

Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)



OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 130

Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)

*Julio Ferraz de Queiroz
João Manoel Cordeiro Alves
Marcos Eliseu Losekann
Célia Maria Dória Frasca-Scorvo
João Donato Scorvo Filho
Giovanni Henrique Ferri
Márcia Mayumi Ishikawa*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho
CEP: 13918-110, Jaguariúna, SP
Fone: +55 (19) 3311-2700
Fax: +55 (19) 3311-2640
<https://www.embrapa.br/meio-ambiente/>
SAC: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente
Ana Paula Contador Packer

Secretária-Executiva
Cristina Tiemi Shoyama

Membros
*Rodrigo Mendes, Ricardo A. A. Pazianotto, Maria
Cristina Tordin, Daniel Terao, Victor Paulo Marques
Simão, Geraldo Stachetti Rodrigues, Vera Lucia
Ferracini, Marco Antonio Gomes*

Revisão de texto
Eliana de Souza Lima

Normalização bibliográfica
Maria de Cléofas Faggion Alencar, CRB-8/1658

Editoração eletrônica
Silvana Cristina Teixeira

Foto da Capa
João Manoel Cordeiro Alves

1ª edição
2021

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio Ambiente

Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nylo
(*Oreochromis niloticus*) / Julio Ferraz de Queiroz... [et al]. – Jaguariúna, SP:
Embrapa Meio Ambiente, 2021.

PDF (36 p.): – (Documentos / Embrapa Meio Ambiente, 1516-4691; 130).

1. Tilápia-do-nylo 2. *Oreochromis niloticus* 3. Qualidade da água 4. Manejo
alimentar I. Queiroz, Julio Ferraz de. II. Alves, João Manoel Cordeiro. III. Losekann,
Marcos Eliseu. IV. Frasca-Scorvo, Célia Maria Dória. V. Scorvo Filho, João Donato.
VI. Ferri, Giovanni Henrique. VII. Ishikawa, Márcia Mayumi. VIII. Série.

CDD - 639.3

Maria de Cléofas Faggion Alencar (CRB-8/1658)

© Embrapa, 2021

Autores

Julio Ferraz de Queiroz

Oceonólogo, doutor em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

João Manoel Cordeiro Alves

Zootecnista, mestre em Aquicultura, gerente de produtos da Guabi Nutrição e Saúde Animal S.A., Campinas, SP.

Marcos Eliseu Losekann

Zootecnista, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Célia Maria Dória Frasca-Scorvo

Zootecnista, mestre em Aquicultura, pesquisadora da Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Monte Alegre do Sul, SP.

João Donato Scorvo Filho

Zootecnista, doutor em Aquicultura, pesquisador aposentado da Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Monte Alegre do Sul, SP.

Giovanni Henrique Ferri

Biólogo, mestre em Biologia Animal, doutorando em Biologia Animal da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Márcia Mayumi Ishikawa

Médica veterinária, doutora em Parasitologia Veterinária, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Apresentação

A adoção de um manejo alimentar adequado à espécie cultivada e ao tipo de sistema produtivo contribui diretamente para os ganhos de produtividade e também para a melhoria da qualidade da água na criação de peixes.

As principais questões relacionadas ao manejo alimentar e às variáveis de qualidade de água são apresentadas, discutidas e resumidas em tabelas onde estão indicadas as causas e consequências dos problemas que afetam diretamente a produção de tilápia. Além disso, é indicado um conjunto de Boas Práticas de Manejo (BPM) para evitar e solucionar esses problemas.

As BPM apresentadas neste Documento são ferramentas eficientes e acessíveis que poderão ser utilizadas com sucesso pelos piscicultores para tornar suas atividades mais produtivas e sustentáveis.

Este Documento está diretamente relacionado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 12), que visa assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Marcelo Boechat Morandi
Chefe-geral da Embrapa Meio Ambiente

Sumário

Introdução.....	7
Manejo alimentar	8
Qualidade da ração	8
Distribuição da ração aos animais.....	9
Armazenamento	9
BPM: qualidade, uso e armazenamento da ração	10
Densidade de estocagem e monitoramento da qualidade da água	15
BPM: densidade de estocagem e monitoramento da qualidade da água	16
Manejo alimentar e controle da abundância de fitoplâncton e macrófitas	18
BPM: manejo alimentar e controle da abundância de fitoplâncton e macrófitas.....	21
BPM: redução do acúmulo de matéria orgânica e preparação do fundo de viveiros e pequenos reservatórios	24
Acúmulo de matéria orgânica e toxidez da amônia e do nitrito	26
BPM: controle do acúmulo de matéria orgânica e prevenção da toxidez da amônia e do nitrito	28
Saúde, bem-estar dos peixes e prevenção de doenças	31
BPM: prevenção e controle de doenças nos peixes	32
Referências	35

Introdução

A segurança alimentar e nutricional são temas muito discutidos no cenário mundial e remetem à importância de aprimorar o manejo dos sistemas de produção. O aumento da demanda por alimentos de origem aquática e a estagnação da captura pesqueira são as principais razões que estão motivando os piscicultores a aumentar, não somente sua escala de produção como também otimizar o uso dos recursos naturais. Somam-se a esses fatos as preocupações crescentes em atender consumidores exigentes que preferem adquirir alimentos produzidos por meio de métodos sustentáveis.

O manejo alimentar, ou seja, as práticas adotadas pelos piscicultores para a produção de peixes envolvem desde a compra de ração até a despesca, e interferem diretamente na qualidade do produto final. Nesse processo, a qualidade das rações tem papel fundamental na produtividade e na qualidade da água dos sistemas de produção de peixes. O uso de rações de baixa qualidade, com baixa digestibilidade e estabilidade na água, tamanho de grânulo inadequado e que não atendem às exigências nutricionais da espécie cultivada, prejudicam o crescimento dos peixes e a própria qualidade da água, potencializando as causas de estresse e o aumento da ocorrência de doenças.

Os principais sistemas de produção em uso no Brasil são os viveiros escavados, os tanques-rede instalados em grandes reservatórios e os sistemas integrados com reutilização de água. Os sistemas integrados com reutilização de água vêm sendo cada vez mais utilizados em escala global para evitar trocas excessivas de água, e redução da descarga de efluentes nos ecossistemas aquáticos. Por exemplo, a utilidade dada para a água residual contendo resíduos de ração e fezes dos tanques de cultivo de peixes têm sido orientada para a nutrição de plantas em sistemas de aquaponia (Sneed et al., 1975, Naegel, 1977). A aquaponia – definida como a integração da aquicultura com a hidroponia – cada vez mais se consolida em nível mundial como uma atividade de grande importância para o agronegócio. Como o sistema tem por base a reciclagem da água (*RAS - Recirculation Aquaculture System*), ele promove a minimização da geração de efluentes ricos em nutrientes e evita, assim, a eutrofização dos corpos d'água receptores (Rakocy et al., 2006; Rakocy, 2012). No Brasil, essa atividade ainda não atingiu a mesma escala de outros países, e também não existem resultados consolidados e validados sobre o aproveitamento de resíduos dos sistemas de recirculação de aquicultura e da aquaponia (Queiroz et al., 2017).

Cada um desses sistemas tem suas vantagens e todos geram cargas consideráveis de nutrientes ao meio ambiente, principalmente, fósforo e nitrogênio contidos nas rações. Por outro lado, a intensificação dos sistemas de produção devido ao aumento da densidade de peixes implica na necessidade de adotar estratégias de gestão com maior volume de investimentos e de capital, e também na elevação dos custos de produção, sobretudo, na necessidade de melhorar as práticas de manejo alimentar para evitar a deterioração da qualidade da água, o aumento do estresse dos peixes e a ocorrência de doenças. Os sistemas intensivos de produção de peixes em viveiros podem gerar uma grande quantidade de resíduos, resultando em impactos ambientais negativos. Nesses sistemas, quando a capacidade de suporte é superada pelo excesso de peixes e altas taxas de alimentação, podem ocorrer com frequência problemas relacionados à deterioração da qualidade da água e ao estresse dos peixes.

A adoção de um manejo alimentar adequado à espécie cultivada e ao tipo de sistema produtivo contribuirá diretamente para prevenir e reduzir qualquer impacto negativo causado por práticas de manejo inadequadas e variações climáticas bruscas (por exemplo, frentes frias que afetam principalmente a temperatura da água). É fundamental, portanto, determinar o ponto de equilíbrio

entre o aumento da produção e a manutenção da qualidade da água e o bem-estar dos peixes. O ponto de equilíbrio depende das características dos viveiros, da espécie cultivada, do manejo utilizado e do sistema de produção adotado. Outros aspectos como, por exemplo, a densidade de estocagem, o controle do consumo de ração e nutrientes, a abundância de fitoplâncton e macrófitas, o acúmulo de matéria orgânica, a toxidez da amônia e do nitrito, e a adoção de práticas para prevenção de doenças também interferem na produtividade e no bem-estar dos peixes.

Este documento tem como objetivo principal apresentar um conjunto de Boas Práticas de Manejo (BPM) para o manejo alimentar de peixes em viveiros escavados e, também, alguns exemplos de BPM para tanques-rede. Os principais aspectos referentes ao manejo alimentar e seus efeitos são apresentados em tabelas onde estão indicadas as causas e as consequências dos problemas que afetam diretamente a produção de peixes, assim como relaciona as BPM mais apropriadas para solucionar e evitar esses problemas.

Manejo alimentar

O manejo alimentar envolve três aspectos fundamentais referentes à: qualidade da ração (métodos de fabricação, composição, digestibilidade, estabilidade na água e fluabilidade, quantidade de materiais finos, níveis de nutrientes adequados à espécie cultivada, percentuais de fósforo e nitrogênio); distribuição da ração aos animais (quantidade de ração, frequência de arraçoamento e métodos de distribuição da ração); e armazenamento (formas e local de armazenamento, para permitir a manutenção da qualidade do produto).

