends: Practical Wildlife Management Information**, v. 2, n. 7, p. 13-15, 2002.

BOYD, C. E.; WHITIS, G. N.; QUEIROZ, J. F. de. An Assessment of the Environmental Impact of Alabama Channel Catfish Farming. **The Catfish Journal**, v. 15, n. 2, p. 14-18, 2000b.

BOYD, C. E.; WOOD, C. W.; CHANEY, P. L.; QUEIROZ, J. F. de. Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions. **Environmental Pollution**, v. 158, p. 2537-2540, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. Aprova o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. **Diário Oficial da União**, 1º dez. 2004. Seção 1, p. 63. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

BRUM, A.; VENTURA, A. S.; PÁDUA, S. B.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L.; JERÔNIMO, G. T. Hematological parameters of the hybrid serrasalmids farmed in central-western Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, p. e504, 2019.

- CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S.; VALARINI, P. J.; FRIGHETTO, R. T S.; QUEIROZ, J. F.; TOLEDO, L. G.; RAMOS FILHO, L. O.; BROMBAL, J. C. Avaliação do impacto ambiental de atividades do novo rural. In: CAMPANHOLA, C.; SILVA, J. G. da (org.). **O novo rural brasileiro: novas atividades rurais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. v. 6, p. 280-308.
- CARA, B. E. D.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C. Método para expansão de uma série temporal de temperatura da água a partir de dados do sistema automático de monitoramento de variáveis ambientais (SIMA): aplicação em aquicultura no Reservatório de Furnas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. *Anais... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, 2013. p. 5491-5498.
- CARDOSO, I. L. **Ácido cítrico em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.
- CARDOSO, I. L.; SOARES, M. P.; ANGELIS, C.; FERRI, G. H.; ISHIKAWA, M. M.; JONSSON, C. M.; RANTIN, F. T.; SAMPAIO, F. G. Physiological and biochemical responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute trichlorfon exposure. *International Aquatic Research*, v. 12, n. 4, p. 243-253, 2020.
- CARRA, M. L.; SAMPAIO, F. G.; GONÇALVES, V. T.; DAL'BÓ, G. A.; LOSEKANN, M. E.; BORGHESI, R.; SUCASSAS, L. F.; OETTERER, M. Antioxidant defenses and hematological changes in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) in response to different lipid sources. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 5., 2013, Botucatu. [Trabalhos apresentados...]. Botucatu: FMZ: UNESP, 2013.
- CARVALHO, N. C.; SILVA, M. S. G. M. e; SONODA, K. C.; LOSEKANN, M. E.; SAMPAIO, F. G. Chironomidae (Diptera, Insecta) do reservatório de Furnas (MG) e sua relação com a qualidade da água. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2014, Campinas. *Anais... Campinas: Instituto Agronômico*, 2014. RE Nº 144II. 7 p.
- CAVALETT, O.; QUEIROZ, J. F.; ORTEGA, E. Emergy accounting of fish aquaculture chains in Brazil. *Biologi Italiani*, v. 7, p. 53-61, 2007.
- CAVALETT, O.; QUEIROZ, J. F.; ORTEGA, E. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. *Ecological Modelling*, v. 193, n. 3-4, p. 205-224, 2006.
- CLEMENTE, Z.; CASTRO, V. L.; FEITOSA, L. O.; LIMA, R.; JONSSON, C. M.; N.MAIA, A. H.; FRACETO, L. F. Biomarker evaluation in fish after prolonged exposure to nano-tio2: influence of illumination conditions and crystal phase. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, v. 15, p. 5424-5433, 2015.
- COUTINHO, L. S. **Estimativa dos fluxos de calor de superfície no Reservatório de Furnas/Guapé (MG), por meio de dados in situ e infravermelho termal orbital**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- COSTA, D. A. **Avaliação do uso de dados termais de sensoriamento remoto no modelo computacional Elcom configurado para o Reservatório de Furnas (MG)**. 2016. 118 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 4, p. 559-567, 2010.

CRECCI, C.V.; SILVA, M.S.G.M.; LOSEKANN, M.E.; ISHIKAWA, M. M. **Sistema web para gestão de banco de dados para biomonitoramento na piscicultura em viveiros escavados**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2018. 21 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 115).

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

DAL'BÓ, G. A.; SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; QUEIROZ, J. F.; LUIZ, A. J. B.; WOLF, V. H. G.; GONÇALVES, V. T.; CARRA, M. L. Hematological and morphometric blood value of four cultured species of economically important tropical foodfish. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 2, p. 439-446, 2015.

DANTZGER, D. D.; DANTZGER, M.; JONSSON, C. M.; AOYAMA, H. In vitro effects of agriculture pollutants on microcrustacean and fish acid phosphatases. **Water Air and Soil Pollution**, v. 228, n. 10, article 391, 2017.

DANTZGER, D. D.; JONSSON, C. M.; AOYAMA, H. Mixtures of diflufenzuron and p-chloroaniline changes the activities of enzymes biomarkers on tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) in the presence and absence of soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 367-376, 2018.

DELLA FLORA, M. A.; BORGHESI, R.; Hisano, H. **Pinhão-mansô na alimentação de peixes: potencial e perspectivas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 43 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 126).

DIANA, J. S.; EGNA, H. S.; CHOPIN, T.; PETERSON, M. S.; CAO, L.; POMEROY, R.; VERDEGEM, M.; SLACK, W. T.; BONDAD-REANTASO, M. G.; CABELLO, F. Responsible aquaculture in 2050: valuing local conditions and human innovations will be key to success. **BioScience**, v. 63, n. 4, p. 255-262, 2013.

DONETTI, L. de A. R.; SAMPAIO, F. G.; THOMAZ, J. M. Caracterização morfológica de brânquias de *Oreochromis niloticus* criadas em tanques redes no Reservatório de Furnas/MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: Simesp, 2013. 4 p.

FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. C. N.; ROSA, M. A.; SOUZA, D. R. C.; QUEIROZ, J. F.; PARAIBA, L. C. Análise de agrotóxicos organoclorados em camarão e pescado por cromatografia a gás com detector de micro captura de elétrons (GC- μ ECD). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente** v. 24, p. 13-20, 2014.

FERREIRA, W. J.; BRAZ, L.; MARANI, L.; ALVALÁ, P. C.; PACKER, A. P. C.; SAMPAIO, F. G. Emissão de gases de efeito estufa na produção de pescados em tanques-rede no reservatório de Furnas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 6., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2014.

FERRI, G. H.; CARDOSO, I. L.; GIL, J. A.; JONSSON, C. M.; RANTIN, F. T.; ISHIKAWA, M. M. Determination of acute median lethal concentration and sublethal effects on AChE activity of *Gymnotus carapo* (Teleostei: Gymnotidae) exposed to trichlorfon. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, v. 57, n. 3, p. e169354, 2020.

FRASCA-SCORVO, C. M. D.; LOSEKANN, M. E.; QUEIROZ, J. F. de; SCORVO Filho, J. D.; TURCO, P. G. N. **Avaliação da frequência alimentar no desempenho de tilápia em uma represa rural.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017a. 17 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 75).

FRASCA-SCORVO, C. M. D.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E. Boas práticas de manejo (BPM) aplicadas à qualidade da água da aquicultura em viveiros e tanques-rede instalados em reservatórios. In: AYROZA, L. M. S. (coord.). **Piscicultura.** Campinas: CATI, 2011. p. 161-174.

FRASCA-SCORVO, C. M. D.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E. Manejos de tilápia em tanques-rede em represa rural do leste paulista: estudo de caso. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 16, n. 2, p. 1-5, jul./dez. 2019.

FRASCA-SCORVO, C. M. D.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E.; SCORVO FILHO, J. D.; TURCO, P. H. N.; LUIZ, A. J. B. **Efeito da frequência alimentar no desempenho produtivo de diferentes linhagens de tilápia.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017b. 18 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).

FRASCA-SCORVO, C. M.; SCORVO FILHO, J. D.; DONADELLI, A.; TURCO, P. H. N.; **Piscicultura em tanques rede em represas rurais.** **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 1-5, 2012.

FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; TURCO, P. H. N.; ALVES, J. M. C.; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E. **Desempenho zootécnico da tilápia em tanques-rede em represa rural com diferentes concentrações de proteína bruta.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2018. 20 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 79).

FRIGHETTO, R. T. S.; QUEIROZ, J. F. de. Gestão de agroecossistemas e qualidade das águas. In: RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I. A.; NEVES, M. C. M. **Avaliação de impactos ambientais para gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape-PB.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. p. 88-110.

FUJIMOTO, R. Y.; CHAGAS, E. C.; ISHIKAWA, M. M.; BENAVIDES, M. V.; PEREIRA, A. M. L.; IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O.; BOIJINK, C. de L.; MAJOLO, C.; DIAS, M. T.; PEREIRA, S. L. A.; HIDE, D. M. V. **Procedimentos analíticos para avaliação de doenças de peixes.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015a. 62 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 204).

FUJIMOTO, R. Y.; HIDE, D. M. V.; PAIXÃO, P. E. G.; ABE, H. A.; DIAS, J. A. R.; SOUSA, N. C.; COUTO, M. V. S.; SILVA, R. V. B.; MADI, R. R.; BENAVIDES, M. V.; ISHIKAWA, M. M.; CHAGAS, E. C.; BOIJINK, C. de L.; DOMPIERI, M. H. G.; PEREIRA, A. M. L.; MACIEL, P. O. Fauna parasitária e relação parasito-hospedeiro de tambaquis criados na região do Baixo São Francisco, nordeste do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 2, p. 563-570, 2019.

FUJIMOTO, R. Y.; ISHIKAWA, M. M.; IWASHITA, M. K. P.; MACIEL, P. O.; BENAVIDES, M. V.; HIDE, D. M. V.; SILVA, R. V. B.; SANTOS, B. de J.; PAIXAO, P. E. G.; CORREA JUNIOR, E. C.; CHAGAS, E. C.; DOMPIERI, M. H. G. **Doenças parasitárias e manejo profilático de tambaquis (*Colossoma macropomum*) na região do Baixo São Francisco.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015b. 42 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 195).

GLENCROSS, B. Understanding the nutritional and biological constraints of ingredients to optimize their application in aquaculture feeds. In: NATES, S. F. (ed.). **Aquafeed formulation.** San Diego, CA: Academic Press, 2016. p. 33-73.

GOMES, J. R. **Hidrolisado proteico de fígado de aves como aditivo em dietas para tilápia do Nilo**. 2020. 70 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GONÇALVES, V. T.; SAMPAIO, F. G.; DALBÓ, G. A.; CARRA, M. L.; SANTANA, F. S. Avaliação hematológica da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em tanques rede no reservatório de Furnas/MG. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 6., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2014.

GONÇALVES, V. T.; SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H.; ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; OETTERER, M.; DALBÓ, G. A. Hematological changes in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) in response to different levels of fish silage as fish feed. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 5., 2013, Botucatu. [Anais...] Botucatu: Unesp, 2013a.

GONÇALVES, V. T.; SAMPAIO, F. G.; THOMAZ, J. M.; SANTANA, F. S.; CARRA, M. L. Uso dos parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cultivadas em tanques rede no Reservatório de Furnas/MG, como ferramenta no biomonitoramento. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: Sindicato das Entidades Mantenedoras de Ensino Superior (Semesp), 2013b. 10 p.

GRISOLIA, C. K.; RIVERO, C. L. G.; STARLING, F. L. R. M.; SILVA, I. C. R. D.; BARBOSA, A. C.; DOREA, J. G. Profile of micronucleus frequencies and DNA damage in different species of fish in a eutrophic tropical lake. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 1, p. 138-143, 2009.

HASHIMOTO, J. C.; PASCHOAL, J. A. R.; QUEIROZ, J. F. de; REYES, F. G. R. Considerations on the use of malachite green in aquaculture and analytical aspects of determining the residues in fish: a review. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, Binghamton, v. 20, n. 3, p. 273-294, 2011.

HASHIMOTO, J. C.; PASCHOAL, J. A. R.; QUEIROZ, S. C. do N. de; FERRACINI, V. L.; ASSALIN, M. R.; REYES, F. G. R. A simple method for the determination of malachite green and leucomalachite green residues in fish by a modified QuEChERS extraction and LC/MS/MS. **Journal of AOAC International**, v. 95, n. 3, p. 913-922, 2012.

HERMES, L. C. **Guia prático para a caracterização e priorização de comunidades quanto ao manejo sustentável dos recursos hídricos locais, com ênfase na dessalinização de água salobra**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 64 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 60).

HISANO, H.; BARBOSA, P. T. L.; HAYD, L. de A.; MATTIOLI, C. C. Comparative study of growth, feed efficiency, and hematological profile of Nile tilapia fingerlings in biofloc technology and recirculating aquaculture system. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 3, article 60, 2021a.

HISANO, H.; BARBOSA, P. T. L.; HAYD, L. de A.; MATTIOLI, C. C. Evaluation of Nile tilapia in monoculture and polyculture with giant freshwater prawn in biofloc technology system and in recirculation aquaculture system. **International Aquatic Research**, v. 11, n. 4, p. 335-346, 2019a.

HISANO, H.; BORGHESI, R. **Composição química e qualidade microbiológica de silagens ácidas de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) preparadas com diferentes proporções de ácidos fórmico e cítrico**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 29 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 72).