Qualidade da ração

O uso de rações de boa qualidade é uma das principais BPM referentes ao manejo alimentar, que tem por objetivo alcançar o melhor desempenho dos peixes, com o mínimo necessário de ração adequada para assegurar o resultado econômico, preservando a qualidade da água e o bem-estar para os peixes.

A ração é a principal fonte de alimento para a criação de peixes. Em geral, representa cerca de 70% do custo final de produção e a viabilidade econômica da produção irá depender da adoção de um manejo alimentar eficiente. O uso de rações extrusadas de boa qualidade é fundamental para garantir o sucesso da produção e evitar problemas ambientais como a eutrofização dos ecossistemas aquáticos. Por outro lado, o uso de rações de baixa qualidade prejudica diretamente a qualidade da água causando estresse aos peixes e redução da resistência a patógenos e a doenças. Para evitar esses problemas é preciso utilizar rações que contenham quantidades adequadas de nitrogênio e fósforo que atendam às exigências nutricionais dos peixes e, assim, otimizar a taxa de conversão alimentar e reduzir a quantidade de resíduos nos viveiros e reservatórios.

Em geral, o percentual de proteína bruta e a fase de desenvolvimento dos peixes são os principais critérios utilizados pelos piscicultores para aquisição de ração. Entretanto, outros aspectos como as variações na temperatura da água, concentração de oxigênio dissolvido, pH e transparência da água são determinantes para o consumo de ração, interferindo no número de refeições diárias, as quais, poderão aumentar ou diminuir.

Em termos práticos, os principais parâmetros para avaliação da qualidade da ração que podem ser utilizados pelos piscicultores são: ganho de peso total (g) (GPT): diferença entre a média de peso dos peixes no final e no início do período de criação; ganho de peso/dia (g/dia) (GPD): diferença entre a média de peso dos peixes no final e no início do período de criação, dividido pelo número de dias do período de criação; conversão alimentar aparente (CAA): relação entre a média de consumo de ração e a média de ganho de peso durante o período de criação; taxa de sobrevivência (%) (TS): relação percentual entre o número de peixes no final e no início de cada etapa do período de criação.

Distribuição da ração aos animais

O controle da oferta e do consumo de ração tem influência direta sobre a produtividade e a qualidade da água. Procedimentos de rotina como a biometria permitem ao piscicultor acompanhar o crescimento dos peixes, em termos de ganho de peso e fazer ajustes na quantidade de ração oferecida aos peixes diariamente. E, ainda, avaliar o ritmo de crescimento, o rendimento das rações e determinar se há desperdício de ração.

A distribuição não uniforme de ração faz com que grande parte fique acumulada nas bordas e nas laterais dos viveiros, resultando não só no desperdício de ração como também no baixo aproveitamento pelos peixes, além de originar zonas onde a concentração de oxigênio dissolvido será reduzida devido ao acúmulo de ração não consumida. O acúmulo de ração nos viveiros e nos reservatórios também provoca o aumento do consumo de oxigênio dissolvido causado pelo excesso de microalgas e pela decomposição da matéria orgânica.

Adicionar ração nos viveiros e tanques-rede sem monitorar o seu consumo e o crescimento dos peixes é uma prática que causa vários problemas ambientais e sócio- econômicos, tais como, eutrofização, *off flavor* (gosto de barro ou mau sabor), potencial ocorrência de doenças, aumento da carga orgânica dos efluentes dos viveiros, baixa produtividade e até mesmo problemas com os vizinhos que utilizam as mesmas fontes de água localizadas no entorno.

Armazenamento

O armazenamento inadequado de ração causa perda de qualidade, prejudica a qualidade da água e não promove um crescimento satisfatório dos peixes devido à alteração da sua composição em função da exposição a altas temperaturas, umidade e contaminação por outros insumos mantidos no mesmo local, tais como, combustíveis, agroquímicos etc.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida a situação, os efeitos/consequências e as BPM relacionadas à qualidade da ração, ao seu uso e armazenamento.

Tabela 1. Efeitos e consequências do uso de rações de má qualidade, distribuição/arraçoamento e armazenamento inadequados.

Efeitos/Consequências	BPM
<ul style="list-style-type: none"> • Desbalanceamento nutricional e estresse dos peixes • Redução das taxas de crescimento e piora da taxa de conversão alimentar dos peixes • Sobras de ração não consumida nos viveiros e nos tanques-rede • Aumento da concentração de nutrientes e de sólidos em suspensão nos viveiros e reservatórios 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar rações de boa qualidade • Armazenar as rações em local apropriado • Utilizar as rações até a data de validade • Controlar a oferta de ração • Monitorar a transparência da água dos viveiros e reservatórios

Fonte: Adaptado de Boyd et. al., 2010; Cyrino, 2010.

BPM: qualidade, uso e armazenamento da ração

- Usar somente rações extrusadas de boa qualidade e que contenham concentrações adequadas de nutrientes sem excesso de nitrogênio e fósforo, fabricadas por meio de processos industriais padronizados e certificados, de acordo com as normas estabelecidas para a produção de alimentos e de acordo com as exigências nutricionais da espécie cultivada. Isso irá garantir um melhor ganho de peso e rendimento zootécnico e econômico, assim como o armazenamento adequado (Figura 1).



Foto: Célia M. D. Frascá-Scorvo

Figura 1. Vista geral de um depósito de ração de peixes com detalhe do armazenamento adequado dos sacos de ração protegidos do calor, chuva, insetos, combustíveis, produtos químicos etc.

- As rações de qualidade não contêm contaminantes, hormônios e outros produtos que podem causar impactos negativos ao ambiente. Fornecedores de rações de boa qualidade, geralmente, oferecem tamanhos e níveis nutricionais para cada fase de vida dos peixes, bem como para os diversos sistemas de produção e desafios, como transporte vivo e desafios ambientais.
- Selecionar rações de qualidade que contenham uma concentração adequada de proteína bruta (PB em %) adequada para a fase de vida/desenvolvimento dos peixes. Isso é muito importante, pois evita desperdícios de alimento e descontrole com os custos da produção.
- Observar que as recomendações nutricionais devem levar em conta também a espécie/hábito alimentar. Rações usadas para crescimento de tilápia devem conter entre 4,5 a 5,1% de nitrogênio e 0,6 a 1,0% de fósforo. Rações com maiores percentagens de nitrogênio e fósforo podem ser utilizadas para alevinos. Para viveiros de crescimento e tanques-rede usar rações que contenham entre 28 a 32% de proteína bruta (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2. Relação entre a fase do ciclo de cultivo dos peixes, o tamanho/granulometria da ração e o percentual de proteína bruta (PB %) contido na ração (valores e referências para o cultivo de tilápia).

Fase do ciclo de vida/desenvolvimento e tamanho dos peixes (g)	Tamanho/granulometria dos pellets (mm)	Percentual de proteína bruta (PB %) da ração
Início da alimentação (< 1)	Pó (0,3 - 0,5)	Acima de 40%
> 1 e < 8	1,0 a 1,7	40%
8 a 15	2,0 a 4,0	36%
15 a 30	4,0 a 6,0	32%
30 a 40	6,0 a 10,0	32%
Adulto (acima de 100)	14,0 a 20,0	32%

Fonte: Adaptado de Moro, 2014.

Obs: Quando o produtor não tiver certeza da quantidade de proteína bruta que a ração deve ter para fornecer aos peixes, ele deve considerar as informações que geralmente estão no rótulo das embalagens (sacos) das rações, onde a fase de vida é associada com a quantidade de ração a ser fornecida e a percentagem de proteína bruta.



Foto: João Manoel Cordeiro Alves

Figura 2. Mostruário dos diâmetros de rações comerciais para piscicultura. As granulometrias estão indicadas no eixo horizontal da foto: (0-0,6), (1,7), (2-4), (3-6), (6-8) e (14-20) mm.

- A atratividade, palatabilidade e digestibilidade das rações também são fundamentais para evitar sobras, poluição da água e baixo ganho de peso. A estabilidade é outro aspecto importante que interfere não só no aproveitamento da ração pelos peixes, como também, na qualidade da água com relação à concentração de sólidos em suspensão e excesso (abundância) de fitoplâncton nos viveiros (abundância é bom, porém, não em excesso). Para isso, basta fazer um teste simples de interpretação. Adicionar uma pequena quantidade de ração em um recipiente com água limpa, aguardar entre 5 a 10 minutos e logo após observar as características da água, conforme indicado na Tabela 3.
- Alimentar os peixes de forma lenta, observando o seu apetite. Os peixes devem ingerir a ração entre 5 a 10 minutos, porque há muita lixiviação de nutrientes, principalmente, nutrientes solúveis na água que dificilmente são observados. Quanto mais solúvel a ração, maior a digestibilidade e maior a lixiviação. As rações devem ser dadas aos poucos, não se deve jogar a quantidade total de uma só vez, deve-se dar a ração aos poucos. Um banho de gordura ajuda a não gerar finos, aumenta a palatabilidade e diminui a lixiviação. Apesar desse processo causar uma pequena demora na hidratação da ração ele é importante para facilitar a deglutição da ração de forma mais lenta pelos peixes. Por outro lado, se forem colocados aditivos a ração ficará muito dura e pode diminuir a palatabilidade.
- Para evitar perdas de partículas sólidas e dissolvidas antes dos peixes ingerirem a ração, recomenda-se alimentá-los aos poucos e não oferecer uma quantidade de ração que os peixes não consigam ingerir entre 5 a 10 minutos no máximo. Por exemplo, na primeira oferta de ração oferecer 60% do total, na segunda mais 30% e na terceira oferta verificar se os peixes ainda tem apetite para consumir os 10% restantes. Poucos piscicultores fazem isso, mas é o ideal. O índice de conversão alimentar sempre melhora, assim como a uniformidade dos lotes.

Tabela 3. Aspectos visuais referentes à estabilidade de diferentes tipos de ração imersos em um recipiente com água após um período de 10 minutos.