HISANO, H.; DELLA FLORA, M. A. L.; PILECCO, J. L.; MENDONCA, S. Apparent digestibility of nutrients, energy, and amino acid of nontoxic and detoxified physic nut cakes for Nile tilapia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 8, p. 849-853, 2015a.

HISANO, H.; NARVÁEZ-SOLARTE, W. V.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Desempenho produtivo de alevinos de tilápia-do-nilo alimentados com levedura e derivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 1035-1042, jul. 2007.

HISANO, H.; PARISI, J.; CARDOSO, I. L.; FERRI, G. H.; FERREIRA, P. M. F. Dietary protein reduction for Nile tilapia fingerlings reared in biofloc technology. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 2, p. 452-462, 2019b.

HISANO, H.; PILECCO, J. L.; LARA, J. A. F. de. Corn gluten meal in pacu *Piaractus mesopotamicus* diets: effects on growth, haematology, and meat quality. **Aquaculture International**, v. 24, n. 4, p. 1049-1060, 2016.

HISANO, H.; PINHEIRO, V. R.; LOSEKANN, M. E.; SILVA, M. S. G. M. e. Effect of feeding frequency on water quality, growth, and hematological parameters of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared using biofloc technology. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 33, n. 2, 96-110. 2021b.

HISANO, H.; SANCHEZ, M. S. S.; NASCIMENTO, M. S. Citric acid as a feed additive in pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) diets. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 33, n. 3, p. 478-484, 2017a.

HISANO, H.; SOARES, M. P.; LUIGGI, F. G.; ARENA, A. C. Dietary β -glucans and mannanoligosaccharides improve growth performance and intestinal morphology of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture International**, v. 26, n. 1, p. 213-223, 2017b.

HOOFTMAN, R. N.; RAAT, W. K. Induction of nuclear abnormalities (micronuclei) in the peripheral blood erythrocytes of the eastern mudminnow *Umbra pygmaea* by ethyl methanesulphonate. **Mutation Research**, v. 104, n. 1-3, p. 147-152, 1982.

HOMKLIN, S.; ONG, S. K.; LIMPIYAKOM, T. Biotransformation of 17[α]-methyltestosterone in sediment under different electron acceptor conditions. **Chemosphere**, v. 82, n. 10, p. 1401-1407, 2011.

ISHIKAWA, M. M.; FERRI, G. H.; DIAS, D. V.; DONETTI, L.A.R.; QUEIROZ, J. F. **Boas práticas de manejo para melhoria do treinamento alimentar de tuviras *Gymnotus sp.*** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017a. 15 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 27).

ISHIKAWA, M. M.; FERRI, G. H.; SOUZA, B. H.; DIAS, D. V.; DONETTI, L.A.R.; QUEIROZ, J. F. **Avaliação da sanidade de tuviras mantidas em um estabelecimento comercial: recomendações práticas para prevenção de doenças.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2017b. 14 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 28).

ISHIKAWA, M. M.; QUEIROZ, J. F. de; NASCIMENTO, J. L. do; PÁDUA, S. B. de; MARTINS, M. L. **Uso de biomarcadores em peixe e boas práticas de manejo sanitário para a piscicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. 28 p. il. color. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 126).

ISHIKAWA, M. M.; SILVA, M. S. G. M. e; PÁDUA, S. B. de; OLIVEIRA, J. A.; DIAS, D. V. L.; SOUZA, B. H. **Procedimentos básicos para monitoramento da parasitofauna de peixes**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 5 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 24).

JERÔNIMO, G. T.; BRUM, A.; PÁDUA, S. B. de; GONÇALVES, E. L. T.; CAPECCI, R. S.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L. Haematological parameters of the hybrid surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans*) farmed in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 58, n. 2, p. 254-261, 2014a.

JERÔNIMO, G. T.; FRANCESCHINI, L.; ZAGO, A. C.; SILVA, R. J. da; PÁDUA, S. B. de; VENTURA, A. S.; ISHIKAWA, M. M.; TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L. Parasitos de peixes Characiformes e seus híbridos cultivados no Brasil. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. dos S. (org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015. v. I, cap. 15, p. 283-304.

JERÔNIMO, G. T.; PÁDUA, S. B. de; BAMPI, D.; GONÇALVES, E. L. T.; GARCIA, P.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L. Haematological and histopathological analysis in South American fish *Piaractus mesopotamicus* parasitized by monogenean (Dactylogyridae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 4, p. 1000-1006, 2014b.

JERÔNIMO, G. T.; PÁDUA, S. B.; VENTURA, A. S.; GONÇALVES, E. L. T.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L. Parasitological assessment in the hybrid surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans*), with uncommon occurrence of Monogenea parasites. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 25, n. 2, p. 179-186, 2016.

JERÔNIMO, G. T.; VENTURA, A. S.; PÁDUA, S. B. de; FERREIRA, L. C.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L. Parasitological assessment in hybrids Serrasalminidae fish farmed in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, n. 4, e012920, 2020.

JESUS, T. B.; DE CARVALHO, C. E. V. Utilização de biomarcadores em peixes como ferramenta para avaliação de contaminação ambiental por mercúrio (Hg). **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 680-693, 2008.

JONSSON, C. M.; ARANA, S.; FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. C. do N. de; CLEMENTE, Z.; VALLIM, J. H.; MAIA, A. de H. N.; MOURA, M. A. M. de. Herbicide mixtures from usual practice in sugarcane crop: evaluation of oxidative stress and histopathological effects in the tropical fish *Oreochromis niloticus*. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228, n. 11, article 332, 2017.

JONSSON, C. M.; AOYAMA, H. Alteração da atividade enzimática em organismos aquáticos por poluentes de origem agrícola: uma abordagem geral e sobre a suscetibilidade da fosfatase ácida. **Química Nova**, v. 33, n. 4, p. 920-928, 2010.

JONSSON, C. M.; AOYAMA, H. In vitro effect of agriculture pollutants and their joint action on *Pseudokirchneriella subcapitata* acid phosphatase. **Chemosphere**, v. 69, n. 6, p. 849-855, 2007.

JONSSON, C. M.; FERRACINI, V. L.; PARAIBA, L. C.; RANGEL, M.; AGUIAR, S. R. Alterações bioquímicas e acúmulo em pacus (*Metynnis argenteus*) expostos ao paclobutrazol. **Scientia Agricola**, v. 59, n.3, p. 441-446, 2002.

KARA, A. K.; FAKIOGLU, O.; KOTAN, R.; ATAMANALP, M.; ALAK, G. The investigation of bioremediation potential of *Bacillus subtilis* and *B. thuringiensis* isolates under controlled conditions in freshwater. **Archives of Microbiology**, v. 203, n. 5, p. 2075-2085, 2021.

- KIMPARA, J. M.; MORAES-VALENTI, P.; QUEIROZ, J. F. de; NEW, M. B. Effects of intensification of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*, grow-out on effluent quality. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, n. 2, p. 210-219, 2013.
- KITAMURA, P. C.; LOPES, R. B.; CASTRO, F. G.; QUEIROZ, J. F. de. Avaliação ambiental e econômica dos lagos de pesca esportiva na Bacia do Rio Piracicaba. **Boletim de Indústria Animal**, v. 56, n. 1, p. 95-107, 1999.
- KITAMURA, P. C.; QUEIROZ, J. F. de; LOPES, R. B.; CASTRO, F. G.; BOYD, C. E. Environmental and economic assessment of fee-fishing in São Paulo state, Brazil. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 12, n. 4, p. 23-41, 2002.
- LEÃO, J. A. D.; STECH, J. L.; CURTARELLI, M. P.; ARAÚJO, C. A. S.; OGASHAWARA, I.; SAMPAIO, F. G.; LORENZZETTI, J. A. Uso de imagens OLI/Landsat-8 e plataformas de coleta de dados limnológicos no monitoramento ambiental da piscicultura em tanque-rede no reservatório de Furnas-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015.
- LINS, J. A. P. N.; KIRSCHNIK, P. G.; QUEIROZ, V. da S; CIRIO, S. M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 4, p. 469-484, 2010.
- LOPES, R. B.; OLINDA, R. A.; SOUZA, B. A. I.; CYRINO, J. E. P.; DIAS, C. T. S.; QUEIROZ, J. F. de; TAVARES, L. H. S. Efficiency of bioaugmentation in the removal of organic matter in aquaculture systems. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 409-419, 2011.
- LOSEKANN, M. E.; HISANO, H.; DOMINGOS, P. R. Diagnóstico preliminar da produção em tanques-rede da associação de produtores do município de Guapé, MG. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 6., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2014.
- LORENZZETTI, J. A.; ARAÚJO, C. A. S.; STECH, J. L. Um sistema de coleta automática de dados ambientais para corpos hídricos em apoio à aquicultura. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2014, São Carlos, SP. **Anais do SIAGRO: ciência, inovação e mercado 2014**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2014.
- LORENZZETTI, J. A.; COUTINHO, L. S. **Assessing space/time variability of inland waters surface temperature using remote sensing and in situ data**. 2015. Trabalho apresentado ao Aquatic Sciences Meeting of the Association for the Sciences of Limnology and Oceanography (ASLO), held at Granda, Spain, 22-27 February 2015.
- LÜCKSTÄDT, C. **Acidifiers in animal nutrition**. [S.l.]: Nottingham University, 2008.
- LUIS, A. I. S.; CAMPOS, E. V. R.; OLIVEIRA, J. L. de; GUILGER-CASAGRANDE, M.; LIMA, R. de; CASTANHA, R. F.; CASTRO, V. L. S. S. de; FRACETO, L. F. Zein nanoparticles impregnated with eugenol and garlic essential oils for treating fish pathogens. **ACS Omega**, v. 5, n. 25, p. 15557-15566, 2020.
- LUIS, A. I. S.; CAMPOS, E. V. R.; OLIVEIRA, J. L. de; VALLIM, J. H.; PROENÇA, P. L. de F.; CASTANHA, R. F.; CASTRO, V. L. S. S. de; FRACETO, L. F. Ecotoxicity evaluation of polymeric nanoparticles loaded with ascorbic acid for fish nutrition in aquaculture. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 19, n. 1, article 163, 2021.

MADI, R. R.; UETA, M. T. O papel de Ancyrocephalinae (Monogenea: Dactylogyridae), parasito de *Geophagus brasiliensis* (Pisces: Cichlidae), como indicador ambiental. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, n. 2, p. 38-41, 2009.

MADI, R. R.; UETA, M. T. Parasitas de peixe como indicadores ambientais. In: SILVA-SOUZA, A. T.; LIZAMA, M. de los A. P.; TAKEMOTO, R. M. **Patologia e sanidade de organismos aquáticos**. Maringá: Massoni, 2012. p. 33-58.

NUNES, K. S. D.; ASSALIN, M. R.; VALLIM, J. H.; JONSSON, C. M.; QUEIROZ, S. C. do N. de; REYES, F. G. R. Multiresidue method for quantification of sulfonamides and trimethoprim in tilapia fillet by liquid chromatography coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry using QuEChERS for sample preparation. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**, v. 2018, article 4506754, 2018a.

NUNES, K. S. D.; VALLIM, J. H.; ASSALIN, M. R.; QUEIROZ, S. C. do N. de; PARAIBA, L. C.; JONSSON, C. M.; REYES, F. G. R. Depletion study, withdrawal period calculation and bioaccumulation of sulfamethazine in tilapia (*Oreochromis niloticus*) treated with medicated feed. **Chemosphere**, v. 197, p. 89-85, 2018b. 2018b.

OLIVEIRA FILHO, E. C.; MUNIZ, DAPHNE H. F.; FREIRE, I. S.; RAMOS, F. R.; ALVES, R. T.; JONSSON, C. M.; GRISOLIA, C. K.; MONNERAT, R. G. Susceptibility of non-target invertebrates to Brazilian microbial pest control agents. **Ecotoxicology**, v. 20, n. 6, p. 1354-1360, 2011.

ORLANDO, E. A.; ROQUE, A. G. C.; LOSEKANN, M. E.; SIMIONATO, A. V. C. UPLC-MS/MS determination of florfenicol and florfenicol amine antimicrobial residues in tilapia muscle. **Journal of Chromatography B**, v. 1035, p. 8-15, 2016.

PÁDUA, S. B. de; JERÔNIMO, G. T.; ISHIKAWA, M. M.; BELO, M. A. de A.; MARTINS, M. L.; PELISARI, T.; KASAI, R. Y. D.; CARRIJO-MAUAD, J. R. Parasitological assessment and host-parasite relationship in farmed Cachara catfish fingerlings (*Pseudoplatystoma reticulatum* Eigenmann & Eigenmann 1889), Mato Grosso do Sul, Brazil. **Neotropical Helminthology**, v. 8, n. 1, p. 37-45, 2014a.

PÁDUA, S. B. de; MARQUES, D. P.; SEBASTIÃO, F. A.; PILARSKI, F.; MARTINS, M. L.; ISHIKAWA, M. M. Isolation, characterization and pathology of *Citrobacter freundii* infection in native Brazilian catfish *Pseudoplatystoma*. **Brazilian Journal of Veterinary Pathology**, v. 7, n. 3, p. 151-157, 2014b.

PÁDUA, S. B. de; MARTINS, M. L.; VALLADÃO, G. M. R.; UTZ, L.; ZARA, F. J.; ISHIKAWA, M. M.; ANDRADE BELO, M. A. de. Host-parasite relationship during *Epistylis* sp. (Ciliophora: Epistylididae) infestation in farmed cichlid and pimelodid fish. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 520-526, maio 2016.