Tipos de ração	Aspectos visuais da água
Ração artesanal	Água torna-se turva após 5 minutos e praticamente toda ração fica acumulada no fundo do recipiente.
Ração peletizada (baixa qualidade)	Água torna-se turva entre 5 a 10 minutos e a maioria da ração se acumula no fundo do recipiente.
Ração extrusada (baixa qualidade)	Água torna-se turva após 10 minutos e grande parte da ração se acumula no fundo do recipiente.
Ração peletizada (boa qualidade)	Água permanece clara após 10 minutos e uma quantidade razoável da ração se acumula no fundo do recipiente.
Ração extrusada (boa qualidade)	Água permanece clara após 10 minutos e a maior parte da ração permanece flutuando na superfície da água contida no recipiente.

Fonte: Adaptado de FRASCÁ-SCORVO et al., 2011; SENAR 2019.

- Rações de boa qualidade se mantêm em condições de uso até o prazo de validade expirar, desde que não sejam submetidas a altas temperaturas, expostas a odores fortes, luz solar direta, insetos e roedores. O prazo de validade para o uso das rações depende não só da sua qualidade e do seu processo de fabricação, como também da maneira como é feito o seu armazenamento e distribuição nos viveiros e tanques-rede. Os sacos de ração devem ser mantidos em depósitos fechados e bem ventilados, secos e sobre estrados, afastados das paredes ou em silos quando a ração for comprada a granel. A ração deve ser consumida antes do término da data de validade indicada nas próprias embalagens. Usar os sacos que estão há mais tempo no depósito (primeiro que entra, primeiro que sai), assim como devem ser observadas as informações contidas nos rótulos das embalagens, e quando necessário o produtor deve buscar assistência técnica. Os principais aspectos que atestam a qualidade da ração para consumo dos peixes são apresentados na Tabela 4 e Figura 3.

Tabela 4. Principais aspectos/características indicativas da qualidade das rações quanto ao seu estado de conservação.

Rações de boa qualidade	Aspectos/Características
Estado de preservação das embalagens	Ausência de furos, manchas de umidade, fungos, oleosidade, manchas, sujeira
Aparência dos pellets (cor, odor, oleosidade, presença de impurezas e insetos)	Cor clara e homogênea, ausência de odor forte ou de amônia, sem impurezas e presença de insetos no interior das embalagens
Quantidade de ração danificada (esfarelada) no interior das embalagens	Pellets íntegros e ausência de pellets danificados e de grande quantidade de material esfarelado no interior e no fundo das embalagens
Quantidade (%) de umidade da ração	Umidade em torno de 6 a 8%

Fonte: Adaptado de Moro, 2014.



Foto: Célia M. D. Frasca-Scorvo

Figura 3. Detalhe do armazenamento de sacos de ração para peixes bem conservados e livres de impurezas, insetos, oleosidade e umidade.

- Verificar a taxa de conversão alimentar (TCA) e ajustar a quantidade de ração, a fim de evitar desperdício, aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção (Ishikawa et al., 2020).

Densidade de estocagem e monitoramento da qualidade da água

O aumento da densidade de estocagem dos peixes geralmente faz com que os piscicultores aumentem a oferta de ração. A alimentação deve ser ajustada de acordo com a biomassa estocada para não haver déficit ou excesso. No entanto, é preciso observar que a densidade de estocagem está relacionada, principalmente, ao sistema de produção adotado e com a capacidade suporte do sistema. A consequência da intensificação da produção é o aumento do aporte de ração no sistema e incremento da geração de efluentes. Nesse sentido, as densidades de estocagem devem ser determinadas em função do tempo de permanência dos peixes nos diversos sistemas de produção, da qualidade da água e do tipo do regime de criação.

A tendência de alimentar os peixes em excesso prejudica a qualidade da água e afeta diretamente o desempenho produtivo. Essa situação provoca o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e da demanda química de oxigênio (DQO) que comprometem a qualidade da água e, muitas vezes, ocasionam mortalidades quando a DBO for maior 20 mg L⁻¹.

As rações são constituídas de uma mistura de componentes que incluem farelos vegetais subprodutos da agroindústria, farinhas de origem animal, como farinha de peixe, carne e ossos, vísceras, penas, grãos como milho e sorgo, além de premix de vitaminas e sais minerais com a finalidade de fornecer quantidades adequadas de nutrientes essenciais e energia necessária à nutrição dos peixes de acordo com a espécie e com idade. Entre 80 a 85% dos nutrientes contidos na ração são eliminados na água na forma de fezes e metabólicos (Tidwell, 2012). A quantidade de matéria orgânica nos viveiros é proporcional à densidade e ao aumento das taxas de alimentação. O acúmulo de matéria orgânica resultante das sobras de ração não consumida somadas aos metabólicos produzidos influi diretamente no aumento da concentração de amônia, que pode ser tóxica para os peixes.

O controle da quantidade e do consumo de ração deve ser adequado para evitar problemas relacionados à deterioração da qualidade da água causada por práticas de arraçamento ineficientes e acúmulo de nutrientes na água e nos sedimentos do fundo dos viveiros.

Com relação à qualidade da água, os parâmetros físico-químicos mais comuns que interferem diretamente no manejo produtivo e causadores de estresse na piscicultura são a temperatura, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, amônia, nitrito, fósforo e matéria orgânica.

A Tabela 5 apresenta de forma resumida a situação, os efeitos/consequências e as BPM relacionadas à densidade de estocagem e à qualidade da água.

Tabela 5. Efeitos e consequências do aumento da densidade de estocagem e falta de monitoramento da qualidade da água.

Efeitos/Consequências	BPM
• Acúmulo de matéria orgânica e redução da concentração de oxigênio dissolvido	• Evitar taxas de estocagem excessivas
• Redução do pH e aumento da concentração de dióxido de carbono	• Monitorar diariamente a qualidade da água dos viveiros e reservatórios
• Redução da capacidade de autodepuração e aumento da concentração de nitrito	• Medir o pH, alcalinidade total e determinar exigência de calagem
• Aumento da concentração de fitoplâncton	• Usar aeração à noite nos viveiros e pequenos reservatórios
• Ocorrência de grandes variações na concentração de oxigênio dissolvido entre os períodos diurno e noturno	

Fonte: Adaptado de Frascá-Scorvo et al., 2011; Queiroz, 2016.

BPM: densidade de estocagem e monitoramento da qualidade da água

- Antes de estocar os peixes nos viveiros e pequenos reservatórios deve-se fazer a calagem se o solo for considerado ácido, e se a alcalinidade total da água for menor que 40 a 50 mg L⁻¹. Seguir os procedimentos para coleta, processamento e análise das amostras de solo para determinar as exigências de calagem e métodos de aplicação (Queiroz et al., 2004).
- Monitorar a qualidade da água todos os dias para identificar quais são as variáveis mais importantes que estão afetando o consumo de ração e o bem-estar dos peixes (Tabela 6).

Tabela 6. Relação das principais variáveis de qualidade de água, frequência de coleta e os intervalos de valores recomendados para a produção de peixes (Boyd; Tucker, 1998).

Temperatura	Diária	26-28 °C
Oxigênio Dissolvido (O.D.)	Diária	5-6 mg L⁻¹
Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O.)	Semanal	< 30 mg L ⁻¹
pH	Diária	6-9
Alcalinidade Total	Semanal	> 20 mg/L (CaCO₃)
Dureza Total	Semanal	> 10 mg/L (CaCO ₃)
Transparência	Diária	30 - 50 cm
Sólidos Totais Dissolvidos	Semanal	< 30 mg L⁻¹
Turbidez	Semanal	25 - 30 UNT
Condutividade	Mensal	< 1000 µmol/cm²
Fósforo Total	Mensal	< 0,5 mg L ⁻¹
Fósforo Solúvel	Mensal	< 0,05 mg L ⁻¹
Amônia Total	Semanal	0,6 - 2 mg L⁻¹
Amônia não ionizada (NH₃)	Semanal	< 0,6 mg L⁻¹
Nitrito	Semanal	< 0,5 mg L ⁻¹

Obs: os valores em negrito são os mais importantes para a piscicultura continental.

- Como maneira prática podem ser determinados limites seguros para a alimentação dos peixes baseados na temperatura da água e nas concentrações mínimas de oxigênio dissolvido. Por exemplo, os peixes não se alimentam e, portanto, tem seu ritmo de crescimento reduzido se a temperatura da água for muito baixa ou muito alta (altas temperaturas estressam os peixes e afetam seu comportamento alimentar), e também se concentração de oxigênio dissolvido estiver abaixo de 2,0 mg L⁻¹. Além disso, a ocorrência de doenças pode aumentar devido ao estresse (Tabelas 7 e 8).
- Evitar variações nos parâmetros da qualidade da água, especialmente, as alterações bruscas de temperatura, pois podem causar estresse nos peixes, afetando a resposta imunológica e tornando-os susceptíveis a doenças (Oba et al., 2009; Ishikawa et al., 2020) (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Relação entre a temperatura da água, crescimento e bem-estar dos peixes (tilápia-do-nylo).

Temperatura (°C)	Efeitos
> 34	Maior Incidência de doenças e mortalidade crônica
30 a 34	Redução no consumo de ração e no crescimento
26 a 30	Crescimento ótimo
< 22	Consumo de ração e o crescimento são bastante reduzidos
< 18	Consumo de ração e crescimento praticamente cessam
10 a 15	Faixa letal para a maioria dos peixes tropicais

Fonte: Adaptado de Sandoval Júnior et al., 2019; Ishikawa et al., 2016

Tabela 8. Relação entre a concentração de oxigênio dissolvido, crescimento bem-estar dos peixes.

Concentração de oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	Efeitos
< 3,0	Não alimentar os peixes enquanto os níveis de oxigênio estiverem abaixo de 3,0 mg L ⁻¹ , pois apesar de consumirem o alimento o crescimento será lento
> 3,0 - saturação	Concentração desejável, crescimento satisfatório e boa taxa de conversão alimentar (TCA)
Acima da saturação	Possível formação de bolhas de gás e traumas causados por exposição prolongada, tornando o consumo de ração e o crescimento prejudicados

Fonte: adaptado de SENAR, 2019.

- Usar 100 a 200 mg L⁻¹ de gesso (sulfato de cálcio) para precipitar o fósforo contido na água dos viveiros e pequenos reservatórios. Além do gesso ser uma boa fonte de cálcio, ele é mais solúvel que os materiais utilizados para a calagem (calcário agrícola, cal virgem e cal hidratada) (Boyd; Queiroz, 2004).
- Ligar os aeradores toda vez que a concentração de oxigênio dissolvido for inferior a 3,0 mg L⁻¹. Se possível, instalar controles automáticos para ligar os aeradores durante a noite quando

a concentração de oxigênio dissolvido normalmente é mais baixa, em especial, durante a madrugada (Queiroz; Boeira, 2016).

Manejo alimentar e controle da abundância de fitoplâncton e macrófitas

Nos sistemas intensivos de produção a alimentação dos peixes é feita exclusivamente com rações comerciais para permitir o aumento da produção acima do que seria possível apenas com a contribuição do alimento natural. O controle da oferta e do consumo de ração tem uma influência direta sobre a qualidade da água e a produtividade. Em geral, a deterioração da qualidade da água e a ocorrência de impactos negativos são decorrentes, principalmente, do uso de rações com baixa digestibilidade, baixa taxa de conversão alimentar e grande poder poluidor devido à lixiviação de nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo para o meio ambiente. O excesso de alimentação, o uso de rações desbalanceadas e o aumento da densidade de estocagem causam problemas, como por exemplo, o acúmulo de excreções e quedas bruscas na concentração de oxigênio dissolvido (Cyrino et al., 2010).

A qualidade da água na produção de peixes é em grande parte determinada pela abundância de fitoplâncton, que interfere diretamente na concentração de oxigênio dissolvido e no balanço entre a fotossíntese e a respiração. A abundância de fitoplâncton depende da quantidade de nutrientes contidos na água, os quais são frequentemente gerados por sobra (pode haver sobra por excesso de oferta, ração não palatável, tamanho inadequado do pellet/grânulo da ração com relação ao tamanho do peixe (abertura da boca) ou de excretas dos peixes. Normalmente, na despesca são recuperados aproximadamente 10 a 20% de carbono, 20 a 40% de nitrogênio e 10 a 40% de fósforo (Boyd; Tucker, 1998), o que evidencia que a adoção de BPM para o manejo alimentar é fundamental para evitar impactos negativos causados pela drenagem de efluentes dos viveiros sobre os ecossistemas aquáticos.

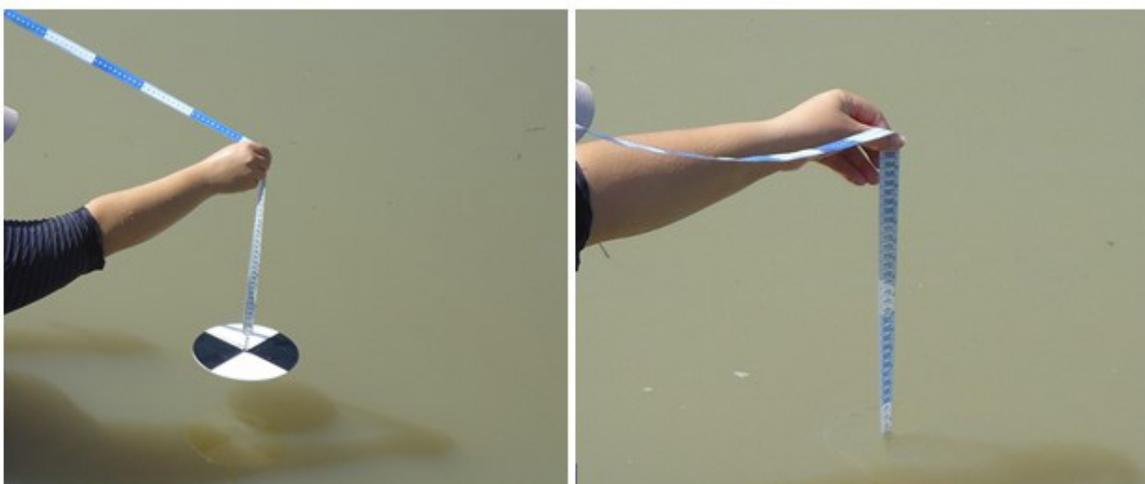
Nos sistemas mais intensivos, onde a densidade de estocagem é alta e são adicionadas grandes quantidades de ração é preciso monitorar, não somente, a temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e o pH, como também, a turbidez e a transparência da água. A turbidez e a transparência da água são indicadores indiretos importantes da qualidade de água e do manejo alimentar, e servem para auxiliar o produtor a avaliar, por exemplo, se o arraçoamento vem sendo praticado de forma correta.

O monitoramento da turbidez e da transparência da água são importantes para orientar os piscicultores no sentido de tomar providências para evitar que a concentração de fitoplâncton aumente ao ponto de provocar grandes variações do pH, principalmente, um aumento repentino do percentual de amônia não ionizada durante a tarde. Nessas situações, é preciso monitorar diariamente a concentração de amônia em função do aporte e do consumo de ração.

O fósforo pode estar presente nos viveiros de piscicultura de várias formas, tais como, ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. O fósforo é essencial para o crescimento do fitoplâncton e, em excesso, causa eutrofização. Na criação de peixes, normalmente, a principal fonte de fósforo são as rações, entretanto, a dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica,

esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes e excrementos de animais podem também contribuir para o aumento do fósforo. O fósforo reativo solúvel ou ortofosfato é o tipo mais estável de fosfato e a forma usada pelas plantas.

Um dos indicadores da presença de fósforo na água é a sua cor, que normalmente apresenta uma cor esverdeada devido à abundância de fitoplâncton. Monitorar a transparência da água com disco de Secchi serve para avaliar a abundância de fitoplâncton e, conseqüentemente, a eficiência do manejo alimentar (Figuras 4 e 5). O fitoplâncton é responsável pela absorção de grandes quantidades de fósforo, porém, uma quantidade significativa de fósforo fica adsorvida nos sedimentos do fundo como compostos insolúveis de fosfato. Uma grande parte só estará disponível para as plantas superiores com raízes e, portanto, indisponível para o fitoplâncton.



Fotos: Márcia Mayumi Ishikawa

Figura 4. Disco de Secchi usado para determinar a transparência da água de viveiros e tanques-rede de produção de peixes.



Foto: Julio F. Queiroz

Figura 5. Detalhe da coloração da água de um viveiro de piscicultura com grande concentração de algas verdes-azuis causada pelo excesso de ração resultante de um manejo alimentar inadequado.

O fósforo retido pelos peixes representa um terço do total adicionado aos viveiros e tanques-rede pelas rações. O excesso de fósforo provém de uma parte contida na ração que não é assimilada pelos peixes e que fica disponível, provocando um aumento na produção de fitoplâncton. Nos viveiros e reservatórios onde há predominância de água com coloração mais clara, o crescimento de macrófitas no fundo é facilitado pela penetração da luz, e elas poderão crescer exageradamente até alcançar a superfície da água. O crescimento exagerado de macrófitas é prejudicial, porque elas obstruem a passagem da luz pela coluna de água e competem pelo oxigênio dissolvido, principalmente à noite. Poucos peixes se alimentam diretamente dessas plantas, além disso, elas prejudicam muito o processo produtivo, pois impedem a passagem de redes para despesca.

O manejo alimentar é um dos principais aspectos para assegurar uma boa produção e os piscicultores devem fazer um grande esforço pessoal para desenvolver uma boa rotina diária para alimentar os peixes. Portanto, um bom manejo alimentar é fundamental para obter maiores lucros e garantir a qualidade da água. Uma lista com questões simples é apresentada na Tabela 9 para ajudar os piscicultores a avaliarem se o manejo alimentar está sendo feito de forma apropriada, e na Tabela 10 é indicado um conjunto de BPM específicas para contribuir com o manejo alimentar.

Tabela 9. Principais aspectos que os piscicultores devem considerar para otimizar a produção de peixes relacionada com o manejo alimentar.

- Tipo de sistema de produção (extensivo, semi-extensivo ou intensivo)
- Tipo de fonte de água para abastecimento (rio, riacho, correntes de água naturais, poço etc.)
- Espécie de peixe produzida
- Fase do ciclo de vida dos peixes (larva, alevinos, juvenis, adultos)
- Tipo de ração utilizada (pellets, extrusada, etc.)
- Percentual de proteína bruta contida na ração
- Densidade de estocagem
- Quantidade de ração oferecida aos peixes diariamente
- Frequência de alimentação (número de vezes que a ração é oferecida aos peixes diariamente)
- Procedimentos adotados para monitorar e controlar a quantidade de ração consumida e oferecida diariamente aos peixes
- Horário do arraçoamento (manhã, meio dia, tarde e início da noite)
- Retirada da ração não consumida acumulada na superfície da água dos viveiros e tanques-rede
- Crescimento dos peixes (ganho de peso e tamanho) – procedimentos de biometria
- Distribuição dos peixes nos viveiros de produção e tanques-rede (uniformidade dos peixes)
- Taxa de conversão alimentar (TCA)
- Procedimentos para distribuição de ração para os peixes (manual, mecânica, alimentadores automáticos)
- Controle de competidores alimentares
- Armazenamento e controle de qualidade das rações
- Condições do tempo (temperatura do ar, ventos, nuvens, chuva, sol etc.)
- Parâmetros básicos de qualidade da água: temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, pH, transparência, alcalinidade total e dureza total nos viveiros e reservatórios
- Cor da água dos viveiros e reservatórios (marrom, barrenta, cinza claro, verde, verde escura etc.)
- Transparência da água (cm) – visibilidade do disco de Secchi
- Turbidez da água dos viveiros e reservatórios

Fonte: Boyd; Tucker, 1998; Frascá-Scorvo et al., 2011; Queiroz; Boeira, 2006a, 2006b, 2007 e 2008.