PÁDUA, S. B.; MENEZES-FILHO, R. N.; MARTINS, M. L.; BELO, M. A. A.; ISHIKAWA, M. M.; NASCIMENTO, C. A.; SATURNINO, K. C.; CARRIJO-MAUAD, J. R. A survey of epitheliocystis disease in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) in Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 31, n. 5, p. 927-930, 2015.

PASETO, L. A.; PATINO, M. T. O.; ALCANTARA, M. R. Analysis of creating value in aquaculture enterprises through economic social and environmental indicators. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 47, p. 4840-4845, 2016.

PEREIRA, S. L. A.; CHAGAS, E. C.; MACIEL, P. O.; BENAVIDES, M. V.; MAJOLO, C.; BOIJINK, C. de L.; TAVARES-DIAS, M.; ISHIKAWA, M. M.; FUJIMOTO, R. Y.; BRANDÃO, F. R.; SOUSA, K. L. de; MORAIS, M. da S.; MARTINS, V. F. da S. **Agentes patogênicos de tabaquis cultivados, com destaque para registros em Rio Preto da Eva, AM.** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2016. 80 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 127).

PESSOA, M. C. P. Y.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H.; SCORVO FILHO, J. D.; SILVA, C. A. da; SILVA, M. S. G. M. e; SAMPAIO, F. G.; INOUE, L. A. K. A.; BERGAMIN, G. T.; QUEIROZ, J. F. de; PAZZIANOTTO, C. B. **Aquisys v. 1.3- validated version of the computer system to support best management practices (BPM) and environmental management for aquaculture in Brazil.** In: FENACAM & LACQUA/SARA (WAS)'15, 2015, Fortaleza. **Science & Industry joining forces to meet seafood demands: abstracts...** Fortaleza: ABCC; World Aquaculture Society, 2015. p. 210. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139446/1/PC3A1ginas20de20abstract20210-20Aquisys-fenacam-20153.pdf>. Acesso em 14 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; LOSEKANN, M. E.; SILVA, M. S. G. M. e; SILVA, C. A. da; HISANO, H.; SCORVO FILHO, J. D.; INOUE, L. A. K. A. **Incentivo à inclusão digital de produtores de tilápia pelo uso do sistema informatizado Aquisys v.1.3.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 8., 2018, Natal. **Um olhar para a inovação: resumos.** Londrina: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190072/1/RA-PessoaMCPY-et-al-Aquaciencia2018-Incentivo....pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; LOSEKANN, M. E.; SILVA, M. S. G. M. e; SILVA, C. A. da; HISANO, H.; SCORVO FILHO, J. D.; INOUE, L. A. K. A. **Método para promover a inclusão digital de produtores de tilápia pelo uso do Aquisys v.1.3.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 52 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 104). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146451/1/2016DC03.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; LOSEKANN, M. E. **AQUISYS versão 1.3: sistema informatizado de apoio às boas práticas de manejo e gestão ambiental na aquicultura.** Dia de Campo na TV. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016a. Programa de TV. Disponível em: <https://youtu.be/utznxkrTOiY>. Acesso: 21 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; LOSEKANN, M. E. **AQUISYS v. 1.3: sistema informatizado para manejo e gestão ambiental da aquicultura: programa 13: Centro-Oeste/Sudeste.** In: PROGRAMA Prosa Rural: Centro-Oeste/Sudeste: abril. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016b. 1 CD-ROM. Programa de rádio. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142337/1/10-PGM-13-CENTRO-OESTE.mp3>. Acesso: 21 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; LOSEKANN, M. E.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; HISANO, H.; SCORVO FILHO, J. D.; SILVA, C. A. da; BERGAMIN, G. T.; SAMPAIO, F. G.; SILVA, M. S. G. M. e **Aquisys 1.2: sistema informatizado de apoio às boas práticas de manejo (BPM) e gestão ambiental da aquicultura.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 6., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115104/1/2014RA-017.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; SEIXAS, A. F. R.; LOSEKANN, M. E.; QUEIROZ, J. F. de; SILVA, M. S. G. M. e. Sistema computacional para apoyar las buenas prácticas de gestión de la acuicultura en Brasil (AQUISYS) - énfasis en la tilapicultura. In: CONGRESO NACIONAL DE ACUICULTURA, 12., 2009, Madrid. **Con la acuicultura alimentamos tu salud: libro de resúmenes**. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009. p. 714-715. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61584/1/2009AA003.pdf>. Acesso: 14 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; SEIXAS, A. F. R.; LOSEKANN, M. E.; QUEIROZ, J. F. de; SILVA, M. S. G. M. e; PAZZIANOTTO, C. Aquisys – a computer system to support good practices of management for Brazilian tilapiculture. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL MODELLING AND SOFTWARE, 2010, Ottawa. **Modelling for environment's sake: proceedings - conference edition**. Ottawa: IEMSS, 2010. 8 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61582/1/2010AA001.pdf>. Acesso: 21 jul. 2021.

PESSOA, M. C. P. Y.; SEIXAS, A. F. R.; LOSEKANN, M. E.; SILVA, M. S. G. M. e; PAZZIANOTTO, C. B.; INOUE, L. A. K. A.; QUEIROZ, J. F. de. A web-system to evaluate the use of best management practices on tilapia culture in Brazil. **WORD AQUACULTURE 2011 - AQUACULTURE FOR A CHANGING WORLD, 2011**, Natal. Conference abstracts... Natal: World Aquaculture Society, 2011. p. 1181. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61644/1/2011RA096.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

POOPATHI, S.; THIRUGNANASAMBANTHAM, K.; MANI, C.; LAKSHMI, P.V.; RAGUL, K. Purification and characterization of keratinase from feather degrading bacterium useful for mosquito control. a new report. **Tropical Biomedicine**, v. 31, n. 1, p. 97-109, 2014.

PORTINHO, J. L.; SILVA, M. S. G. M. e; QUEIROZ, J. F. de; BARROS, I. de; GOMES, A. C. C.; RUOCCO, A. M. C.; LOSEKANN, M. E.; KOGA-VICENTE, A.; ARAUJO, L. S. de; VICENTE, L. E.; RODRIGUES, G. S. **Indicadores para avaliação de boas práticas de manejo na produção de tilápia em tanques-rede**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021. 46 p. il. color. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 92).

QUEIROZ, J. F. de. **Boas práticas de manejo (BPM) para a aquicultura em viveiros escavados e em reservatórios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 8 p. il. color. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 25).

QUEIROZ, J. F. de; ALVES, J. M. C.; LOSEKANN, M. E.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; FERRI, G. H.; ISHIKAWA, M. M. **Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021b. 36 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 130).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Boas práticas de manejo (BPMs) para reduzir o acúmulo de amônia nos viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 44).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Boas práticas de manejo para manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 9 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 54).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Calagem e controle da acidez dos viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006a. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 14).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Determinação do percentual de troca de água em função do acúmulo de amônia (NH₃) nos viveiros de piscicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 4 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 47).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C. **Recomendações práticas para o manejo de sedimentos do fundo dos viveiros de aquíicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006b. 6 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 37).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C.; NICOLELLA, G. **Efeitos da aplicação de grandes quantidades de calcário agrícola em viveiros de piscicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 26 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C.; SILVA, M. S. G. M. e. Amostragem de sedimentos do fundo de lagos, represas e viveiros de aquíicultura para análise físico-químicas. In: FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de. (ed.). **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006a. p. 137-151.

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C.; SILVEIRA, M. P. **Coleta e preparação de amostras de sedimentos em viveiros de aquíicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. 2006a Comunicado Técnico, 17).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C.; SILVEIRA, M. P. Coleta e preparo de amostras de sedimentos do fundo de viveiros de aquíicultura. In: CONGRESO VIRTUAL IBEROAMERICANO SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD EN LABORATORIOS, 2., 2003, Valladolid. **Resúmenes...** Valladolid: ITACYL, 2004b. v. I, p. 533-541.

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C.; SILVEIRA, M. P. **Coletor simplificado de sedimentos do fundo de viveiros de aquíicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004c. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 16).

QUEIROZ, J. F. de; BOYD, C. E. **Effects of a bacterial inoculum in channel catfish ponds.** Journal of the World Aquaculture Society, v. 29, n. 1, p. 67-73, 1998.

QUEIROZ, J. F. de; BOYD, C. E.; GROSS, A. Evaluation of a bio-organic catalyst in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, ponds. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 8, n. 2, p. 49-61, 1998.

QUEIROZ, J. F. de; CYRINO, J. E. P.; SCORVO FILHO, J. D. **Memórias do I Workshop Internacional para o Desenvolvimento de Boas Práticas de Manejo (BPMs) para a Aquíicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007a. 24 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 70).

QUEIROZ, J. F. de; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; TURCO, P. H. N.; LOSEKANN, M. E.; ISHIKAWA, M. M.; ALVES, J. M. C. **Recomendações práticas para avaliação da qualidade da água na produção de tilápia em tanques-redes.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021a. 22 p. il. color. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 31).

QUEIROZ, J. F. de; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 113).

QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S. Aquíicultura e meio ambiente: qualidade de água e boas práticas de manejo (BPMs). In: RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I. A.; NEVES, M. C.

M. **Avaliação de impactos ambientais para gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape-PB.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. p. 74-87.

QUEIROZ, J. F. de; KITAMURA, P. C. Sustentabilidade ambiental: avaliação ambiental dos sedimentos do fundo dos viveiros e dos canais de abastecimento e drenagem. In: RODRIGUES, J. (org.). **Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado.** Brasília, DF: DPA, MAPA, 2001. p. 103-142.

QUEIROZ, J. F. de; LOURENCO, J. N. de P.; KITAMURA, P. C. (ed.). **A Embrapa e a aqüicultura: demandas e prioridades de pesquisa.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa-Secretaria de Administração Estratégica, 2002. 35 p. (Embrapa-Secretaria de Administração Estratégica. Texto para discussão, II).

QUEIROZ, J. F. de; LOURENÇO, J. N. P.; KITAMURA, P. C.; SCORVO FILHO, J. D.; CYRINO, J. E. P.; CASTAGNOLLI, N.; VALENTI, W. C.; BERNARDINO, G. Aquaculture in Brazil: research priorities and potential for further international collaboration. **World Aquaculture**, v. 36, n. 1, p. 45-50, 2005a.

QUEIROZ, J. F. de; MACHADO, T. A.; RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A. **Indicadores para a avaliação ambiental em pesque-pagues nas dimensões ecologia da paisagem e qualidade da água.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006b. 39 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

QUEIROZ, J. F. de; NICOLELLA, G.; BOEIRA, R. C. **Avaliação de diferentes métodos de calagem para correção da acidez dos sedimentos do fundo de viveiros de aqüicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007b. 6 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 15).

QUEIROZ, J. F. de; NICOLELLA, G.; WOOD, C. W.; BOYD, C. E. Lime application methods, water and bottom soil acidity in fresh water fish ponds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 6, n. 5, p. 469-475, 2004d.

QUEIROZ, J. F. de; ORTEGA, E.; FERRAZ, J.M. G.; BOYD, C. E. Análise Emergética da Produção de Bagre do Canal (*Ictalurus punctatus*). **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro - SP, v. 4, n.1-2, p. 61-70, 2000.

QUEIROZ, J. F. de; ROTTA, M. A. **Boas práticas de manejo para piscicultura em tanques-rede.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 10 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 26).

QUEIROZ, J. F. de; SILVEIRA, M. P. **Recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes dos viveiros de aqüicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 14 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 12).

REDDY, J. S. Probiotics in aquaculture: Importance, influence and future perspectives. **International Journal of Bioassays**, v. 4, n. 3, p. 3710-3718, 2015.

RESENDE, E. K. de; QUEIROZ, J. F. de. **Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aqüicultura no Brasil: relatório final.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2012. Disponível em: docplayer.com.br/21175429-Bases-tecnologicas-para-o-desenvolvimento-sustentavel-da-aquicultura-no-brasil-aquabrazil-relatorio-final.html. Acesso em: 22 jul. 2021.

RIVERO, C.; BARBOSA, A.; FERREIRA, M.; DOREA, J.; GRISOLIA, C. K. Evaluation of genotoxicity and effects on reproduction of nonylphenol in *Oreochromis niloticus* (Pisces: cichlidae). **Ecotoxicologia**, v. 17, n. 8, p. 732-737, 2008.

- RIVERO-WENDT, C. L. G.; MIRANDA-VILELA, A. L.; FERREIRA, M. F. N.; BORGES, A. M.; GRISOLIA, C. K. Cytogenetic toxicity and gonadal effects of 17 α -methyltestosterone in *Astyanax bimaculatus* (Characidae) and *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). *Genetics and Molecular Research*, v. 12, n. 3, p. 3862-3870, 2013.
- RODRIGUES, G. S.; ANTUNES, L. R. Avaliação de Impactos Ambientais para Gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape (PB) In: RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I. A.; NEVES, M. C. M. **Avaliação de impactos ambientais para gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape-PB**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. p. 1-10.
- RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I. A.; NEVES, M. C. M. **Avaliação de impactos ambientais para gestão da APA da Barra do Rio Mamanguape-PB**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 214 p. 1 CD-ROM.
- RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividade do Novo Rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n.4, p. 445-451, 2003.
- RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; RAMOS FILHO, L. O.; RODRIGUES, I.; BROMBAL, J. C.; TOLEDO, L. G. de. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 46 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).
- RODRIGUES, G. S.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; SAMPAIO, F. G.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; COUTO, K. R.; RODRIGUES, I. A. Best management practices and environmental management in aquaculture: indicators for monitoring in multiple scales. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 4., 2013, São Paulo. **Integrating cleaner production into sustainability strategies: anais...** São Paulo: UNIP, 2013. 9 p.
- RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. A.; BARROS, I. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 30, n. 4, p. 229-239, 2010.
- RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; QUEIROZ, J. F. de; FRIGHETTO, R. T. S.; ANTUNES, L. R.; NEVES, M. C. M.; FREITAS, G. L.; RODOVALHO, R. B. **Gestão ambiental territorial na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (PB)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 91 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).
- RODRIGUES, A. C. F.; OLIVEIRA MONERÓ, T. de; FRIGHETTO, R. T. S.; DE ALMEIDA, E. A. E2 potentializes benzo(a)pyrene-induced hepatic cytochrome P450 enzyme activities in Nile tilapia at high concentrations. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 22, p. 17367-17374, 2014.
- ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. de. **Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 27 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 47).
- ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. de; SANTOS, R. A. C. P. Piscicultura: tanques-rede. In: MARQUES, D. K. S.; MORAES, A. S. (ed.). **Pesca e piscicultura no Pantanal: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010a. p. 109-115 (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

ROTTA, M. A.; QUEIROZ, J. F. de; SANTOS, R. A. C. P.; NASCIMENTO, F. L. Piscicultura: sistemas de cultivo e manejo. In: MARQUES, D. K. S.; MORAES, A. S. (ed.). **Pesca e piscicultura no Pantanal: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010b. p. 71-97. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

SALGADO, M. P. G.; FORMAGGIO, A. R.; NEVES, M. C.; LUIZ, A. J. B. Análise das áreas de contribuição de parques aquícolas do reservatório de Furnas - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais... Foz do Iguaçu**: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. p. 6830-6836.

SAMPAIO, F. G.; ARAUJO, C. A. S. de; DALLAGO, B. S. L.; STECH, J. L.; LORENZETTI, J. A.; ALCÂNTARA, E.; LOSEKANN, M. E.; MARIN, D. B.; LEÃO, J. A. D.; BUENO, G. W. Unveiling low-to-high-frequency data sampling caveats for aquaculture environmental monitoring and management. **Aquaculture Reports**, v. 20, article 100764, 2021.

SAMPAIO, F. G.; BUENO, G. W.; ARAUJO, C. A. S.; DALLAGO, B. S. L. LOSEKANN, M. E. STECH, J. L. Alta e baixa frequência no monitoramento ambiental de piscicultura no reservatório de Furnas (MG). In: SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M. da; TORIGOI, R. H.; MIGNANI, L.; PACKER, A. P. C.; MANZATTO, C. V.; SILVA, J. L. da (ed.). **Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura: portfólio de resultados do monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União**. São Paulo: Instituto de Pesca: APTA, 2019a. p. 47-48.

SAMPAIO, F. G.; CARRA, M. L.; JONSSON, C. M.; GONÇALVES, V. T.; DAL'BÓ, G. A.; NUNES, K. S. D.; VALLIM, J. H.; DALLAGO, B. S. L.; QUEIROZ, S. C. do N. de; REYES, F. G. R. Effects of dietary exposure to sulfamethazine on the hematological parameters and hepatic oxidative stress biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 97, n. 4, p. 528-535, 2016.

SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; TIRONI, G. C.; MELO, M. V. O.; MARIN, D. B.; MATTOS, B. O.; CARVALHO, G. C.; DALLAGO, B. S. L.; TORIGOI, R. H. Monitoramento ambiental da piscicultura no reservatório de Furnas (MG). In: SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M. da; TORIGOI, R. H.; MIGNANI, L.; PACKER, A. P. C.; MANZATTO, C. V.; SILVA, J. L. da (ed.). **Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura: portfólio de resultados do monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União**. São Paulo: Instituto de Pesca: APTA, 2019b. p. 45-46.

SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M.; CAMPOS, J. B.; SILVA, J. L.; TORIGOI, R. H.; BODENS, F. W. P.; PACKER, A. P. Monitoramento e gestão ambiental da aquicultura. In: SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M. da; MIGNANI, L.; PACKER, A. P.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Monitoramento ambiental da Aquicultura em águas da União: subsídios para a proposição de um plano nacional**. Brasília, DF: Embrapa, 2019c. p. 8-25.

SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M. da; MIGNANI, L.; PACKER, A. P.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Monitoramento ambiental da Aquicultura em águas da União: subsídios para a proposição de um plano nacional**. Brasília, DF: Embrapa, 2019d. 99 p.

SANCHEZ, M. S. dos S.; NASCIMENTO, M. dos S.; HISANO, H. Substituição do milho pelo sorgo em dietas para juvenis de pacu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 1-8, jan. 2016.

SANTANA, F. da S.; CARRA, M. L.; DAL'BÓ, G. A.; SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; BORGHESI, R.; ARRUDA, L. F. de; OETTERER, M. Haematological responses of pacu *Piaractus mesopotamicus* fed diets with co-dried acid fish silage. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 5., 2013, Botucatu. [Anais...] Botucatu: Unesp, 2013.

SCHLENK, D. Necessity of defining biomarkers for use in ecological risk assessment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 39, n. 1-2, p. 48-53, 1999.

SEIXAS, A. F. R.; PESSOA, M. C. P. Y.; LOSEKANN, M. E.; QUEIROZ, J. F. de; BOSSO, D. A. Sistema especialista como ferramenta de apoio às boas praticas de manejo da tilapicultura. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 3, p. 130-134, dez. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143998/1/2009AP-47.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2021.

SEIXAS, A. F. R.; PESSOA, M. C. P. Y.; LOSEKANN, M. E.; SILVA, M. S. G. M. e; QUEIROZ, J. F. de; INOUE, L. A. K. A. Informatização de indicadores para uso em praticas de manejo sustentável da aquicultura. IN: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 2010, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC: ITAL: APTA; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2010. 1 CD-ROM. 6 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61641/1/2010AA002.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

SHIROMA, L. S.; BOTTOLI, C. B. G.; JONSSON, C. M.; QUEIROZ, S. C. do N. de. Exposure of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to the antibiotic florfenicol in water: determination of the bioconcentration factor and the withdrawal period. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 29, p. 39026-39034, 2021.

SHIROMA, L. S.; QUEIROZ, S. C. do N. de; JONSSON, C. M.; BOTTOLI, C. B. G. Extraction strategies for simultaneous determination of florfenicol and florfenicol amine in tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle: quantification by LC-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 13, n. 1, p. 291-302, 2020.

SILVA, C. M. da; SAMPAIO, F. G. Planos de monitoramento ambiental da aquicultura. In: SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M. da; MIGNANI, L.; PACKER, A. P.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Monitoramento ambiental da Aquicultura em águas da União: subsídios para a proposição de um plano nacional**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 57-79.

SILVA, D. C. G.; PACKER, A. P.; SAMPAIO, F. G.; RIBEIRINHO, V. S.; CAMARGO, C. C. F. de; MAXIMILIANO, V. C. B.; SANTOS, J. de O. Dinâmica de metais potencialmente tóxicos em sedimento da área de influência direta de piscicultura em tanques rede em reservatórios. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 6., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2014a.

SILVA, M. G. da; PACKER, A. P.; SAMPAIO, F. G.; MARANI, L.; MARIANO, E. V. C.; PAZIANOTTO, R. A. A.; FERREIRA, W. J.; ALVALÁ, P. C. Impact of intensive fish farming on methane emission in a tropical hydropower reservoir. **Climatic Change**, v. 150, n. 3, p. 195-210, 2018.

SILVA, M. S. G. M. e; CARVALHO, N. C.; LOSEKANN, M. E.; SAMPAIO, F. G.; MARIGO, A. L. S.; CARVALHO, M. P.; SONODA, K. C. Composição da comunidade macrobentônica no reservatório de Furnas (MG) em área de parque aquícola. In: SEMINÁRIO DA REDE AGROHIDRO, 2., 2014, Campinas. **Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos: anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2014b. p. 112-116.

SILVA, M. S. G. M. e; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2013. 39 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 95).

SILVA, M. S. G. M. e; ROSA, A. J. de M.; RUOCCO, A. M. C.; DIAS, E. S.; KOBAYASHI, J. T. **Metodologia de biomonitoramento aplicada a reservatórios com tanques-rede de piscicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021. 26 p. il. color. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 128).

SILVA, M. S. G. M. e; SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; CARVALHO, N. C.; MARIGO, A. L. S.; NASCIMENTO, M. P. C. do. Avaliação dos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água da aquicultura em tanques rede. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 6., 2014, Foz do Iguaçu. **Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, 2014c.

SOARES, M. P.; CARDOSO, I. L.; ISHIKAWA, M. M.; OLIVEIRA, A. da S. S. de; SARTORATTO, A.; JONSSON, C. M.; QUEIROZ, S. C. do N. de; DUARTE, M. C. T.; RANTIN, F. T.; SAMPAIO, F. G. Effects of *Artemisia annua* alcohol extract on physiological and innate immunity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to improve health status. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 105, p. 369-377, 2020a.

SOARES, M. P.; PINHEIRO, V. R.; CARDOSO, I. L.; OLIVEIRA, A. da S. S. de; SARTORATTO, A.; ISHIKAWA, M. M.; JONSSON, C. M.; DUARTE, M. C. T.; RANTIN, F. T.; SAMPAIO, F. G. In vitro antibacterial activity of ethanol extract of *Artemisia annua* and its bioactive fractions against fish pathogens. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 4, p. 1797-1801, 2020b.

SOARES, M. P.; OLIVEIRA, F. C.; CARDOSO, I. L.; URBINATI, E. C.; CAMPOS, C. M. de; HISANO, H. Glucan-MOS® improved growth and innate immunity in pacu stressed and experimentally infected with *Aeromonas hydrophila*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 73, p. 133-140, 2018.

TANG, Y.; LI, M., XU, D., HUANG, J.; SUN, J. Application potential of aerobic denitrifiers coupled with a biostimulant for nitrogen removal from urban river sediment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 6, p. 5980-5993, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0903-4>.

SOUZA, M. F. C. de; PENTEADO, A. L.; SOUZA, D. R. C. de; QUEIROZ, S. C. do N. de. Atividade antimicrobiana in vitro de óleos essenciais contra patógenos de peixes. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17911-17921, 2019.

TAVARES-DIAS, M.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L.; SATAKE, F.; HISANO, H.; PÁDUA, S. B. de; JERÔNIMO, G. T.; SÁ, A. R. S. de. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. In: SARAN NETO, A.; MARIANO, W. dos S.; SÓRIA, S. F. P. (org.). **Tópicos especiais em saúde e criação animal**. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2009. p. 43-80.

TURCO, P. H. N.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; DONADELLI, A.; SCORVO FILHO, J. D.; LOSEKANN, M. E. Análise do custo e rentabilidade da produção de tilápia em tanques rede em represa rural com diferentes manejos alimentares. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 51, Belém, PA, 2013. **Novas fronteiras da agropecuária no Brasil e na Amazônia: desafios da sustentabilidade: anais**. Belém, PA: SOBER, 2013. 7 p.

TURCO, P. H. N.; DONADELLI, A.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; TARSITANO, M. A. A. Análise econômica da produção de tilápias em tanques-rede de pequeno volume: manejo de ração com diferentes teores de proteína bruta. **Informações Econômicas**, v. 44, n. 1, p. 5-11, 2014.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, article 10611, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>. Acesso em 02/08/2021.

VENTURA, A. S.; PÁDUA, S. B.; ISHIKAWA, M. M.; MARTINS, M. L.; TAKEMOTO, R. M.; JERÔNIMO, G. T. Endoparasites of *Gymnotus* sp. (Gymnotiformes: Gymnotidae) from commercial baitfish farming in Pantanal basin, Central Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 44, n. 3, e332, 2018a. 5 p.

VENTURA, A. S.; JERÔNIMO, G. T.; FERRI, G. H.; PÁDUA, S. B.; MARTINS, M. L.; ISHIKAWA, M. M. Erythrocyte parameters and condition factor of *Gymnotus* sp. (Gymnotiformes: Gymnotidae) under growing conditions. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 40, e20318, 2018b.

VENTURA, A. S.; ISHIKAWA, M. M.; GABRIEL, A. M. A.; SILBIGER, H. L. N.; CAVICHIOLO, F.; TAKEMOTO, R. M. Histopathology from liver of *tuvira* (*Gymnotus* spp.) parasitized by larvae of nematodes. *Ciência Rural*, v. 46, n. 7, p. 1233-1239, 2016.

VIDAL, L. V. O.; ALBINATI, R. C. B.; ALBINATI, A. C. L.; LIRA, A. D.; ALMEIDA, T. R.; SANTOS, G. B. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-Nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 8, p. 1069-1074, 2008.

VIEIRA, B. B.; PEREIRA, E. L. Potencial dos probióticos para uso na aquicultura. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 14, n. 2, p. 1223-1241, 2016.

ZHU, F. A review on the application of herbal medicines in the disease control of aquatic animals. *Aquaculture*, v. 526, p. 735422, 2020.