A Tabela 10 apresenta de forma resumida a situação, os efeitos/consequências e as BPM relacionadas ao manejo alimentar e a abundância de fitoplâncton e macrófitas.

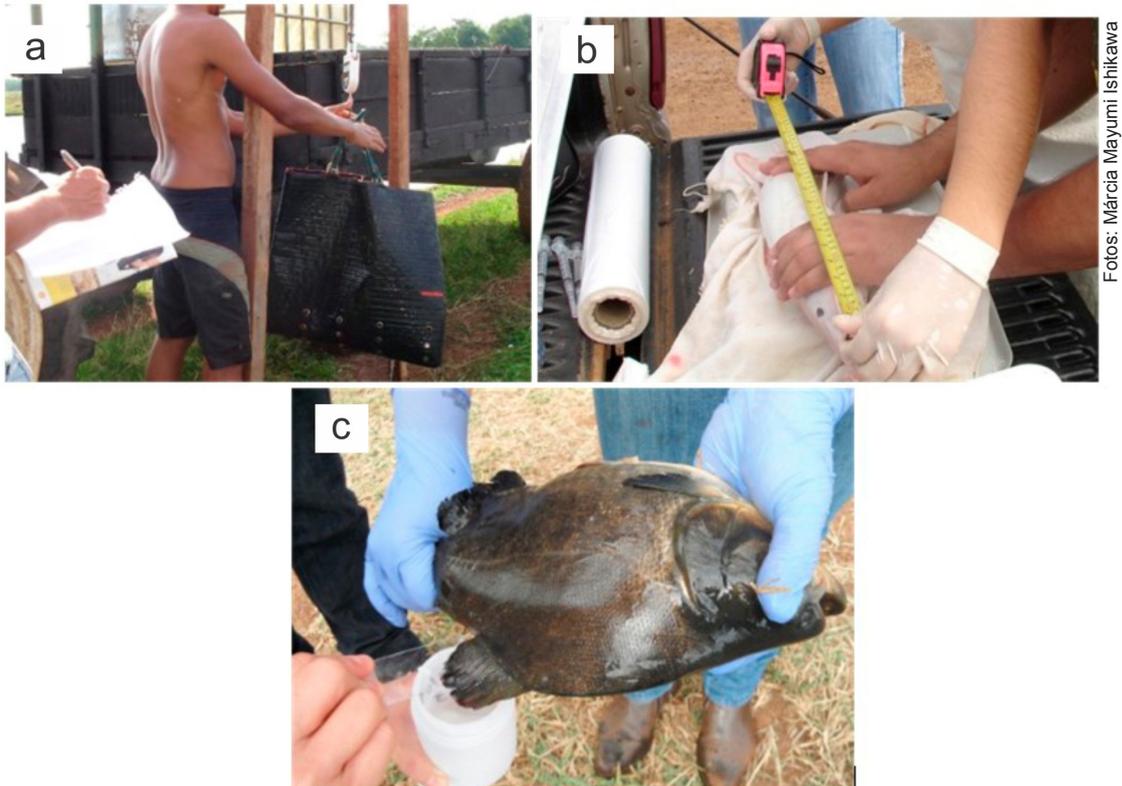
Tabela 10. Efeitos e consequências do manejo alimentar inadequado, excesso de nutrientes e aumento de fitoplâncton e macrófitas.

Efeitos/Consequências	BPM
<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de ração não consumida nos viveiros e reservatórios • Aumento da turbidez da água e alterações bruscas na concentração de oxigênio dissolvido • Aumento da taxa de crescimento do fitoplâncton e das variações de pH • Redução da concentração de oxigênio dissolvido e do pH e aumento da concentração de dióxido de carbono • Excesso de nitrogênio e retenção de fósforo nos sedimentos do fundo dos viveiros e reservatórios 	<ul style="list-style-type: none"> • Adotar práticas de arraçamento eficientes para otimizar o uso de ração e ganho de peso dos peixes • Evitar superar a capacidade de assimilação de nutrientes e matéria orgânica dos viveiros e reservatórios • Determinar a taxa de alimentação de acordo com a biomassa de peixes e o consumo de ração • Evitar sobras de ração não consumida, acúmulo de detritos e enriquecimento dos sedimentos do fundo dos viveiros e reservatórios com matéria orgânica • Monitorar se há mudanças na cor da água que são indicativas de alterações na composição das comunidades fitoplanctônicas e na qualidade da água • Se possível, usar aeradores durante a noite quando a transparência da água estiver entre 20 e 30 cm

Fonte: Adaptado de Boyd et al., 2013, Sandoval Júnior et al., 2019; SENAR, 2019.

BPM: manejo alimentar e controle da abundância de fitoplâncton e macrófitas

- Fazer o arraçamento de acordo com o consumo de ração. Como regra geral, a aplicação diária de ração não deve exceder 30 kg/ha em viveiros sem aeração, e entre 100 a 140 kg/ha em viveiros com aeração superior a 5 H.P./ha. Utilizar taxas de alimentação próximas a 100% da saciedade (ideal 90%) para sistemas intensivos.
- Prevenir baixa concentração de oxigênio dissolvido em viveiros sem aeração, limitando o aporte de ração a 30 a 40kg/ha/dia. Acima dessas quantidades é necessário usar aeração mecânica para prevenir baixas concentrações de oxigênio dissolvido e estresse dos peixes durante a noite, início da manhã e dias nublados.
- Realizar biometria dos peixes com periodicidade quinzenal, ou no máximo, a cada 21 dias para fazer a correção da taxa de alimentação (Figura 6). Selecionar aleatoriamente apenas cerca de 3% a 5% dos peixes para a biometria (Sandoval Júnior et al., 2019). Durante o manejo para realizar a biometria recomenda-se realizar a coleta de amostras biológicas para avaliação dos biomarcadores de monitoramento da saúde e qualidade da água (Ishikawa et al., 2020).



Fotos: Márcia Mayumi Ishikawa

Figura 6. Coleta de dados e amostras biológicas durante biometria dos peixes na piscicultura: a) registro do peso dos peixes, b) aferição do comprimento dos peixes e c) coleta do muco da superfície corporal.

- Alimentar os peixes acima de 200g entre duas e três vezes ao dia (Figura 7), ou conforme tabela de alimentação fornecida pelo técnico da fábrica de ração, sempre observando o comportamento dos peixes, preferencialmente, após as primeiras horas da manhã e antes do entardecer quando a concentração de oxigênio dissolvido é mais alta.
- Aumentar a frequência de alimentação nas fases iniciais para melhor aproveitamento do alimento e crescimento, em função do trato digestório nesta fase ainda não ser totalmente funcional (Figura 7).

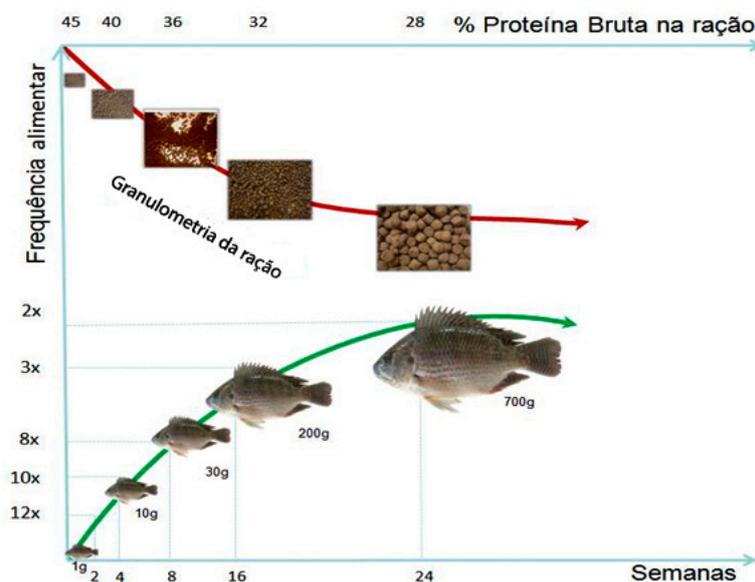


Figura 7. Recomendações de BPM para manejo alimentar em função da frequência alimentar, tamanho dos peixes granulometria e percentual de proteína bruta (% PB) das rações e período do ciclo de cultivo para tilápia-do-nylo. Autores: Julio F. Queiroz, Marcos E. Losekann e Célia M. D. Frasca-Scorvo.

- Evitar alimentar os peixes baseando-se somente na saciedade aparente e observar se a visibilidade do disco de Secchi (Tabela 11) está acima de 30 cm. Após alimentar os peixes observar para conferir se há excesso de ração na superfície da água. No caso de distribuição manual de ração observar o comportamento dos peixes para evitar excesso de alimentação.
- Reduzir o aporte de ração nos viveiros quando a visibilidade do disco de Secchi (Figura 8) for menor do que 30 cm e quando as taxas de alimentação forem maiores do que 20 a 30 Kg/ha por dia. Observar se não há ração acumulada nos cantos dos viveiros, pois isso pode ser um sinal de alimentação em excesso ou de alguma enfermidade. Alimentar os peixes sempre a favor do vento que vai levar a ração para o outro lado. Se alimentar contra o vento a maior parte da ração vai ser jogada para as margens, onde a maioria dos peixes não consegue alcançar por causa da vegetação ou pela baixa profundidade.

Tabela 11. Relação entre a cor e transparência da água (cm), seus efeitos sobre a produção de peixes e recomendação de BPM.

Cor e transparência da água (disco de Secchi)	Efeitos/BPM
> 200 cm	Excelente para cultivo em tanques rede
100 – 200 cm	Problemas de crescimento excessivo de macrófitas em viveiros escavados com excesso de fósforo
50 – 100 cm	Ocorrência de grandes mortalidades em reservatórios devido à redução de oxigênio dissolvido durante períodos nublados
25 – 50 cm	Redução brusca de oxigênio dissolvido pela manhã. Usar aeradores mecânicos nos viveiros escavados com oferta de ração superior a 40 kg/ha/dia
< 25 cm	Oxigênio dissolvido abaixo de 2,0 ou 3,0 mg L ⁻¹ no início da manhã, possivelmente, ocorrência de <i>off flavor</i> na carne dos peixes causado pelo excesso de algas verdes e azuis

Fonte: Boyd; Tucker, 1998; Sandoval Júnior et al., 2019.



Foto: João Manoel Cordeiro Alves

Figura 8. Viveiro de piscicultura com destaque para a cor esverdeada da água relacionada à abundância de fitoplâncton e redução da transparência (disco de Secchi).

- Se possível usar 2,0 hp de aeração mecânica para cada 0,5 ha em viveiros onde a visibilidade com disco de Secchi for menor do que 30 cm para prevenir variações abruptas de oxigênio dissolvido. A aeração mecânica deve ser usada na proporção de 1,0 hp para 10 kg/ha de ração para prevenir quedas abruptas na concentração de oxigênio dissolvido (Queiroz; Boeira, 2016).

BPM: redução do acúmulo de matéria orgânica e preparação do fundo de viveiros e pequenos reservatórios

- Secar, na medida do possível, o solo do fundo dos viveiros e pequenos reservatórios por um período de 2 a 3 semanas. Isso faz com que a maior parte da matéria orgânica remanescente nos sedimentos do fundo e acumulada de criações anteriores seja decomposta e os compostos inorgânicos reduzidos sejam oxidados.
- Observar que a matéria orgânica originada das algas mortas ou da ração não consumida, frequentemente, se acumula nos cantos dos viveiros e dos pequenos reservatórios de acordo com a direção do vento predominante, sedimentando no fundo e prejudicando a superfície dos sedimentos do fundo (Figuras 9, 10 e 11).
- Aumentar o período de secagem para solos com alto teor de argila ou com camadas espessas de sedimentos com silte e argila.
- Remover, na medida do possível, o material acumulado nos cantos dos viveiros e pequenos reservatórios com redes, baldes ou outras ferramentas manuais.



Figura 9. Vista geral de um viveiro de produção de camarões no NE em processo de secagem e revolvimento do fundo para aumentar a oxidação da matéria orgânica acumulada nos sedimentos.



Foto: Julio F. Queiroz

Figura 10. Detalhe de uma amostra de sedimentos do fundo de um viveiro de piscicultura com alta concentração de matéria orgânica.



Foto: João Manoel Cordeiro Alves

Figura 11. Vista geral de um viveiro de piscicultura exposto ao sol para secagem da matéria orgânica acumulada no fundo.

- Aplicar uma dosagem de tratamento de 20 a 30 mg L⁻¹ de alumínio e de 100 a 200 mg L⁻¹ de gesso (sulfato de cálcio). Aplicar gesso ou alumínio para precipitar o fósforo contido na água dos viveiros a fim de prevenir altas concentrações de fitoplâncton, redução do estresse e de taxas de crescimento muito baixas dos peixes (Boyd; Queiroz, 2004).

Acúmulo de matéria orgânica e toxidez da amônia e do nitrito

A amônia é excretada pelos peixes através de trocas pelas brânquias e mucosas, além de fezes e urina, e também é produzida pela decomposição de material orgânico contido na água, transportado por enxurradas, ou de ração não ingerida. Ou seja, sua concentração aumenta na mesma medida em que são adicionadas quantidades excessivas de ração nos viveiros e reservatórios, e que acabarão não sendo consumidas pelos peixes. Mesmo que não haja excesso de ração a concentração de amônia tende a crescer com o tempo de cultivo, de modo que esses problemas começam a se agravar no final do período de criação quando os animais já estão próximos ao peso de abate. Nessa situação, a demanda de ração necessária para alimentação dos peixes é alta e o ambiente não é capaz de processar todo material orgânico acumulado diariamente. A quantidade de oxigênio exigida para oxidar a amônia e decompor o material no fundo dos viveiros e reservatórios, não raro, é maior que a quantidade exigida pelos peixes que estão sendo criados.

Apesar do grande aporte de matéria orgânica proveniente da criação de peixes em tanques-rede no ambiente aquático dos reservatórios, a mortalidade causada pela intoxicação direta de compostos nitrogenados é rara. É mais habitual ocorrer mortalidades causadas por problemas relacionados a baixas concentrações de oxigênio dissolvido e variações bruscas de temperatura. A hidrodinâmica do local, a profundidade dos viveiros e dos reservatórios (caso de tanques-rede), o volume e as taxas de troca de água são muito distintos nesses dois sistemas de produção e, portanto, algumas BPM podem variar conforme a situação.

O nitrogênio amoniacal total é composto por amônia não ionizada (NH_3) e amônio (NH_4). A amônia não ionizada é altamente tóxica e o amônio é inofensivo aos peixes. O processo de nitrificação consiste na oxidação da amônia não ionizada em nitrito pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* e, em seguida, o nitrito é oxidado em nitrato pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*. Esse processo aumenta a demanda de oxigênio dissolvido para oxidação da amônia e pode atuar como fonte de acidez nos viveiros e reservatórios. O equilíbrio entre a amônia não ionizada e o amônio depende do pH e da temperatura. O aumento da concentração de amônia causa alterações no metabolismo e no pH do sangue dos peixes.

A toxidez da amônia não ionizada está entre 0,6 a 2,0 mg L⁻¹, por curtos períodos de exposição para a maioria das espécies de peixes. O nível de tolerância é entre 0,6 e 2,0 mg L⁻¹ para curta exposição e 0,1 mg L⁻¹ já causa estresse nos peixes. Concentrações em torno de 0,002 mg L⁻¹ são crônicas e quando atingem 0,05 mg L⁻¹ se tornam agudas e reduzem a taxa de crescimento em 50%, e a partir de 0,5 mg L⁻¹ causam mortalidade. No verão é comum observar concentrações de amônia acima de 0,5 mg L⁻¹, provocando estresse e muitas vezes a morte dos peixes. Praticamente 89% do nitrogênio amoniacal será encontrado na forma não ionizada NH_3 durante a tarde. A nitrificação da amônia é mais rápida em pH entre 7 e 8 e temperatura entre 25 a 35 °C (Boyd; Tucker, 1998; Queiroz; Boeira, 2008).

Nitrito e nitrato são outras formas de resíduo nitrogenado que podem ser encontradas na água dos viveiros e reservatórios. Os níveis típicos de nitrito e nitrato nas águas superficiais variam de 0,005 a 0,5 mg L⁻¹ (Boyd; Tucker, 1998). Normalmente, o nitrito não é um problema nos viveiros de piscicultura, porque o nitrito será prontamente convertido em nitrato. No entanto, o nitrito pode se acumular na água devido à falta de oxigênio dissolvido tornando o ambiente inadequado para os peixes. Nessa situação o nitrito não é convertido em nitrato e interfere na capacidade dos peixes em absorver oxigênio dissolvido.

A toxidez do nitrito depende do pH, da concentração de cálcio e de cloretos e causa estresse quando sua concentração atinge $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, e a partir de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ provoca doenças e mortalidade dos peixes. O aumento da concentração de nitrito nos viveiros de piscicultura interfere na capacidade dos peixes em absorver oxigênio dissolvido. Em geral, esses problemas ocorrem com mais frequência à noite nos viveiros e reservatórios onde a densidade de fitoplâncton é muito grande, e também naqueles em que a concentração de oxigênio dissolvido começa a diminuir acentuadamente no final tarde (Queiroz; Boeira, 2007).

Como regra geral os piscicultores devem suspeitar que a concentração de nitrito está acima dos níveis normais quando as brânquias e o sangue dos peixes apresentarem uma coloração marrom. Essa alteração é causada pela conversão da hemoglobina em metahemoglobina, resultando na perda da sua capacidade de transportar oxigênio para as células, provocando a morte dos peixes por asfixia.

A concentração de nitrato está diretamente relacionada com a quantidade de fitoplâncton. Nos viveiros e reservatórios o fitoplâncton é responsável pela produção primária e sua abundância é usada como indicadora de quantidade de nitrato. As taxas de produtividade primária indicam a quantidade de fitoplâncton existente nesses ambientes, o que em outros termos significa uma estimativa da abundância da quantidade de matéria orgânica fixada pela fotossíntese, que geralmente é expressa em gramas de carbono por m^2/dia . Nos viveiros de piscicultura o fitoplâncton é frequentemente o maior produtor de matéria orgânica.

A Tabela 12 apresenta de forma resumida a situação, os efeitos/consequências e as BPM relacionadas ao acúmulo de matéria orgânica e toxidez da amônia e do nitrito.

Tabela 12. Efeitos e consequências do acúmulo de matéria orgânica e aumento da toxidez da amônia e do nitrito.

Efeitos/Consequências	BPM
<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de proteína na água resultante da ração não consumida • Acúmulo de matéria orgânica e aumento da toxidez da amônia não ionizada • Liberação de dióxido de carbono e outros gases da decomposição da matéria orgânica e supersaturação de oxigênio dissolvido • Alterações na aparência das brânquias e na cor do sangue dos peixes, que apresentam uma cor marrom escura • Ocorrência de grandes mortalidades de peixes por asfixia 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorar constantemente a quantidade e o consumo de ração oferecida e consumida pelos peixes • Aplicar as rações de forma uniforme, distribuindo em toda superfície dos viveiros, e no caso de grande número de viveiros poderá ser utilizado um alimentador mecânico • Monitorar diariamente a temperatura e o pH para evitar a formação de amônia não ionizada • Fazer troca de água dos viveiros para evitar estresse dos peixes quando a concentração de amônia não ionizada for maior do que $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ • Determinar o consumo de oxigênio dissolvido a partir da biomassa de peixes • Adicionar em casos especiais $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de CaOH para cada $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de CO_2 • Monitorar as concentrações de nitrito e adicionar cloreto de sódio (Queiroz; Boeira, 2007) • Aumentar a troca de água ou ligar os aeradores mecânicos quando a concentração de nitrito estiver acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ (cuidado com a água do fundo) • Manter o pH em torno de 7,0

BPM: controle do acúmulo de matéria orgânica e prevenção da toxidez da amônia e do nitrito

- Estabelecer a quantidade de alimento ou a taxa de alimentação a ser oferecida diariamente aos peixes com base na porcentagem da biomassa, que é o produto da quantidade de peixes estocados e o seu peso médio obtido por meio da realização da biometria.
- Aplicar as rações de forma uniforme distribuindo em todo o tanque-rede e ou viveiro, e no caso de grande número de viveiros e tanques-rede a serem alimentados, o produtor poderá ter auxílio de um alimentador mecânico (Figuras 12, 13 e 14).



Foto: Julio F. Queiroz

Figura 12. Vista geral de tanques-rede de produção de salmão na Noruega e sistema de distribuição automática de ração por meio de tubulações flutuantes.



Foto: Julio F. Queiroz

Figura 13. Sistema de controle visual com câmeras submersas instaladas no interior de tanques-rede de produção de salmão na Noruega para controle visual do consumo de ração.



Foto: João Manoel Cordeiro Alves

Figura 14. Detalhe de um tanque-rede de produção de tilápia no momento do arraçamento.

- Remover de 10 a 15 cm da camada superficial de sedimentos do fundo dos viveiros, entre os ciclos de cultivo, para evitar a ocorrência de zonas anaeróbicas nessas áreas (Figuras 15 e 16). Espalhar 200 a 400 kg/ha de ureia sobre a superfície do fundo dos viveiros entre ciclos de cultivo para aumentar a decomposição da matéria orgânica (Boyd; Queiroz, 2004).



Foto: João Manoel Cordeiro Alves

Figura 15. Viveiro de piscicultura com destaque para o acúmulo da matéria orgânica no fundo.



Foto: João Manoel Corderiro Alves

Figura 16. Detalhe dos blocos formados pelos sedimentos do fundo de um viveiro de piscicultura exposto ao sol para secagem da matéria orgânica.

- Ligar os aeradores ou trocar água durante a tarde quando o pH e a concentração de amônia não ionizada são mais elevados, facilitando a volatilização da amônia.
- Fazer troca de água somente quando for estritamente necessário. O potencial de poluição aumenta em função do aumento da troca de água, portanto, deve-se considerar as questões econômica e ambiental, e fazer a troca de água somente quando necessário, ou quando a concentração de amônia for muito elevada. Desse modo, a renovação da água deve ficar restrita quando a concentração de amônia total for maior que $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, e a concentração de amônia não ionizada for maior que $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ (Queiroz; Boeira, 2008).
- Posicionar os aeradores longe das bordas dos viveiros para evitar acúmulo de resíduos em apenas um local e impedir que se formem áreas onde os sedimentos concentrem matéria orgânica e condições anaeróbicas, liberando metabólitos tóxicos na água, como por exemplo, o sulfeto de hidrogênio (Queiroz, 2016).
- Monitorar frequentemente a concentração de oxigênio dissolvido em viveiros de produção em uso por mais de 10 anos, onde há uma camada espessa de sedimentos no fundo e onde a turbidez é muito alta. Manter uma quantidade mínima satisfatória de oxigênio dissolvido em torno de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ na água dos viveiros para assegurar a oxidação do nitrito e redução da sua toxidez aos peixes.
- Manter a concentração de cloretos pelo menos de 10 a 20 vezes superior à concentração de nitrito, tratando os viveiros com cloreto de sódio. Observar que quando a concentração de nitrito estiver acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, adicionar cloreto de sódio (NaCl) na proporção de (10:1) somente se a concentração de NaCl estiver abaixo de 15 a 20 mg L^{-1} (Queiroz; Boeira, 2007).
- Manter o pH em torno de 7,0 nos viveiros para prevenir o aumento da toxidez do nitrito. Para isso, deve-se analisar as amostras de sedimento do fundo dos viveiros para determinar as exigências de calagem. Caso não for possível realizar esse tipo de análise, podem ser

utilizados os dados disponíveis sobre o pH do solo, e também, levar em consideração a textura aproximada do solo para estimar as exigências de calagem (Tabela 13).

- Evitar fazer calagem excessiva. O excesso de calcário pode ser prejudicial, porque remove o dióxido de carbono e aumenta o pH, promovendo a precipitação do fosfato dissolvido na água. Consequentemente, o fitoplâncton irá apresentar uma demanda alta de dióxido de carbono e fósforo, e o pH alto favorecerá a toxidez da amônia. Para isso evitar que as aplicações de calcário (cal virgem ou cal hidratada) excedam 100 mg L^{-1} (Queiroz; Boeira, 2006a).

Tabela 13. Exigências para calagem do solo do fundo de viveiros de piscicultura baseadas no pH e na textura do solo.

pH do solo	Exigências de Calagem (kg/ha de CaCO_3)		
	Argila	Silte/Areia	Areia
< 4,0	14.320	7.160	4.475
4,0 - 4,5	10.740	5.370	4.475
4,6 - 5,0	8.950	4.475	3.580
5,1- 5,5	5.370	3.580	1.790
5,6 - 6,0	3.580	1.790	895
6,1- 6,5	1.790	1.790	0
> 6,5	0	0	0

Fonte: Boyd; Queiroz, 2004.

Saúde, bem-estar dos peixes e prevenção de doenças

O uso de rações de boa qualidade e uma boa gestão da qualidade da água são os principais fatores para garantir a saúde e o bem-estar dos peixes. O manejo adequado e o monitoramento da qualidade da água são essenciais para a prevenção de doenças. O uso de rações de qualidade também é uma das principais BPM para evitar alterações nos parâmetros de qualidade da água como a turbidez, concentração de amônia e pH da água dos locais de criação de peixes. Dentre os métodos para monitoramento da qualidade da água e do bem-estar dos peixes podemos citar os biomarcadores, como exemplo:

- Biomarcadores em brânquias: consistem em biomarcadores indiretos que podem ser observados nas brânquias dos peixes. Nos exames diretos em microscopia óptica podem ser observadas as alterações decorrentes da presença de partículas suspensas na água, como por exemplo, fitoplâncton, hifas de algas e protozoários de vida livre entre as lamelas branquiais. Alterações na coloração e na sua estrutura também são observadas na presença de poluentes ou substâncias tóxicas na água. Esta técnica embora seja prática e rápida, necessita de um microscópio óptico e pessoa capacitada para a leitura das lâminas (Ishikawa et al., 2020).

- Biomarcadores comportamentais: consistem em biomarcadores indiretos observados no comportamento dos peixes em nadar na superfície da água em busca de oxigênio em viveiros com turbidez elevada decorrente da falta de luminosidade e, conseqüente, redução da concentração de oxigênio dissolvido. Ou, caso contrário, comportamento de nadar no fundo dos viveiros com objetivo de fugir da incidência excessiva da radiação solar. Esta técnica embora barata, sem necessidade de equipamentos caros, é uma avaliação subjetiva e com interferências de outras alterações que possam causar o mesmo comportamento nos peixes (Ishikawa et al., 2020).
- Alguns biomarcadores são conhecidos como sugestivos de alterações fisiológicas nos peixes decorrentes de alterações na saúde e mesmo na presença de poluentes na água. Alterações nas células do sangue dos peixes, como no eritrograma, leucograma ou íons plasmáticos são parâmetros que podem sugerir problemas sanitários, como também, relacionados com a presença de poluentes na água (Satake et al., 2009; Seriani; Ranzani-Paiva, 2012; Ranzani-Paiva et al., 2013).

A Tabela 14 apresenta de forma resumida a situação, os efeitos/consequências e as BPM relacionadas à saúde, bem-estar dos peixes e uso de biomarcadores.

Tabela 14. Efeitos e consequências do manejo sanitário inadequado sobre a saúde, bem-estar dos peixes e indicações de BPM para o uso de biomarcadores.

Efeitos/Consequências	BPM
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do estresse dos peixes • Alteração do hábito alimentar • Redução do consumo de ração e da taxa de conversão alimentar • Aumento da ocorrência de doenças e parasitoses • Aumento da temperatura e do pH e toxidez da amônia não ionizada (alterações no comportamento dos peixes, alterações nas brânquias, fígado e rins, perda de equilíbrio e hiperexcitabilidade, aumento da atividade respiratória e captação de oxigênio, aumento da frequência cardíaca, convulsões e morte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir e controlar a ocorrência de doenças e parasitas (Ishikawa et al., 2016) • Usar produtos químicos ou tratamentos alternativos recomendados por profissional capacitado • Manejo dos sedimentos do fundo dos viveiros (Boyd; Queiroz, 2004) • Uso de biomarcadores para monitoramento da saúde dos peixes (Ishikawa et al., 2020)

Fonte: Adaptado de Tucker; Hargreaves, 2008; Martins, 2004a, 2004b; Ishikawa et al., 2020.

BPM: prevenção e controle de doenças nos peixes

- Observar e controlar a ocorrência de doenças que estão causando a redução no consumo de ração pelos peixes (Tabela 15 e Figura 17).

Tabela 15. Alterações na qualidade da água e deficiências dos métodos de manejo produtivo e suas relações com doenças e parasitoses.

Variáveis de qualidade de água e manejo produtivo	Sintomas de doenças
Temperatura da água fora da faixa de conforto térmico dos peixes (< 18,0°C e > 30,0°C)	Pontos brancos pelo corpo ou nas brânquias (<i>Ichthyophthirius</i> sp., <i>Henneguya</i> sp.), aumento de muco nas brânquias (parasitose de brânquias), manchas vermelhas, cauda corroída (bacterioses)
Alterações bruscas no pH (pH <6,0 e > 9,0)	Produção de muco em excesso
Concentração de oxigênio dissolvido < 2,0 mg L ⁻¹	Boquejamento, brânquias com coloração escura, natação na superfície dos viveiros e próxima à entrada da água
Toxidez da amônia não ionizada (NH ₃ > 2,0 mg L ⁻¹)	Inibição do crescimento devido a não conversão do alimento em ATP e estresse metabólico, manchas avermelhadas pelo corpo, sinais de hemorragias
Toxidez do nitrito (NO ₂ > 1,0 mg L ⁻¹)	Sangue e brânquias com coloração marrom, alterando a capacidade de transporte de oxigênio dissolvido
Turbidez > 100 NTU (cor da água marrom devido excesso de sedimentos em suspensão)	Aumento de movimentos operculares, boquejamento, alteração de comportamento como natação na parte superior da coluna de água ou próxima à entrada da água
Excesso de fitoplâncton (transparência < 20 cm)	Aumento de movimentos operculares, boquejamento, alteração de comportamento como natação na parte superior da coluna de água ou próxima à entrada da água.
Excesso de sobras de ração nos viveiros	Proliferação de bactérias e aumento de amônia, manchas brancas pelo corpo semelhantes a algodão (doenças fúngicas)
Toxidez de gás sulfídrico devido ao acúmulo de matéria orgânica no fundo dos viveiros	Sangue com coloração marrom e filamento branquial escuro devido à formação de sulfohemoglobina, dificultando o transporte de oxigênio
Presença de predadores	Lesões pelo corpo e nas nadadeiras, alterações de comportamento, como agitação ou paralisia no fundo ou canto dos tanques e viveiros
Transporte, manejo e despesca inadequados	Lesões pelo corpo, perda de muco, crescimento de bactérias e fungos
Acondicionamento inadequado	Olhos com aspecto profundo, alteração na coloração das brânquias, carne flácida, perda de escamas, forte odor de amônia

Fonte: Adaptado de Ishikawa et al, 2016, 2020; Pavanelli et al., 2008.



Fotos: Márcia Mayumi Ishikawa

Foto 17. Peixes saudáveis e peixes com principais sintomas de doenças: a) patinga saudável sem nenhum sintoma sugestivo de doença; b) tilápia saudável sem nenhum sintoma sugestivo de doença; c) tambacu com lesões pelo corpo e cauda corroída, sugestivo de bacteriose e micose e d) pacu com manchas avermelhadas pelo corpo, sugestivo de bacteriose.

- Obter diagnósticos de profissionais habilitados bem como as recomendações para tratamentos das doenças antes de aplicar qualquer tipo de agente terapêutico (Martins et al., 2004b).
- Seguir as instruções dos rótulos dos agentes terapêuticos, a fim de realizar corretamente as indicações para adoção dos métodos de aplicação das dosagens e dos procedimentos de segurança (Ishikawa et al., 2020).
- Utilizar sal (cloreto de sódio) para o manejo de rotina, como preventivo de enfermidades dos peixes. De modo geral, recomenda-se a adição de $8,0 \text{ g L}^{-1}$ de água durante o transporte e 60 mg L^{-1} em viveiros escavados e larviculturas para controle de parasitoses, e observar que as dosagens dependem da espécie e da idade dos peixes (Tavares-Dias; Montagner, 2015).
- Secar o solo do fundo dos viveiros antes de estocar os peixes para um novo ciclo de produção, a fim de eliminar organismos que podem causar doenças. A combinação de secagem e a aplicação de produtos químicos para desinfecção é mais efetiva. Aplicar 10 mg L^{-1} de CL_2 ativo ou 15 mg L^{-1} de HTH (do inglês High Test Hypochlorite), ou hth® Cloro Concentrado tradicional que possui 65% de cloro ativo, uma fórmula altamente eficaz na eliminação de bactérias da água, que pode ser usada para desinfetar o fundo dos viveiros e eliminar os organismos patogênicos (Queiroz; Boeira, 2006b).

- Aplicar entre 3,0 a 4,0 toneladas/ha de calcário para reduzir a ocorrência de doenças. Essa quantidade é considerada a taxa mínima de aplicação de calcário necessária para elevar o pH a um nível suficientemente alto para desinfetar o solo (Queiroz; Boeira, 2006a)

A intensificação dos sistemas produtivos no Brasil e no mundo já vem sendo adotada e para tanto, é necessário que a manutenção da qualidade da água da produção de peixes, aliada à adoção de um manejo alimentar adequado sejam práticas essenciais a serem adotadas pelos produtores para o sucesso da piscicultura sustentável. Dessa forma, a piscicultura poderá ser produtora de alimento de alto valor biológico, geradora de emprego e renda e contribuir com a segurança alimentar de milhões de brasileiros.

Referências

- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. 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.; McNEVIN, A. Perspectives on the responsible aquaculture movement. **World Aquaculture**, v. 44, n. 4, p. 14-21, 2013.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 700 p.
- BOYD, C. E.; WOOD, C. W.; CHANEY, P. L.; QUEIROZ, J. F. Role of aquaculture pond sediments in sequestration of annual global carbon emissions. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 8, p. 2537-2540, Aug. 2010.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. de A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, supl. spe, p. 68-87, July 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010001300009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 nov. 2020.
- FRASCÁ-SCORVO, C. M. D, QUEIROZ, J., 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. da S. (Coord.). **Piscicultura**. Campinas: CATI, 2011. p. 161-174.
- ISHIKAWA, M. M.; JERÔNIMO, G. T.; VENTURA, A. S.; PEREIRA, N. L.; SILVA, T. S. de C.; ZANON, R. B.; FUJIMOTO, R. Y.; CHAGAS, E. C.; MACIEL, P. O.; BENAVIDES, M. V.; MARTINS, M. L. **Parasitas de peixes redondos produzidos na região da Grande Dourados-MS: características e possíveis soluções**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 40 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 106).
- 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. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 126).
- LI, L.; QUEIROZ, J. F. de; BOYD, C. E. Pond bottom dryout, liming. Part I. Disinfection in semi-intensive shrimp ponds. **Global Aquaculture Advocate**, p. 34-35, Jul./Aug. 2014.
- LI, L.; QUEIROZ, J. F. de; BOYD, C. E. Pond bottom dryout, liming. Part II. Limit liming after soil testing. **Global Aquaculture Advocate**, p. 36-37, Mar./Apr. 2015.
- MARTINS, M. L. Cuidados básicos e alternativas no tratamento de enfermidades de peixes na aquicultura brasileira. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de los A. P. **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela, 2004b. cap. 17, p. 357-370.
- MARTINS, M. L. Manejo sanitário na piscicultura. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de los A. P. **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela, 2004a. cap. 15, p. 323-332.
- MORO, G. V. **Rações e manejo alimentar de peixes: tanque-rede**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 1 Folder.
- NAEGEL, L. C. Combined production of fish and plants in recirculating water. **Aquaculture**, v. 10, p. 17-24. 1977.

OBA, E. T.; MARIANO, W. dos S.; SANTOS, L. R. B. dos. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. cap. 8, p. 226-247.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. da C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes**: profilaxia, diagnóstico e tratamento. 3. ed. Maringá: EDUEM, 2008. 311 p.

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. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 25).

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. 8p. il. (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 aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006b. 6p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 37).

QUEIROZ, J. F. de; BOEIRA, R. C.; SILVA, M. S. G. M. e. **Coleta e preparação de amostras de sedimentos de viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 5 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 17).

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 29p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 113).

RAKOCY, J. E. Aquaponics-integrating fish and plant culture. In: TIDWELL, J. H. (Ed.). **Aquaculture production systems**. Ames, Iowa: World Aquaculture Society; Wiley-Blackwell, 2012. p 344-386. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118250105>>. Acesso em: 06 abr. 2021.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **Oklahoma Cooperative Extension Service**, SRAC-454, p. 1-16, 2006. Disponível em: <https://shareok.org/bitstream/handle/11244/319795/oksd_srac_454_2016-07.pdf?sequence=1>. Acesso em: 06 abr. 2021.

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; PÁDUA, S. B. de; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematológica em peixes**. Maringá: Eduem, 2013. 135 p.

SANDOVAL JUNIOR, P.; TROMBETA, T. D.; MATTOS, B. O. de. Manual de criação de peixes em tanques-rede. 3. ed. Brasília, DF: CODEVASF, 2019. 80 p.

SATAKE, F.; PÁDUA, S. B.; ISHIKAWA, M. M. Distúrbios morfológicos em células sanguíneas de peixes em cultivo: uma ferramenta prognóstica. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. cap. 13, p. 330-345.

SENAR. **Piscicultura**: manejo da qualidade da água. Brasília, DF: SENAR, 2019. 50 p. (Coleção Senar, 262). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/262_Piscicultura-Manejo-da-qualidade-da-agua.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2021.

SERIANI, R.; RANZANI-PAIVA, M. J. T. Alterações hematológicas em peixes: aspectos fisiopatológicos e aplicações em ecotoxicologia aquática. In: SILVA-SOUZA, A.T.; LIZAMA, M. de los A. P.; TAKEMOTO, R. M. **Patologia e sanidade de organismos aquáticos**. Maringá: Massoni, 2012. cap. 10, p. 221-242p.

SNEED, K.; ALLEN, K.; ELLIS, J. E. Fish farming and hydroponics. **Aquacult Fish Farmer**, v. 2, p. 11-18. 1975.

TAVARES-DIAS, M.; MONTAGNER, D. **Uso e principais aplicações do sal comum na piscicultura de água doce**. Macapá: Embrapa Amapá, 2015. 38 p. (Embrapa Amapá. Documentos, 89).

TIDWELL, J. **Aquaculture production systems**. Ames, Iowa: World Aquaculture Society; Wiley-Blackwell, 2012. 440 p. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118250105>>. Acesso em: 06 abr. 2021.

TUCKER, C. S.; HARGREAVES, J. A. **Environmental best management practices for aquaculture**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2008. 592 p.

Embrapa

Meio Ambiente

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL