

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS NA CRIAÇÃO DE PEIXES DE CULTIVO

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA



MANUAL DE BOAS PRÁTICAS NA CRIAÇÃO DE PEIXES DE CULTIVO

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA

*Missão do Mapa:
Promover o desenvolvimento sustentável
das cadeias produtivas agropecuárias,
em benefício da sociedade brasileira*

Brasília
MAPA
2022

© 2022 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

1ª edição 2022

Elaboração, distribuição, informações:

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação - SDI

Departamento de Desenvolvimento das Cadeias Produtivas

Coordenação de Boas Práticas e Bem-estar Animal

Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 1º andar, Sala 122

CEP: 70043-900 - Brasília - DF

Tel.: (61) 3218-2541

E-mail: cbpa@agro.gov.br

Coordenação Editorial:

Equipe técnica:

Autor: Leonardo José Gil Barcellos

Design gráfico: Sirlete Regina da Silva

Coordenação:

Lizie Pereira Buss

Foto da capa: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Foto da folha de rosto: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Fotos de abertura dos capítulos: Leonardo Cericato, *Merck Sharp and Dohme*

Catálogo na Fonte
Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI

Barcellos, Leonardo José Gil.

Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo / Leonardo José Gil Barcellos, Lizie Pereira Buss (coord.). – Brasília : MAPA/SDI, 2022.

Recurso: Digital

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-86803-87-7

1. Piscicultura. 2. Sanidade Animal. 3. Saúde Animal. 4. Bem-estar. I. Título. II. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação. III. Sirlete Regina da Silva (Projeto Gráfico).

AGRIS M12

Kelly Lemos da Silva CRB1-1880

APRESENTAÇÃO

Caro Leitor

Estamos diante de uma obra de conteúdo técnico de grande importância para o desenvolvimento de sua atividade, como produtor ou profissional envolvido na criação de peixes. Neste Manual estão contidas orientações atualizadas e elaboradas por técnicos qualificados que permitirão a produção agropecuária de peixes alicerçadas no conceito das boas práticas de cultivo ou criação. Ao adotá-las, os produtores conseguirão aumentar sua produtividade, melhorar a sustentabilidade dos seus sistemas produtivos e a qualidade dos produtos, promovendo segurança alimentar, e mitigar riscos de impactos ambientais. Adicionalmente, serão obtidos sistemas produtivos que reduzem os riscos à saúde dos rebanhos, minimizam a resistência a antimicrobianos e, que possibilita, ampliar o grau de bem-estar animal. O incremento na eficiência produtiva ainda repercute na agregação de valor à produção, a fidelização dos consumidores e, inserção em mercados mais exigentes, no Brasil e no exterior.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa, em sua missão de elaborar políticas públicas para o setor e fomentar as cadeias produtivas, tem sido um protagonista nas iniciativas que levam ao aumento da produção e competitividade da aquicultura brasileira. A Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Sustentável e Irrigação do Mapa, tem exercido a parceria com os produtores e entidades públicas e privadas, voltadas a capacitação e qualificação de diferentes elos dessa cadeia.

Estejam certos que esse conteúdo, rico em informações e orientações, pautado pelas melhores técnicas, conjugando prática e ciência, contribuirá fortemente para a consolidação sustentável da atividade de criação de peixes no Brasil. Agora é chegada a hora de colocá-las em prática. Boa leitura e mãos à obra.

Alexandre de Oliveira Barcellos

Diretor do Departamento de Desenvolvimento das Cadeias Produtivas - DECAP

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
1 BEM-ESTAR EM PEIXES	9
1.1 Introdução	10
1.2 Definições de bem-estar animal	10
1.3 As “cinco liberdades” e os “cinco domínios”	11
1.4 Razões para considerarmos o bem-estar dos peixes	14
1.5 Indicadores de bem-estar em peixes	14
1.5.1 Indicadores Comportamentais de Bem-estar em Peixes	14
1.5.2 Indicadores Fisiológicos de Bem-estar em Peixes	21
1.5.3 Protocolos de avaliação de bem-estar em peixes	22
1.6 Relação do melhoramento genético com o bem-estar dos peixes	23
1.7 Pontos críticos de bem-estar na aquicultura	25
1.8 Relação do bem-estar animal com a imunidade dos peixes	30
1.9 Estratégias para melhorar o bem-estar dos peixes cultivados	32
1.9.1 Enriquecimento ambiental na aquicultura	33
2 SANIDADE EM PEIXES	38
2.1 Contextualização	39
2.2 Fatores predisponentes às doenças.....	40
2.3 Principais doenças bacterianas dos peixes.....	42
2.3.1 Sinais inespecíficos de doenças	42
2.3.2 Principais doenças bacterianas que ocorrem no Brasil.....	43
2.3.3 Prevenção das bacterioses	44
2.4 Principais antimicrobianos usados na aquicultura.....	46
2.5 Doenças emergentes na aquicultura brasileira	47
2.6 Resistência aos antimicrobianos	47
2.6.1 Contextualização	47
2.6.2 Resistência bacteriana	48
2.6.3 Resistência antimicrobiana na aquicultura e os riscos para saúde única ..	49
2.6.4 Cuidados na administração de antimicrobianos	51

2.6.5	Uso racional de antimicrobianos	53
2.6.6	Alternativas ao uso de antimicrobianos	56
2.6.6.1	Probióticos	56
2.6.6.2	Imunoestimulantes	56
2.6.6.3	Hidrolisados proteicos e peptídeos bioativos	56
2.6.6.4	Óleos essenciais de plantas	57
2.6.6.5	Sal	57
2.7	Descarte correto das embalagens	58
2.8	Procedimentos sanitários preventivos – biossegurança	60
2.8.1	Manejo animal	62
2.8.2	Monitoramento dos patógenos	64
2.8.3	Quarentena	64
2.8.4	Eutanásia	65
2.8.5	Coleta e envio de material para o laboratório de diagnóstico	66
2.8.6	Acesso e desinfecção de pessoas	67
2.8.7	Desinfecção dos tanques e equipamentos	69
2.8.8	Vacinação	71
2.8.9	Registros sanitários e planos de ação	72
2.8.10	Capacitação de pessoal	74
2.9	Relação entre bem-estar animal e o uso de medicamentos, em especial, de antimicrobianos	74

3 FISIOLOGIA BÁSICA DOS PEIXES APLICADA À PISCICULTURA77

3.1	Fisiologia básica dos peixes e suas implicações para a piscicultura	78
3.2	Temperatura corporal	79
3.3	Sistema nervoso	79
3.4	Sistema respiratório	81
3.5	Sistema circulatório	84
3.6	Sistema digestivo	85
3.7	Sistema renal e excreção nitrogenada	89
3.8	Osmorregulação	90
3.9	Vesícula gasosa ou bexiga natatória	91
3.10	Sistema endócrino	91
3.11	Sistema reprodutor	92

4 QUALIDADE DA ÁGUA PARA AS PRINCIPAIS ESPÉCIES CULTIVADAS	96
4.1 Introdução.....	97
4.2 Características físicas da água.....	97
4.3 Características químicas da água	103
4.4 Manejo da qualidade de água	113
4.4.1 Aeração artificial	113
4.4.2 Troca da água dos tanques	117
4.4.3 Correção da transparência	118
4.4.4 Correção de pH e alcalinidade	118
4.4.5 Correção de CO ₂ elevado.....	119
5 INSTALAÇÕES PARA PISCICULTURA	120
5.1 Introdução	121
5.2 Planejamento da piscicultura.....	123
5.3 A escolha do local	123
5.4 Tipos de viveiros	126
5.5 A construção	130
5.6 Gaiolas flutuantes / tanques-rede.....	138
5.7 Os efluentes da piscicultura e seu tratamento.....	141
6 NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR	144
6.1 Importância da nutrição para o crescimento e para a saúde dos peixes	146
6.2 Alimento natural na nutrição	150
6.3 Estratégias de manejo alimentar	150
6.3.1 Tipos/fases.....	151
6.3.2 Horários	153
6.3.3 Quantidade	153
6.3.4 Frequência.....	154
6.3.5 Forma de distribuição do alimento.....	154
6.3.6 Uso de sistema de alimentadores automáticos	156
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	158



1

BEM-ESTAR EM PEIXES



1.1 Introdução

À medida que a aquicultura se intensifica e se profissionaliza, é crescente a preocupação com o bem-estar, sendo sua aplicação em peixes, referida como a grande fronteira na ciência do bem-estar animal. De fato, o crescimento da aquicultura está acelerado, ultrapassando a velocidade da geração de conhecimento sobre o bem-estar dos peixes cultivados, apontando para necessários esforços imediatos para salvaguardar o bem-estar das espécies de produção, e, para a formulação de políticas que minimizem os riscos ao bem-estar dos peixes. Os métodos de criação e produção devem ser conduzidos para atender as necessidades biológicas dos peixes, ao invés de apenas princípios econômicos ou debates científicos.

1.2 Definições de bem-estar animal

Definir bem-estar animal não é uma tarefa simples. Inicialmente as definições tratavam apenas de aspectos físicos, ou seja, os animais estando saudáveis e bem alimentados estavam em bom grau de bem-estar. Na sequência, passaram

a ser consideradas questões mentais e, para estar em adequado grau de bem-estar, os animais precisariam, além de estarem bem alimentados e saudáveis, estarem sentindo-se bem. Essa visão começava a englobar questões referentes aos estados emocionais positivos e negativos que a ciência, dia a dia mostrava nos animais. Por fim, a naturalidade dos animais começou a ser considerada para definir bem-estar, e os animais precisariam ter oportunidades de expressar seu comportamento espécie específico para serem considerados em condição satisfatória.

As definições mais aceitas atualmente, postulam que o bem-estar é o estado do animal em suas tentativas de se adaptar ao meio-ambiente.

A relação dessas definições, ou seja, animais em excelente condição física, com muito pouco ou nenhum sofrimento mental e, com muitas oportunidades de expressarem seu comportamento natural, fez com que surgisse os lemas do bem-estar animal na atualidade: “Bem-estar é muito mais do que não sofrer, é uma vida que valha a pena ser vivida”.

Baseado nessa visão, Volpato (2007) definiu bem-estar como “[...] o estado interno de um animal quando esse permanece sob condições que foram livremente escolhidas por ele”. Por isso, os

cientistas têm buscado incessantemente conhecer as preferências dos peixes por determinados recursos, bem como o esforço, como medida de valorização que o peixe faz para obtê-lo.

Mas, temos que ter consciência de que, em situações de produção, é impossível propiciar “livre escolha” aos animais. Nos resta então, conhecer suas preferências para melhorar as condições de criação com base nas cinco liberdades, ou nos cinco domínios de bem-estar. O bem-estar animal na produção de peixes visa propiciar um melhor ambiente para os animais; minimizar o estresse potencial durante a produção e, fornecer o produto final com maior valor agregado e qualidade. Assim, pensando especificamente em produção em aquacultura, o bem-estar animal reflete o quão bem um animal está biológica, comportamental e emocionalmente lidando com seu ambiente.

1.3 As “cinco liberdades” e os “cinco domínios”

O modelo das Cinco Liberdades abrange dimensões amplas do bem-estar animal, incluindo experiências subjetivas, estado de saúde e comportamento.

Traz claramente as áreas específicas de preocupação com o bem-estar em termos de experiências negativas como: sede, fome, medo, angústia, desconforto e dor. E, estados de desnutrição, lesões, doenças e expressão comportamental. Com base nisso, define cinco metas específicas para a melhoria do bem-estar, denominadas de “Liberdades”. Por essas razões, entre outras, é que o paradigma das Cinco Liberdades se tornou tão integrado à compreensão do bem-estar animal que praticamente assumiu um status de definição.

As principais características do paradigma das Cinco Liberdades permanecem praticamente inalteradas, desde sua formulação na década de 90 do século passado, que estendeu a versão inicial trazida em 1965 no relatório do Comitê Brambell.

As cinco liberdades, e as menos conhecidas, cinco provisões, são:

1. **Livres de sede, fome e desnutrição**, por fornecer acesso rápido a água potável e uma dieta completa para manter a saúde e o vigor.
2. **Livres de desconforto**, por proporcionar um ambiente adequado, incluindo abrigo e uma área de descanso confortável.

3. **Livres de dor, lesões e doenças**, por meio de adequada prevenção ou diagnósticos e tratamentos rápidos.
4. **Livres de medo e estresse**, por garantir condições e tratamento que evitem o sofrimento mental.
5. **Livres para expressar comportamento normal**, por fornecer espaço suficiente, instalações adequadas e companhia da própria espécie do animal.

É relevante dar estímulos positivos aos peixes, que podem suscitar alguns sentimentos positivos – é tão importante quanto a necessidade de prevenir ou minimizar o sofrimento dos peixes em cativeiro. Nesse sentido, os cinco domínios, abordam os aspectos positivos do bem-estar em vez de focar apenas nos

negativos, dos quais os animais devem estar livres. A versão atual dos cinco domínios é: nutrição; ambiente físico, saúde, interações comportamentais e estado mental.

De modo geral, as implicações das liberdades/domínios para o bem-estar dos peixes estão expressas na Tabela 1.1.

Dentre as formas de acessar o bem-estar dos animais de fazenda, temos também o sistema Welfare Quality®. Apesar de não possuir protocolos específicos para peixes, os seus princípios e critérios não divergem muito dos princípios e critérios das cinco liberdades e dos cinco domínios, e são passíveis de serem adaptados para a realidade da piscicultura, conforme Tabela 1.1.

TABELA 1.1 – Aplicações na aquicultura das liberdades e domínios de bem-estar

Liberdade ¹	Domínio ²	CrITÉRIOS Welfare Quality ^{®3}	Aplicação na aquicultura ⁴
Liberdade Nutricional	Nutrição (1º domínio)	1 - Ausência de fome prolongada 2 - Ausência de sede prolongada	Devemos ofertar rações de alta qualidade, específicas para a espécie e, em quantidade adequada e ajustada periodicamente. Avaliar observando a taxa de conversão alimentar, fator de condição dos peixes. O manejo alimentar deve ter frequência e forma de arraçamento ajustados para a espécie e intensidade de cultivo. (Ver Capítulo 6 deste manual).
Liberdade Ambiental	Ambiente Físico (2º domínio)	3 - Conforto em torno do descanso 4 - Conforto térmico 5 - Facilidade de movimento (além de questões relacionadas à saúde ou ao repouso) 6 - Ausência de lesões (exceto às devidas a doença ou intervenções terapêuticas ou preventivas). 7 - Ausência de dor induzida por procedimentos de manejo (incluindo atordoamento).	Além de construir tanques de forma correta e com todas as seguranças e especificações técnicas, devemos verificar a água em relação à temperatura, pH, O ₂ D, NH ₃ , NH ₃ , NO ₂ e transparência. Uso de densidades de estocagem compatíveis com a renovação e aeração da água. O uso de predadores para controle populacional deve ser evitado para não afetar a parte psicológica/mental. (Ver Capítulos 4 e 5 deste manual).
Liberdade Sanitária	Saúde (3º domínio)	8 - Ausência de doença (bem como mortalidade neonatal e relacionada ao transporte).	Devemos manter os peixes sempre saudáveis e, por meio de exames periódicos (por exemplo, por ocasião das biometrias), assegurarmos que estão com olhos, mandíbulas, opérculo, pele (muco, lesões e áreas com perdas de escamas), nadadeiras, brânquias e coluna em estado saudável, sem a presença de ectoparasitas. Avaliar as taxas de mortalidade, a presença de escamas na água e o grau de consciência/atividade dos animais. (Ver Capítulos 2 e 3 deste manual).
Liberdade Comportamental	Interações Comportamentais (4º domínio)	9 - Expressão de comportamentos sociais (predomínio de aspectos positivos em detrimento dos negativos). 10 - Expressão de outros comportamentos relacionados ao bem-estar (predomínio de comportamentos positivos em detrimento dos negativos).	Além de propiciar oportunidades de comportamento espécie-específico (ver E.E.), verificar comportamentos como: boquejamento na superfície, frequência respiratória, padrão de natação, distribuição no tanque, coloração do corpo, comportamento social e alimentar.
Liberdade Psicológica	Estado Mental (5º domínio)	11 - Boa relação humano-animal (medo reduzido de humanos). 12 - Estado emocional positivo.	Evitar que os peixes estejam constantemente com medo, por exemplo, pela presença de predadores. Evitar monotonia e rotina em excesso para prevenir estados depressivos (Item 1.9.1)

¹ Segundo Molento (2006).² Segundo Mellor et al. (2020).³ Critérios de Welfare Quality[®].⁴ Boa parte desses indicadores está no protocolo de Pedrazzani et al. (2020), baseado no protocolo Welfare Quality[®] de Blokhuis et al. (2010).**FONTE:** Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

1.4 Razões para considerarmos o bem-estar dos peixes

Atualmente, há um consenso científico de que os peixes possuem capacidade de ter consciência de sensações, de sentir fome, de sentir e diferenciar conforto de desconforto, e de diferenciação de estados internos como “bom ou ruim”, “prazeroso ou desagradável”, ou seja, possuem sentimentos subjetivos. Isso é a base da definição de sentiência que nada mais é do que a capacidade de ter sentimentos e de ter consciência de sua existência. A sentiência é a base para as considerações sobre bem-estar em peixes.

Em face à essas questões, um questionamento se impõe: “o bem-estar é o estado oposto ao estresse?” A resposta é não. A ausência de estresse não indica bem-estar, mas a presença de estresse pode indicar as piores situações, sendo uma ferramenta muito útil para avaliação de pontos críticos de bem-estar na cadeia da aquicultura. De fato, vários procedimentos associados ao cultivo dos peixes, incluindo processos de manejo pré-abate e abate, evocam uma forte resposta ao estresse em peixes, com um efeito negativo importante tanto no bem-estar dos peixes quanto na qualidade da carne dos

peixes. O uso do estresse como indicador de bem-estar será tratado nos Itens 1.5 e 1.7 deste capítulo.

1.5 Indicadores de bem-estar em peixes

Se o piscicultor deseja melhorar (ou certificar) o bem-estar dos peixes, precisará de métodos para avaliar o bem-estar, viáveis e factíveis em condições de fazenda. Um bom sistema de avaliação deve descrever o bem-estar dos peixes cultivados e permitir que o piscicultor avalie, ao longo do tempo, e responda apropriadamente. De fato, um bom indicador de bem-estar deve ser prático e aplicável, ser confiável, ter boa repetibilidade (concordância entre observadores e entre observações diferentes do mesmo observador) e ter validade reconhecida.

1.5.1 Indicadores Comportamentais de Bem-estar em Peixes

O repertório comportamental natural de uma espécie é fundamental para a avaliação do bem-estar dela em condições de cativeiro. Assim, o comportamento é o primeiro e mais importante

indicador do estado biológico de um animal, e as observações comportamentais são ótimas ferramentas para entender, não apenas o estado fisiológico do indivíduo, mas também seu estado mental. De fato, o comportamento indica como os animais avaliam o seu ambiente. Podemos levar em conta as escolhas feitas pelo animal, ou seja, suas preferências – bem como a sua reação aos estímulos –, ou seja, sua responsividade. Assim, o comportamento reflete sentimentos e motivações subjetivas e demonstra bem-estar animal, sendo uma consequência lógica, o uso de indicadores comportamentais para identificar fatores que são importantes para os animais.

O comportamento é, por definição, a conexão entre os processos fisiológicos internos de um animal e sua interação

com o meio ambiente, ou seja, a maior parte do comportamento resulta da escolha feita após a análise de estímulos internos como experiência prévia, estado fisiológico, resposta inata devido a espécie e raça e, estímulos externos como a presença de outros animais – sejam estes predadores ou animais da mesma espécie –, disponibilidade de alimentos e estação do ano.

A avaliação dos indicadores comportamentais depende da observação do comportamento, verificando as escolhas e preferências dos animais, bem como o esforço que um animal fará para obter o que necessita (valor do recurso!) ou para escapar de um estímulo desagradável. Verifica-se também os eventuais desvios do comportamento normal, como por exemplo o comportamento estereotipado.

Você Sabia?

Comportamento estereotipado se refere a um comportamento repetido e constante, sem propósito óbvio no contexto. Indica frustração passada ou presente e, ainda ambiente restrito ou estéril (carência de estímulos). Atualmente sabe-se que as estereotipias podem ter valor adaptativo, ajudando o animal a lidar com frustração. Em peixes, um exemplo seria o arrastar sedimento de um lado para o outro sem ser para construção de ninho ou escavação de tocas.

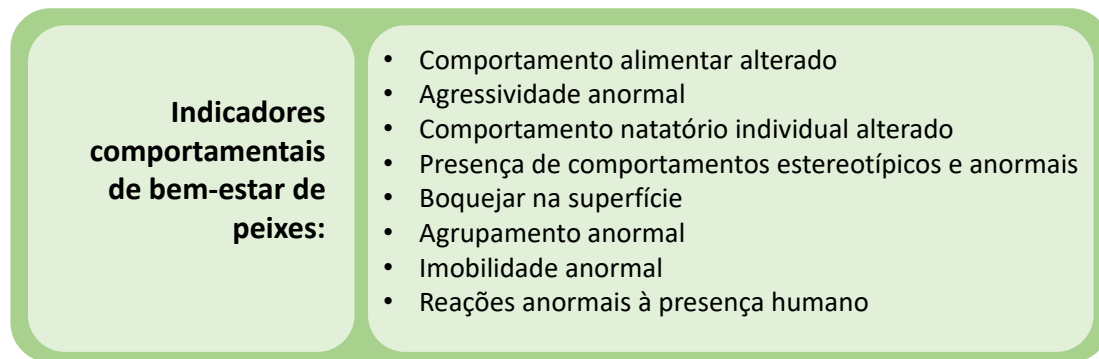
Os indicadores comportamentais têm como vantagens o fato de serem de mais fácil análise e menos invasivos, requererem menos equipamento e poderem ser feitos fora do laboratório. Exemplos de comportamento que são comumente usados como um indicador de bem-estar são mudanças no comportamento condicionado pré alimentação, na ingestão de alimentos (apetite), e na natação.

Já como desvantagens, as vezes são de difícil interpretação por serem variáveis ao longo do tempo e o fato de ser considerado menos rigoroso por alguns pesquisadores. Mas, essa última des-

vantagem vem sendo resolvida com a automação e parametrização dos testes e avaliações comportamentais e, dessas avaliações qualitativas podem ser convertidas em medidas quantitativas por meio de gravações de vídeo e *software* para coleta, análise e apresentação de dados, enquanto as análises de imagens facilitam a vigilância contínua do comportamento. Dessa forma, o comportamento pode ser usado como um sinal precoce de problemas potenciais de bem-estar.

São vários os indicadores comportamentais para avaliar bem-estar em peixes (Figura 1.1).

FIGURA 1.1 - Possíveis indicadores comportamentais de bem-estar em peixes de aquicultura



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

O comportamento alimentar é registrado em peixes em termos de ingestão diária de ração ou taxa de alimentação, de latência ou tempo para o início da ali-

mentação, tempo total de alimentação e ativação de alimentadores de demanda. A redução do apetite é considerada uma das principais causas para a redução do

crescimento causada por estresse. Nessa linha, o manejo alimentar deve ser apropriado para a espécie em termos de tipo de ração, quantidade e frequência (Capítulo 6).

O tempo que os peixes demoram para retomar a alimentação após um estressor pode ser usado como um indicador de bem-estar. Da mesma forma, a motivação para se alimentar, medida

como a latência para iniciar a alimentação, também pode ser um indicador de bem-estar. Além das mudanças no comportamento alimentar, as mudanças na ingestão de alimentos podem ser usadas como um indicador de redução do bem-estar. De fato, vários fatores de estresse demonstraram reduzir o consumo de ração em diferentes espécies de peixes.

Como deve ser?

Os peixes em bons graus de bem-estar se alimentam com voracidade, ingerindo a ração tão logo ela cai na água.

O desempenho de natação é um indicador da capacidade dos peixes de se alimentar, escapar da predação e manter a posição em uma corrente. Alguns peixes, inclusive, dependem estritamente de sua capacidade de natação para realizar migrações e alcançar o sucesso repro-

duativo. Mudanças no comportamento de natação, podem refletir como um peixe está sentindo e respondendo ao seu ambiente. No entanto, se essas mudanças podem ser usadas como um indicador de bem-estar ruim ou bom, depende da espécie e do contexto.

Como deve ser?

Os peixes em bons graus de bem-estar nadam calmamente em posição normal, acelerando o nado apenas para buscar alimento ou fugir de algum “susto” como a presença de uma ave piscívora.

Observações de comportamentos estereotípicos e outros comportamentos anormais têm sido repetidamente usadas como um indicador de baixo bem-estar. A ligação entre a aparência de comportamento estereotípico e o bem-estar precário parece óbvia quando resulta em lesão física ou surge durante condições de alojamento e criação abaixo do ideal. No entanto, essa ligação não é tão clara, pois esses comportamentos repetitivos podem gerar sentimentos positivos (recompensa), como parte de uma estratégia de enfrentamento e, portanto, ser compatíveis com um bom bem-estar.

É um consenso que o desenvolvimento de estereotípias surge como uma resposta à frustração, desconforto ou um conflito de motivação. Entretanto, apesar de serem comumente avaliados em animais de zoológico e animais terrestres de produção, existem poucas evidências científicas de comportamento estereotipado em peixes de cultivo. Apesar da escassez de literatura, o surgimento de estereótipos tem sido associado a procedimentos da aquicultura e fatores estressantes, e, portanto, pode ser um indicador de baixo bem-estar em peixes cultivados.

Como deve ser?

Os peixes em bons graus de bem-estar apresentam um padrão normal de comportamento, sem variações marcadas ao longo do tempo e sem comportamentos repetitivos e, aparentemente, sem função.

Podemos usar outros indicadores comportamentais como a gama de atividades limitada, boquejar, agrupamento, imobilidade anormal e reações anormais em relação a presença de humanos.

A gama de atividades limitada pode afetar animais individuais ou o grupo inteiro e, envolve o espaço restrito e estéreis em sistemas de produção intensiva (tanques rede, *raceways*, sistemas de bioflocos, hapas de reprodução). O comportamento de ofegar e/ou boquejar por ser decorrente de estresse térmico, su-

perlotação, medo, entre outros. É sempre importante identificar a causa (temperatura do ambiente, O_2D , amônia, densidade de estocagem, sinais de doença). Os comportamentos de amontoar-se e de imobilidade geralmente estão associados às doenças ou ao estresse severo ou medo (imobilidade é uma manobra para evitar predadores). Por fim, o medo ou agressividade anormais em relação aos humanos pode também indicar prejuízo de bem-estar.

Como deve ser?

Os peixes em bons graus de bem-estar não boquejam na superfície, apresentam agrupamento normal (dispersos por todo o tanque), nadam normalmente e reagem com curiosidade e interesse à presença humana, ou, por curiosidade, por associar a presença deles à oferta de alimento.

Por fim, em relação ao agrupamento, sabemos que, na natureza, as diferentes espécies sociais vivem em grupos. Geralmente, a vida em grupo traz vantagens na procura de alimentos, defesa de recursos e detecção de predadores, sendo a agregação em cardume um dos comportamentos sociais de peixes mais comuns. No entanto, quando os recursos ou a área são limitados, a vida em grupo pode levar ao surgimento de comportamentos competitivos, que podem assumir a forma de hierarquias de dominância como na tilápia-do-Nilo. A hierarquia é, geralmente, estabelecida após encontros agonísticos entre dois indivíduos. Os comportamentos agonísticos incluem ataques, mordidas ou tentativas de mordidas, exibições ameaçadoras e comportamentos relacionados à submissão, como fuga ou imobilidade. Um aumento de agressividade e a consequente aparição de lesões, pode ser um indicativo de bem-estar pobre, provavelmente por disputas pelos recursos escassos.

E aí, cabe uma importante pergunta: sendo a tilápia-do-Nilo tão territorialista e hierárquica, e, portanto, tão passível de estresse social, como a espécie se dá tão bem em condições de cultivo intensivo?

A explicação mais parcimoniosa se baseia em quatro pontos que discorreremos a seguir: a ausência de motivação sexual e alimentar e, a ausência de substrato e a alta densidade usada em cultivo. Primeiramente, se tivermos uma população realmente 100% machos, todo o comportamento de corte dos machos para atrair as fêmeas para desovarem em seus ninhos, não ocorrerá. De fato, os machos lutam por dominância e os dominantes defendem territórios para a construção do ninho e a atração das fêmeas. Assim, é plausível supor que a total inexistência de fêmeas reduza drasticamente a motivação para a formação de hierarquia e defesa do território.

Outro ponto importante, é a ausência de competição por alimentos, especialmente em cultivos intensivos e de

alta tecnologia, que utilizam rações de alta qualidade nutricional, distribuída em alta frequência por meio de sofisticados sistemas de alimentadores automáticos (Capítulo 6). De fato, os ciclídeos (como a tilápia) tendem a apresentar taxas mais baixas de agressão quando a ração é fornecida em excesso. Entretanto, se o alimento não for abundante, a agressão aumenta devido à competição pelo acesso.

A indisponibilidade de substrato, seja a inexistência total dele (em gaiolas) ou a quantidade insuficiente de substrato (em tanques escavados), também pode ser um fator importante na redução de estresse social. Por mais que tenha sido mostrado que as tilápias desovam mesmo sem o substrato, na ausência desse aliado, a inexistência de fêmeas para cortejar, parece realmente bloquear esse comportamento. Por fim, as altas densidades de estocagem empregadas no cultivo da tilápia, parecem “diluir” o comportamento agressivo. Já foi reportado que em alguns ciclídeos, as altas densidades

diminuem a agressividade e a mortalidade. Assim, parece que as altas densidades de cultivo das tilápias, lhes retira o espaço e a oportunidade para exibir seu comportamento natural agressivo, similarmente ao reportado em outros peixes.

A argumentação acima reforça a ideia de que piscicultores devem adquirir alevinos de produtores que, além de garantir e certificar sanidade, garantam a eficiência da reversão sexual e lotes 100% machos. A inexistência de fêmeas no lote reduz o comportamento agressivo e territorial das tilápias, melhorando o seu bem-estar em cultivo. Por outro lado, quanto mais fêmeas tiverem, mais disputas ocorrerão, maior será o grau de estresse e pior o de bem-estar. Além disso, como ocorrerão reproduções, os produtores acabam por usar predadores para o controle populacional, o que impacta diretamente na liberdade psicológica, uma vez que os peixes estarão com medo dos predadores co-estocados.

Como deve ser?

Para termos tilápias-do-Nilo em bons graus de bem-estar, é importante a aquisição de alevinos saudáveis e com taxas de reversão sexual acima dos 97%, para que não tenhamos motivações para a agressividade natural da espécie e, não haverá a necessidade de lançar mão de predadores para o controle populacional, devido a reprodução indesejada nos tanques de cultivo.

1.5.2 Indicadores Fisiológicos de Bem-estar em Peixes

Uma alteração do bem-estar leva a uma ativação do sistema nervoso central (SNC) e, a partir dele, gera respostas em vários órgãos. A ativação do SNC ainda desencadeia respostas neuroendócrinas coordenadas pelo eixo Hipotálamo-hipófise-adrenal.

Os principais efeitos são o aumento do débito cardíaco, taquicardia (aumento de frequência cardíaca); aumento do fluxo sanguíneo para os músculos e, o aumento da taxa ventilatória. Todos esses efeitos têm o objetivo de prover energia para o enfrentamento da situação adversa inicial (estressor). Como exemplo, a tilápia-do-Nilo responde à diferentes estressores alterando sua frequência ventilatória, sendo um bom indicador da sensibilidade ao estresse na tilápia-do-Nilo.

Como deve ser?

Peixes em bons graus de bem-estar apresentam taxa ventilatória normal, ou seja, percebe-se o lento e rítmico “abrir e fechar” da boca e do opérculo. A aceleração desse ritmo pode indicar estresse e prejuízos ao bem-estar.

Já em relação às respostas neuroendócrinas, o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA), em peixes também chamado de hipotálamo-hipófise-interrenal (HHI), é o principal mediador de respostas endócrinas para a mobilização de reservas de energia para a reação física. O HHA medeia respostas para o estresse, cortejo, atividade sexual e procura de alimentos. Assim, sua interpretação fica ligada diretamente ao contexto da resposta observada. Tal como em humanos,

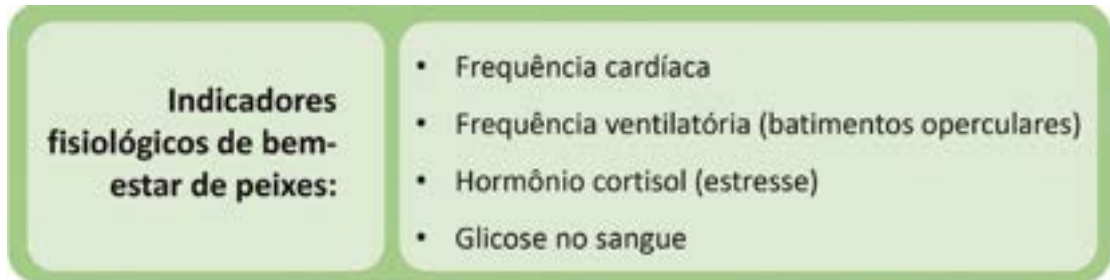
o produto final do eixo HHA em peixes é o hormônio glicocorticoide cortisol.

As limitações do uso do eixo HHA referem-se às diferenças individuais como experiência (condição) anterior, sexo, metabolismo (horário da última alimentação, jejum), espécie e ritmo circadiano, além da perturbação devido ao método de coleta da amostra e da presença humana, manejo, contenção e método de amostragem.

Como deve ser?

Se for possível, nas necrópsias de monitoramento (ver Capítulo 2) coletar sangue e avaliar a concentração de cortisol, que deve ser baixa e constante. Para a maioria dos peixes, os valores basais oscilam entre 2 e 30 ng/ml.

FIGURA 1.2 - Possíveis indicadores fisiológicos de bem-estar em peixes de aquicultura



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

1.5.3 Protocolos de Avaliação de Bem-estar em Peixes

Na última década, foram propostos protocolos de avaliação de bem-estar para algumas espécies de peixes, especialmente salmonídeos como o salmão e a truta, mas, para a tilápia-do-Nilo, o primeiro protocolo foi proposto no final de 2020. (PEDRAZZANI et al., 2020).

O protocolo de Pedrazzani é organizado em quatro categorias de acordo com a literatura sobre protocolos de avaliação do bem-estar para animais de produção terrestre, especialmente o protocolo Wel-

fare Quality®. As categorias de avaliação são: saúde, ambiente, comportamento e nutrição. Em cada categoria, o protocolo considera a severidade e a duração dos riscos potenciais. Os indicadores de saúde e de ambiente se baseiam nos protocolos de salmão, adaptados para tilápia.

Os indicadores de saúde presentes no protocolo são: olhos, mandíbulas, opérculo, pele, nadadeiras, brânquias e coluna em estado saudável, presença de ectoparasitas, glicose no sangue, mortalidade, presença de escamas na água e grau de consciência. Já, os indicadores ambientais são: temperatura, pH, O₂D,

NH_4 , NH_3 , NO_2 , transparência, densidade de estocagem, presença de espaços sombreados e presença de predadores para o controle populacional. Os indicadores da categoria nutricional são: quantidade de ração fornecida, níveis de proteína bruta na ração, taxa de conversão alimentar, fator de condição (k), manejo alimentar, períodos de jejum e de depuração antes da despesca. As necessidades ambientais e nutricionais da tilápia são baseadas na literatura científica. Por fim, indicadores comportamentais são variados e incluem: boquejamento na superfície, frequência respiratória, padrão de natação, distribuição no tanque, coloração do corpo, comportamento social, comportamento alimentar, resposta à luz, resposta à exposição ao ar e ao tempo, para a perda de consciência.

O protocolo de Pedrazzani usa uma variedade de indicadores baseados no animal: saúde, comportamento e fisiologia, além de indicadores de ambiente e de nutrição, tem clara viabilidade prática, sendo um importante ponto de partida para o desenvolvimento de uma estratégia de bem-estar da tilápia, onde a priorização de pontos críticos de bem-estar, implementação de ações corretivas e monitoramento dos resultados fazem parte de um sistema de gestão de bem-estar permanente.

1.6 Relação do melhoramento genético com o bem-estar dos peixes

Ambos, genes e ambiente, desempenham papéis importantes na modulação do comportamento dos animais. Enquanto os genes capturam as respostas evolutivas de populações anteriores à seleção do comportamento, a flexibilidade ambiental dá aos animais a oportunidade de se ajustar às mudanças durante sua própria vida. Ao controlar acasalamentos, animais úteis aos humanos foram domesticados. Esses animais domesticados se comportam de maneira bastante diferente de seus ancestrais selvagens.

Mas, também é consenso, pelo menos em relação aos peixes como o salmão, que a domesticação não está necessariamente relacionada a um maior grau de bem-estar, especialmente porque as características que a indústria está selecionando, ao longo do processo de domesticação, geralmente estão focadas na produção (por exemplo, crescimento mais rápido, maior massa), sem levar em consideração os eventuais efeitos sobre outros sistemas e no organismo. Entretanto, existe considerável corpo de evi-

dências de que a domesticação aumenta o crescimento dos peixes, atenua as respostas ao estresse e regula os genes imunológicos.

Nessa linha, um exemplo de programa de melhoramento em peixes é o projeto colaborativo internacional de melhoramento da tilápia-do-Nilo, comumente conhecido por Melhoramento Genético de Tilápias Cultivadas ou, do inglês *Genetic Improvement of Farmed Tilapia* (GIFT), com o objetivo de melhorar o desempenho dos peixes. O projeto GIFT resultou em um estoque de tilápias-do-Nilo de crescimento mais rápido, o que foi uma importante fonte genética para uma variedade de programas públicos e privados de melhoramento. A linhagem GIFT está amplamente disponível e disseminada desde as primeiras gerações de seleção e, uma proporção significativa da produção atual de tilápia-do-Nilo é baseada em materiais genéticos com algum grau de ancestralidade GIFT.

Entretanto, se o comportamento animal é também moldado por genes, e, considerando a estreita relação entre o comportamento e o bem-estar, é plausível propor programas de melhoramento genético de comportamentos chave que impactem diretamente o bem-estar animal.

Especificamente, em termos de bem-estar, o fato de diferentes indivíduos apresentarem diferentes responsabilidades ao estresse, tem potencial implicação para o bem-estar, uma vez que os peixes com diferentes níveis de resposta ao estresse são provavelmente afetados de forma diferenciada por estressores encontrados durante a produção intensiva. Assim, essa variabilidade de formas de enfrentamento ao estresse, se constitui em uma oportunidade de melhoramento genético para manipular o bem-estar. De fato, essa forma de enfrentamento a um estressor pode ser herdada e, em termos evolutivos, pode ser mantida por essa variação espacial ou temporal nos regimes de seleção. e aos diferentes fenótipos comportamentais tendo melhor desempenho em variadas condições de aquicultura.

A seleção de animais de acordo com sua estratégia de enfrentamento de estresse, buscando peixes mais condicionados aos sistemas de cultivo e seu manejo, pode contribuir para a melhoria do bem-estar animal, além de garantir a consolidação do setor aquícola, tornando-o cada vez mais sustentável e atendendo às demandas do moderno mercado consumidor, que visa a qualidade do produto, a moralidade e o respeito aos animais de criação.

Outro ponto que reforça o quanto o bem-estar pode se relacionar com a hereditariedade e pode ser alvo de programas de seleção, é o aspecto transgeracional do bem-estar animal. Crescem as evidências de que o grau de bem-estar dos reprodutores pode, além de prejudicar sua performance reprodutiva, impactar negativamente na prole, especialmente no que tange ao desenvolvimento do sistema nervoso central, questão que impacta diretamente no temperamento/comportamento e responsividade da prole.

Com base no exposto, fica claro que devemos propiciar as melhores condições possíveis de bem-estar ao plantel de reprodutores, sob pena de produzirmos alevinos com prejuízos no sistema nervoso e, incapazes de lidar adequadamente com os desafios que enfrentarão (pontos críticos de bem-estar), quando em cultivo.

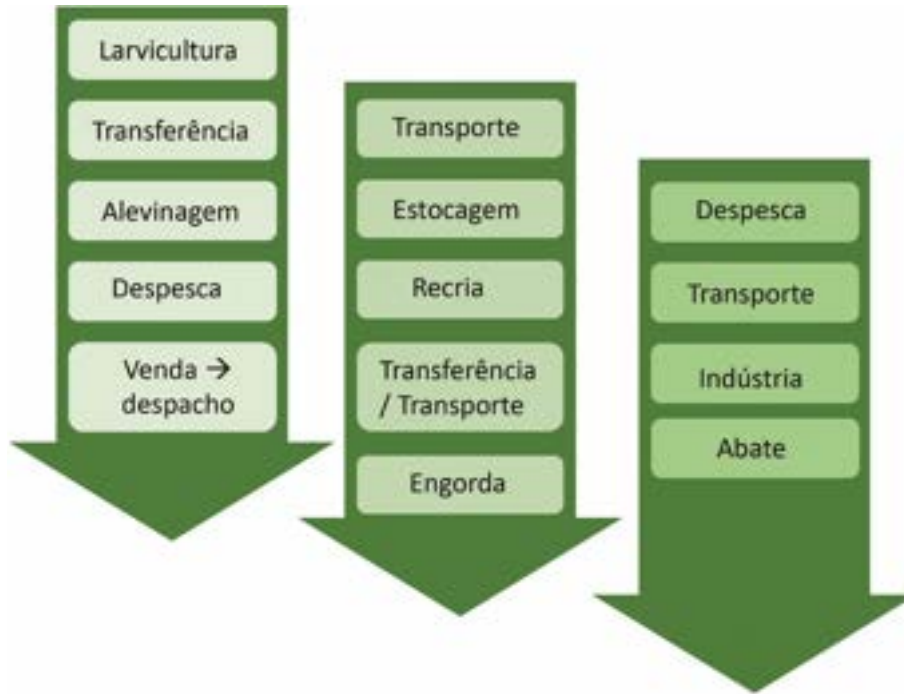
1.7 Pontos críticos de bem-estar na aquicultura

Na aquicultura, as condições artificiais de cativeiro são estímulos para os quais os animais nem sempre estão aptos a lidar. Restrições de espaço (tanques escavados e tanques-rede), agrupamentos não naturais (densidades de estocagem, cultivo monossexo), ambientes sem nenhuma complexidade, manejos variados e outros estressores frequentes como a qualidade da água, o estresse no transporte e as estratégias de alimentação.

Com base na definição de bem-estar dada por Dawkins (2006) que, em outras palavras, diz que um animal está em bem-estar quando saudável e tem o que ele quer, a presença de estresse indica as piores situações que podem impactar negativamente no bem-estar, sendo, a avaliação de pontos críticos estressantes, uma potente ferramenta para a avaliação de pontos críticos de bem-estar.

A sequência mais comum na produção de peixes cultivados no Brasil é a representada na Figura 1.3.

FIGURA 1.3 - Sequência de produção mais comum no Brasil



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

A pergunta que se impõe é a seguinte: **onde estão os pontos críticos?**

Na larvicultura, temos altas densidades, mudanças ambientais, transição para alimentos diferentes e manejos variados. Atingido certo tamanho, as pós-

larvas passam para o processo de alevinagem. A captura e o transporte dessas pós-larvas até os tanques de alevinagem, seja qual for o método, é um procedimento altamente estressante e um ponto crítico de bem-estar.

Como deve ser?

Larvicultura em ambiente adequado com excelente qualidade de água (Capítulo 4), sem exagerar na densidade de estocagem e com manejo ajustado e planejado. Capturar e transportar de maneira adequada para reduzir estresse.

Nos tanques de alevinagem, os peixes enfrentam a estocagem em ambiente muito diverso do da larvicultura, com altas densidades, fornecimento de alimentos diferentes (“desmame”), presença de eventuais predadores (por exemplo, pássaros e larvas de insetos), eventuais falhas construtivas, instalações que prejudiquem, por exemplo, a qualidade da água, além dos manejos diários de seleção e

acompanhamento (biometrias). Ao atingirem o peso ideal para venda como alevinos, os peixes passam por uma nova despesca e, seja em tanque ou em gaiolas e seja por qual método, esse é um procedimento altamente estressante e um ponto crítico de bem-estar. Os alevinos então, passam por um período em que, ou ficam disponíveis para comercialização, ou já são expedidos para o produtor.

Como deve ser?

Alevinagem em tanques bem construídos (Capítulo 5) e com excelente qualidade de água (Capítulo 4), sem exagerar na densidade de estocagem e com manejo ajustado e planejado. Proteger de pássaros predatórios e realizar a transição gradual de alimentos. Capturar e transportar de maneira adequada para reduzir o estresse.

A manutenção em tanques de alvaria ou fibra, ou mesmo em hapas, é altamente estressante por manterem os peixes em altas densidades, na ausência de plâncton; em ambiente normalmente

barulhento e sujeito à manejo diário. De fato, manejos de contagem, seleção por tamanho, embalagem e expedição, são procedimentos altamente estressantes e pontos críticos de bem-estar.

Como deve ser?

Especial cuidado deve ser tomado no período de manutenção em laboratório. Manter a água em condições ideais e tentar manejar o mínimo possível.

Uma vez expedidos pelo produtor de alevinos, os peixes são transportados para o produtor de engorda e, o transporte, por mais bem feito que seja, é sempre

um manejo altamente estressante para qualquer fase de desenvolvimento, se constituindo num nítido ponto crítico de bem-estar.

Como deve ser?

O transporte deve ser feito em embalagens com água limpa e oxigênio, ou em caixas de transporte a granel, com todas as especificações necessárias.

Chegando na propriedade (tanque), de recria ou de engorda, o processo de estocagem, por mais bem feito que seja,

sempre se constitui num ponto crítico de bem-estar.

Como deve ser?

A soltura dos peixes nos seus tanques de criação deve ser feita lentamente para igualar a temperatura da água da embalagem com a dos tanques (ideal de 30 a 60 minutos). Da mesma forma, deve-se misturar lentamente a água, permitindo que os peixes percebam e se adaptem à eventuais diferenças. Especial cuidado com dias quentes para evitar superaquecimento das embalagens se expostas ao sol.

A realização de uma fase de recria para produção de alevinos maiores, também chamados de alevinões ou alevinos II, envolve a manutenção em altas densidades de estocagem, além de uma nova

sequência de processos de despesca, seleção, contagem, expedição e transporte, que se constituem em vários pontos críticos.

Como deve ser?

A recria dos peixes deve ser feita em tanques bem construídos (Capítulo 5) e com excelente qualidade de água (Capítulo 4), sem exagerar na densidade de estocagem e com manejo ajustado e planejado. Proteger de pássaros predatórios e realizar a transição gradual de alimentos. Os manejos de seleção por tamanho devem ser realizados de forma planejada e cuidadosa. Capturar e transportar de maneira adequada para reduzir o estresse.

Você Sabia?

Especialmente nas regiões Sul e Sudeste, onde podemos ter temperaturas mais baixas durante o inverno, a estocagem de alevinos maiores no período de engorda é uma estratégia extremamente importante. O uso de alevinos II também melhora a taxa de sobrevivência e o desempenho de crescimento.

Na fase de engorda, são diversos os procedimentos de cultivo que implicam no bem-estar dos peixes. Em vários momentos da criação, temos desafios que envolvem altas densidades de estocagem, riscos à manutenção da qualidade de água e manejos estressantes. Além disso, existe uma forte associação entre

a qualidade da água e a densidade de estocagem em sistemas de piscicultura, que é outro importante ponto crítico de bem-estar na aquicultura. Quando a alta densidade está associada à renovação insuficiente de água, os efeitos aversivos são aditivos ou multiplicativos.

Como deve ser?

Para termos uma adequada engorda dos peixes deve-se cumprir todas as recomendações de boas práticas de cultivo, trazidas nos demais capítulos desse manual e enquadradas nas liberdades e domínios de bem-estar, conforme Tabela 1 deste capítulo. Usar densidades de estocagem adequadas e, manter a qualidade da água dentro dos parâmetros ideais, a nutrição e o manejo alimentar adequados, bem como o ajuste e programação dos manejos necessários, são pontos chave para evitar prejuízos ao bem-estar dos peixes.

1.8 Relação do bem-estar animal com a imunidade dos peixes

Como vimos no item 1.4.2 deste capítulo, a avaliação do estresse como indicador de bem-estar depende diretamente ao contexto da resposta observada. Os efeitos de uma resposta não adaptativa de estresse, ou seja, o distresse, são divididos em efeitos primários representados pelo aumento dos níveis plasmáticos das catecolaminas e do cortisol; seguidos pelos efeitos secundários, onde temos as alterações metabólicas, celulares, osmorregulatórias, hematológicas e as alterações no sistema imune. Por fim, temos os efeitos ou respostas terciárias, que ocorrem em nível de indivíduo e população e, incluem diminuição do crescimento, da reprodução e prejuízo ao sistema imunológico. É esse grupo de efeitos que prejudica diretamente o resultado da produção!

O sistema imunológico dos peixes, assim como o nosso, tem como função defender o organismo contra patógenos como: vírus, bactérias, parasitas e fungos. A resposta imune é dividida em resposta imune inata ou natural e resposta imune adquirida ou específica. A respos-

ta imune inata ou natural está presente mesmo na ausência de infecções, sendo a primeira linha de defesa contra patógenos, sendo rápida e constante. Já a resposta imune adquirida ou específica ocorre somente na presença de um patógeno, sendo estimulada pela resposta imune inata e gerando a chamada “memória imunológica”. É a presença da resposta imune adaptativa que nos permite vacinar os peixes.

Tanto a resposta imune inata, quanto a adquirida são coordenadas por células como os linfócitos e moléculas como as defensinas e lisozima, presentes no muco. As células são produzidas e sofrem ativação e diferenciação em órgãos linfoides. Os peixes não têm medula óssea, assim o rim cranial (parte superior) é responsável pela síntese de células imunes.

Com papel primordial na regulação tanto da resposta imune inata quanto da adquirida, as citocinas são proteínas produzidas pelas células do sistema imune em resposta à agentes agressores e atuam de forma local e sistêmica, promovendo a migração de leucócitos para o sítio da infecção e modulam o comportamento.

A resposta imune inata é a principal forma de defesa em peixes. Inicia com a

fagocitose dos patógenos que, por meio da produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) são destruídos. A partir daí ocorre a ativação das células imunes e a produção de citocinas pró-inflamatórias com a consequente ativação da resposta imune adaptativa. A resposta inflamatória é desencadeada pelas citocinas, que nitidamente provocam alterações comportamentais. As principais células da resposta imune adaptativa são os linfócitos. Os linfócitos B, são as células produtoras de imunoglobulinas ou anticorpos. Já os linfócitos T, são os linfócitos timo-dependentes. Os linfócitos B, quando ativados produzem as imunoglobulinas (anticorpos) sendo, assim, os responsáveis pela “memória” imunológica que é a base para o funcionamento das vacinas.

A relação do bem-estar com a imunidade dos peixes se dá porque baixos graus de bem-estar geralmente estão associados com o estresse, e esse atua como redutor da resposta imune. O hormônio do estresse, o cortisol, se liga aos receptores de células imunes exercendo ações imunossupressoras como a redução da expressão de diversas citocinas pró-inflamatórias; redução da produção

de linfócitos (com a consequente diminuição de anticorpos); redução da migração de neutrófilos para os tecidos; redução de precursores da síntese de leucotrienos e prostaglandinas. O estresse, especialmente o crônico, provoca redução da resposta imune vacinal.

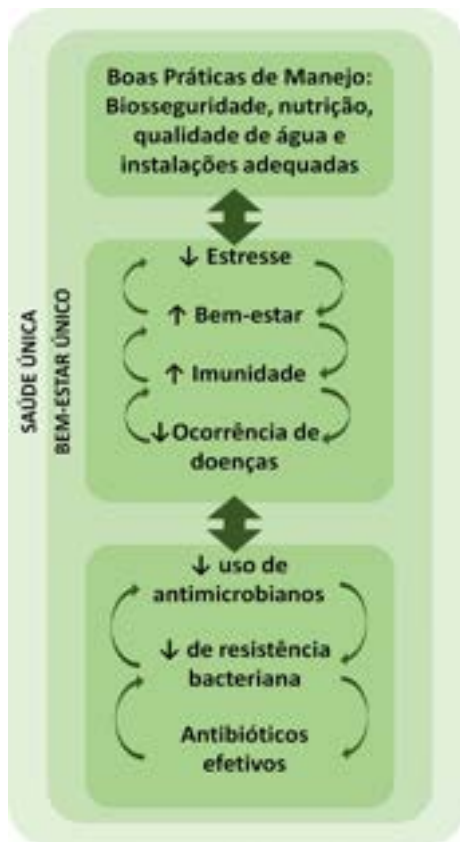
O estresse agudo e crônico tem efeitos distintos sobre a resposta imune. Enquanto no estresse agudo temos até um estímulo à imunidade, no crônico temos severo prejuízo. Além disso, o estresse agudo e o crônico, especialmente o imprevisível, provoca diferentes efeitos na liberação de citocinas. Entretanto, ambos causam a redução do número de linfócitos circulantes.

Assim, sabendo-se que o estresse, especialmente o crônico, afeta o sistema imunológico e, por consequência, a resistência às doenças e a eficiência vacinal, um adequado manejo e a busca de melhores graus de bem-estar dos peixes (redução de estresse) são vitais para a produção de peixes, especialmente os que recebem vacinação rotineira como as tilápias. Assim, a linha lógica deste documento é expressa da seguinte forma:

Como deve ser?

Manter os peixes livres de estresse e com adequado bem-estar, os torna mais competentes a lidar com desafios patogênicos, pois mantem seu sistema imunológico 100% ativo e responsivo. Por isso, peixes livres de estresse e com adequado bem-estar, respondem melhor à vacinação, alcançando mais proteção contra às doenças (Capítulo 2).

FIGURA 1.4 - Eixo teórico conceitual do bem-estar como redutor do desenvolvimento de resistência bacteriana à antimicrobianos



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

1.9 Estratégias para melhorar o bem-estar dos peixes cultivados

Melhorar o bem-estar dos peixes cultivados (por exemplo, reduzindo o estresse) pode resultar em maior produtividade. Portanto, a aplicação de protocolos de gerenciamento corretos é importante para o sucesso econômico dessa atividade.

As estratégias para melhorar o bem-estar dos peixes cultivados baseiam-se no cumprimento das recomendações de boas práticas de cultivo, trazidas nos demais capítulos deste manual e, enquadradas nas liberdades e domínios de bem-estar, conforme Tabela 1 deste capítulo. Outras estratégias como, o enriquecimento ambiental, também são, cada dia mais pesquisadas e se tornam viáveis em condições de cultivo.

1.9.1 Enriquecimento ambiental na aquacultura

Enriquecimento ambiental é o nome dado a um conjunto de alterações do ambiente de animais cativos para aumentar suas oportunidades de demonstrar comportamento espécie-específico e, dessa maneira, aumentar seu grau de bem-estar. O ambiente enriquecido oferece ao animal controle e, por reduzir as experiências negativas como medo e frustração, melhora seu grau de bem-estar. Existe um enorme corpo de evidências de que o enriquecimento ambiental melhore o grau de bem-estar, incluindo as comportamentais, neurológicas e fisiológicas.

Os animais têm sido mantidos em condições de baixa complexidade ambiental em praticamente todas as cadeias produtivas e no mundo todo. A privação crônica de estímulos, associada a ambientes artificiais pobres, prejudica o bem-estar em muitas espécies de animais, resultando em alterações com-

portamentais e estereotípias. Na piscicultura, o ambiente de criação também é pobre e apresenta deficiências que poderiam ser melhoradas com algumas propostas de enriquecimento ambiental. De fato, o enriquecimento do ambiente objetiva preencher necessidades dos peixes para expressar o comportamento natural, melhorando a qualidade de vida dos animais.

Os principais tipos de enriquecimento ambiental em peixes incluem o físico (estrutural); o nutricional; o ocupacional e o sensorial.

O enriquecimento físico ou estrutural depende do substrato no qual o peixe vive, e consiste em adicionar complexidade física com estruturas, objetos ou qualquer modificação estrutural para aumentar a heterogeneidade do ambiente de criação. Por exemplo, tilápias-do-Nilo, mantidas em ambientes pobres, mostraram indicadores comportamentais de medo, enquanto em ambiente enriquecido, apresentaram menos indicadores de medo.

O que podemos fazer?

O uso de plantas aquáticas do tipo aguapé (Eichhornia crassipes), restritas em um ponto do tanque, pode ser uma alternativa para melhorar o bem-estar dos peixes na tilapicultura.

O enriquecimento nutricional envolve a forma e a frequência da oferta de alimentos, e isso depende de como a espécie se alimenta/forrageia em vida livre. Inclui o fornecimento de alimentos vivos, a forma de fornecer o alimento e, até a

frequência de oferta. De fato, diferentes frequências e horários de alimentação, impactam diretamente no comportamento de peixes, como o peixe-zebra, podendo ter impactos diretos no seu bem-estar.

O que podemos fazer?

Fornecer alimentos em frequência elevada e periódica. Eventuais alimentos vivos, especialmente nas fases iniciais de vida, também podem ser considerados enriquecimentos nutricionais.

Já, o enriquecimento sensorial, pode ser visual, auditivo e tátil (se sobrepõem ao estrutural) e, visam imitar parte da complexidade do ambiente natural.

Várias dessas modalidades são factíveis em condições de cultivo, por não envolverem a adição de nada internamente nos tanques de criação.

O que podemos fazer?

Existem muitos relatos mostrando diversos efeitos positivos da música ambiental, como o estímulo à alimentação e a aceleração do crescimento em carpas. Existem ainda evidências de que peixes expostos à música clássica, em alguns dias, se tornaram mais calmos e menos ansiosos.

Além dos enriquecimentos musicais comentados acima, temos os estímulos visuais como a iluminação, coberturas e uso de cores. O uso de diferentes siste-

mas de iluminação – inclusive com lâmpadas coloridas –, é mais afeito a aquacultura em ambientes fechados como as estufas.

O que podemos fazer?

Em ambientes fechados como os laboratórios de produção de alevinos, o uso de luzes azuis reduz o estresse em tilápias, enquanto a luz verde induz o estresse em jundiás. Tanques de paredes ou malha de cor azul ou amarela, também tendem a reduzir o estresse em tilápias.

O uso de coberturas para modificar a quantidade de luz e proporcionando as condições de iluminação, reduzindo sombras, tem sido proposto.

O que podemos fazer?

Cobrir parcialmente os tanques de criação de Tilápias-do-Nilo com telas tipo sombrite, ajuda a reduzir o estresse dos peixes, em comparação com aqueles mantidos em tanques totalmente cobertos ou descobertos.

Um exemplo de enriquecimento ambiental físico e nutricional, é o uso de estruturas que sirvam de substratos para o perifíton. As estruturas colonizadas com o perifíton podem ser colocadas em tanques de terra, e os peixes podem consumir o perifíton, aumentando a produtividade e eficiência dos sistemas de aquicultura.

O que podemos fazer?

A colocação de estruturas cobertas de perifíton pode ser uma boa alternativa para tanques escavados, revestidos com geomembrana ou mesmo tanques-rede, e podem ser feitas de materiais variados como bambu, cana-de-açúcar, ou mesmo tubos de PVC ou lâminas de acrílico ou plástico.

Você Sabia?

Ainda pode-se prover enriquecimento ambiental ocupacional que visa introduzir desafios ao ambiente de criação, com o objetivo de prevenir a monotonia e o tédio. O enriquecimento ocupacional pode abranger dispositivos psicológicos que proporcionam aos animais desafios ou controle sobre seu ambiente, bem como o enriquecimento que incentive o exercício físico.

O que podemos fazer?

Um exemplo de enriquecimento ambiental ocupacional é a criação de um fluxo de água, que se mostrou útil para as tilápias-do-Nilo lidarem melhor com os estressores, como a introdução em novos ambientes. Esse fluxo/corrente pode ser obtido com o correto posicionamento dos aeradores, por exemplo.

A previsibilidade ambiental reduz a incerteza dos animais, melhorando suas habilidades cognitivas, como aprendizado e memória espacial. Mas, em cativeiro os peixes precisam de equilíbrio entre previsibilidade e incerteza, para se acostumarem com o que é previsível, mas sem tanto apego a rotinas exatas. Nesse

caso, eles poderiam sofrer estresse severo quando expostos a eventos imprevisíveis. Vários estudos mostram que os peixes aprendem a prever eventos quando eles ocorrem sempre no mesmo horário do dia e que, portanto, podem ser treinados para prever eventos por meio do condicionamento clássico.


O que podemos fazer?

Ter todos os manejos da produção planejados e programados é essencial! Entretanto, programe variações periódicas para manter os peixes responsivos a eventos imprevisíveis!



FIGURA 1.5 - Peixes aparentando boa saúde e alto grau de bem-estar

FONTE: Leonardo Cericato, *Merck Sharp and Dohme*.



2 SANIDADE EM PEIXES

2.1 Contextualização

No mundo, a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) apresenta a estratégia para buscar a melhoria da saúde e do bem-estar dos animais aquáticos, contribuindo para o crescimento econômico sustentável, redução da pobreza e segurança alimentar, apoiando assim, a realização dos Objetivos de Desenvolvi-

mento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU).

O sistema de Defesa Sanitária Animal foi desenvolvido para proteger a saúde e bem-estar dos animais. No Brasil, o Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo, ou, simplesmente, “AQUICULTURA COM SANIDADE” (IN MAPA nº 04/2015, atualizada pela IN MAPA nº 04/2019), aponta as diretrizes sanitárias para os produtores.

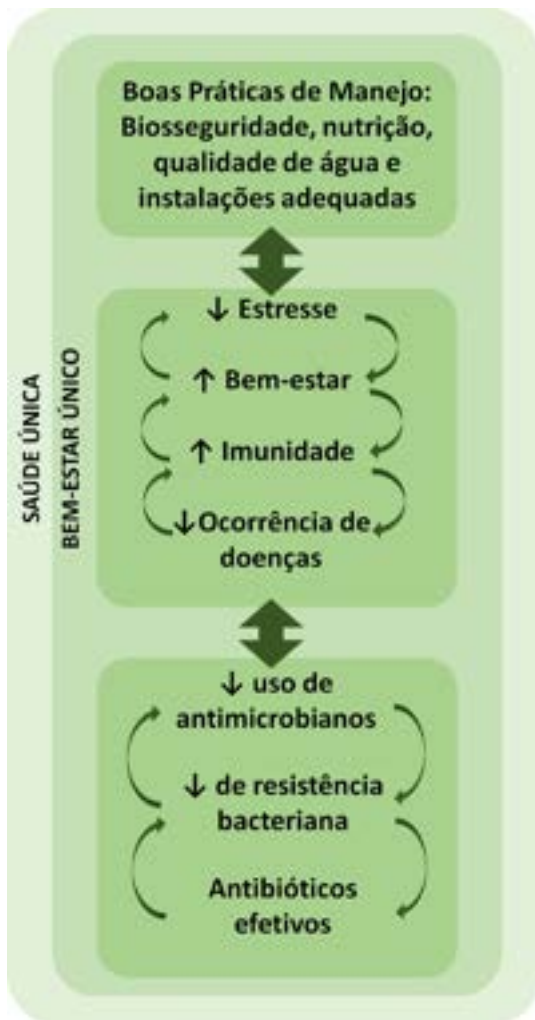
Você Sabia?

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade.

De fato, **sanidade** é um termo amplo. Refere-se a manutenção da saúde bem como à forma de retomá-la em caso de doença. A sanidade e a manutenção da saúde dos peixes dependem de uma série de fatores como o manejo geral do cultivo, o manejo sanitário para a manutenção da saúde de populações (biossegurança), a genética, a nutrição, as instalações e a água de cultivo, entre outros. Com tudo isso feito de forma adequada, temos os peixes num estágio

de homeostase (alostase) com seu sistema imunológico pleno e apto a lidar com os eventuais desafios patogênicos. Em outras palavras, podemos dizer que a manutenção de um alto grau de bem-estar dos peixes em cultivo, é um fator intimamente ligado a sanidade, razão pela qual, o presente manual se baseia no eixo teórico explicitado na Figura 1.6 do Capítulo 1, que aqui repetimos:

FIGURA 2.1 - Fluxograma representativo do eixo teórico do manual de boas práticas



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Você Sabia?

Homeostase é a propriedade dos seres vivos, de regular o seu ambiente interno, de modo a manter uma condição estável mediante múltiplos ajustes de equilíbrio dinâmico, controlados por mecanismos de regulação inter-relacionados.

2.2 Fatores predisponentes às doenças

Os fatores predisponentes às doenças são variados e envolvem questões atinentes a todas as liberdades/domínios de bem-estar (Capítulo 1), conforme podemos perceber na Tabela 2.1:

TABELA 2.1 - Liberdades e fatores predisponentes às doenças em piscicultura

Liberdades	Fatores predisponentes
Liberdade Nutricional	Peixes sub ou superalimentados, rações inadequadas para a espécie e fase de cultivo, com carência de nutrientes específicos como proteína e lipídios, de micronutrientes como a vitamina C, antioxidantes e carotenóides; manejo alimentar inadequado referente à quantidade e frequência.
Liberdade Sanitária	Ausência de um plano sanitário com itens de biossegurança como arco sanitário, ausência de acompanhamento técnico especializado, uso de medicamentos sem orientação técnica.
Liberdade Ambiental	Naturalmente a sazonalidade, pelas alterações de temperatura e de fotoperíodo já predispõe à algumas doenças. Construção inadequada que não permita manter a qualidade de água dentro dos parâmetros ideais, densidade de estocagem exagerada, acima da capacidade de suporte do tanque, manejos corriqueiros mal programados, contaminações eventuais da água de cultivo.
Liberdade Comportamental	A densidade de estocagem, quando exagerada, além dos impactos na dimensão ambiental, pode afetar a liberdade comportamental; peixes que utilizam o fundo, quando mantidos em gaiolas flutuantes; agressividade em excesso por má reversão sexual (tilápias).
Liberdade Psicológica	Manutenção de predadores para o controle populacional desencadeiam reações antipredatórias nos peixes, o que pode predispor à imunossupressão.

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Assim, de modo geral, contribuem para o aparecimento de doenças, a presença dos patógenos (falha de protocolos de biossegurança), as técnicas de cultivo, as condições do meio, a sazonalidade e o tamanho/idade dos peixes.

Como vimos no Capítulo 1, o estresse tem como um de seus efeitos secundários, alterações no sistema imune que resulta no efeito terciário a redução da resistência às doenças. Também, já vimos que a resposta imune dos peixes

é dividida em resposta imune inata ou natural e resposta imune adquirida ou específica. A resposta imune inata ou natural está presente mesmo na ausência de infecções, sendo a primeira linha de defesa contra patógenos, sendo rápida e constante. Já, a resposta imune adquirida ou específica, ocorre somente na presença de um patógeno, sendo estimulada pela resposta imune inata e gerando a chamada “memória imunológica”. É a presença da resposta imune adaptativa que nos permite vacinar os peixes.

O estresse atua como redutor da resposta imune. O cortisol se liga aos receptores de células imunes exercendo ações imunossupressoras, como a redução da expressão de diversas citocinas pró-inflamatórias; redução da produção de linfócitos (com a conseqüente diminuição de anticorpos); redução da migração de neutrófilos para os tecidos; redução de precursores da síntese de leucotrienos e prostaglandinas.

O estresse, especialmente o de caráter crônico, afeta o sistema imunológico e, por conseqüência, a resistência às doenças e a eficiência vacinal. Por isso, um adequado manejo e a busca de melhores graus de bem-estar dos peixes são vitais para a produção de peixes, especialmente os que recebem vacinação rotineira como as tilápias.

2.3 Principais doenças bacterianas dos peixes

2.3.1 Sinais inespecíficos de doenças

Atualmente, na realidade da piscicultura brasileira, a grande maioria das doenças são de origem bacteriana, sendo as demais divididas entre parasitárias, virais, nutricionais e fúngicas. Independentemente da doença, os peixes apresentam alguns sinais clássicos chamados de sinais inespecíficos de doença.

Um dos primeiros sinais que se pode perceber são as mudanças comportamentais, com peixes apresentando inapetência (diminuição do consumo de alimento), natação anormal (nado errático ou na superfície), letargia (animais com resposta lenta, sem o reflexo de fuga) e dificuldade respiratória (boquejar). Como sinais inespecíficos externos temos: presença de deformidades, brânquias pálidas, excesso de muco, áreas despigmentadas ou hemorrágicas, nadadeiras frangeadas, olhos saltados (exoftalmia), lesões na pele/escamas, escamas eriçadas ou soltas, abdômen distendido (ascite), nódulos da pele ou nadadeiras e presença de parasitas visíveis. Como sinais internos, percebidos à necropsia, baço aumentado, escurecido

e com bordas espessas; fígado hemorrágico; coração e rins aumentados; sangue no intestino e na saída do ânus e líquido opaco ou sanguinolento na cavidade abdominal. Esses sinais são chamados inespecíficos pois aparecem constantemente em mais de uma doença.

Os produtores que mantêm registros apurados e adequados percebem também o aumento na mortalidade média, lotes desuniformes e redução de índices zootécnicos (baixo ganho de peso, crescimento menor, etc.).

Sempre que houver suspeita de doença, o serviço veterinário oficial deverá ser obrigatoriamente e, imediatamente notificado. Após a notificação, serão realizados procedimentos de investigação epidemiológica. Colheita de amostras oficiais pode ser necessária, bem como outras medidas sanitárias para impedir a disseminação da doença para as demais áreas da propriedade ou para propriedades vizinhas.

2.3.2 Principais doenças bacterianas que ocorrem no Brasil

1. **Estreptococose:** Streptococcus agalactiae, S. dysgalactiae, S. Iniae.
2. **Franciselose:** Francisella spp.
3. **Podridão das nadadeiras ou Columnariose:** Flavobacterium columnare.
4. **Aeromonose:** Aeromonas hydrophila.
5. **Edwardsielose:** Edwardsiella tarda.

A ordem de prevalência varia ano após ano, mas a estreptococose segue sempre sendo a principal preocupação das pisciculturas brasileiras, especialmente as de tilápias-do-Nilo. Um resumo das principais características das bacterioses de ocorrência no Brasil é apresentado na Figura 2.2.

FIGURA 2.2 - Resumo das características das principais bacterioses de ocorrência no Brasil

Estreptococose	Franciselose	Columnariose	Aeromonose	Edwardielose
<i>Streptococcus agalactiae</i> dos sorotipos 3b e 11	<i>Francisella nootunensis</i> subsp. <i>orientalis</i>	<i>Flavobacterium columnare</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Edwardsiella ictaluri</i>
Afeta sistema nervoso Alta mortalidade Peixes > 400g Grande perda econômica	Doença de notificação obrigatória	Alevinos e juvenis após estresse. Doença de inverno. Grande impacto econômico devido a elevada e rápida mortalidade dos alevinos.	Grande impacto econômico.	A infecção é favorecida por imunossupressão.
Hemorragias nas nadadeiras, opérculo, boca, e ânus; corpo escurecido; ventre inchado; natação errática; exoftalmia. Abscessos no fígado com condenação.	Granulomas em baço e rim. Alta mortalidade no inverno em peixes <100g. Nado errático, inapetência, hemorragias, exoftalmia e brânquias pálidas. Lesões no fígado com condenação.	Lesões nas nadadeiras, despigmentação no dorso, perda de escamas no dorso e as lesões de brânquias.	São bactérias oportunistas e manifestam-se em peixes enfraquecidos. Hemorragias na base das nadadeiras, exoftalmia, abdômen inchado, brânquias pálidas	Letargia, natação desequilibrada, exoftalmia com olhos opacos ou hemorrágicos e presença de líquido na cavidade celomática. Bolsas de gases nos músculos. Condenação de carcaça.

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

2.3.3 Prevenção das Bacterioses

Como prevenção para todas as bacterioses, temos uma variada gama de ações que podem ser enquadradas nos domínios de bem-estar conforme Tabela 2.2:

TABELA 2.2 - Ações preventivas às bacterioses e sua relação com os domínios de bem-estar animal

Domínio	Ações preventivas relacionadas
Nutrição	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrição adequada com o uso de rações de alta qualidade e valor nutritivo; • uso de imunoestimulantes na ração; • manejo alimentar adequado; • redução da alimentação em altas temperaturas; • não usar resíduos animais na alimentação dos peixes.
Ambiente físico	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento contínuo da qualidade de água; • prevenção de baixos níveis de O₂D; • evitar acúmulo de carga orgânica; • evitar confinamento prolongado durante os manejos; • manejo adequado em classificação e transferência; • prevenir ou mitigar estresse de manejos; • evitar manuseio em altas temperaturas; • trabalhar com densidades adequadas à localização.
Saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento, prevenção e tratamento de infecções parasitárias; • isolamento de peixes doentes; • adquirir alevinos de fornecedores isentos da doença; • inspeção cuidadosa e cuidados iniciais na recepção de alevinos; • receber os alevinos em tanques desinfetados; • evitar o uso indiscriminado e não prescrito de medicamentos; • vacinação; • realizar desinfecção periódica dos tanques e utensílios; • realizar o vazio sanitário em fazendas que têm a estreptococose de forma endêmica.
Interações comportamentais	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento do comportamento dos peixes; • monitoramento de eventuais sinais clínicos.

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Atenção especial deve ser dada para as altas densidades pois, exerce influência negativa na qualidade da água e no desenvolvimento dos peixes. Além disso, causa estresse *per se*. O excesso de animais leva à elevação da concentração de resíduos tóxicos e aumenta a probabilidade e facilidade de proliferação e transmissão de doenças.

Como podemos perceber, a ligação entre a prevenção das bacterioses e a melhoria do grau de bem-estar dos peixes é íntima e indissociável, mostrando que buscar melhores graus de bem-estar, é a melhor forma de prevenir doenças e de evitar o uso indiscriminado e excessivo de antibióticos, prevenindo o problema da resistência bacteriana aos antimicrobianos.

2.4 Principais antimicrobianos usados na aquicultura

Atualmente, os únicos antimicrobianos registrados e autorizados para uso na aquicultura brasileira são o Aquaflor®50% Premix (Florfenicol 50%, registro 9.319/2007) e o TM-700® (Oxitetraciclina 70%, registro 9.002/2004).

O Brasil produz hoje, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 350 mil toneladas anuais de tilápias. Considerando-se um peso médio de abate da ordem de um Kg, estamos falando em cerca de 350 milhões de tilápias abatidas. Desse contingente, cerca de 40% são produzidos em tanques-rede, onde a vacinação é prática rotineira, o que tem reduzido drasticamente a ocorrência de doenças e o uso de antibióticos. Entretanto, a realidade dos demais 60%, produzidos em tanques escavados, é bem diferente e, devido à

alta pressão sanitária e à baixa taxa de vacinação, a ocorrência de doenças bacterianas descritas no Item 2.1.2 é uma preocupação.

Os principais antimicrobianos usados na aquicultura brasileira são o florfenicol e a oxitetraciclina de forma devidamente autorizada e, também, a amoxicilina, enrofloxacina e norfloxacina, em uso *off-label* não autorizado. As moléculas já registradas para o uso em aquicultura, têm apresentado falta de eficácia por resistência dos patógenos. Assim, tratamentos *off-label* vêm sendo indicados.

O uso de antimicrobianos se tornou rotina na produção, principalmente em formas jovens e épocas de altos desafios sanitários. Em recrias e alevinagens, por exemplo, seu uso é considerado um “protocolo operacional padrão”. **Tudo isso reforça a necessidade de abordagem do problema via bem-estar animal, eixo principal desse documento.**

Importante

- *Evite o uso de medicamentos não autorizados;*
- *evite o uso de medicamentos autorizados, mas em especificações diferentes das indicadas pelo fabricante;*
- *o fato de existirem outros medicamentos com o mesmo princípio ativo, não significa que esses estejam autorizados para uso na aquicultura.*
- *respeite sempre o período de carência indicado pelos fabricantes.*

2.5 Doenças emergentes na aquicultura brasileira

Atualmente, são consideradas doenças emergentes e de alta preocupação, o Vírus da Tilápia do Lago (TiLV, do inglês,

Tilapia Lake Virus) e o vírus da Necrose Infecciosa do Baço e Rim (**ISKNV, do inglês, Infectious Spleen and Kidney Necrosis Virus**). Um resumo das principais características das doenças emergentes no Brasil é apresentado na Figura 2.3.

FIGURA 2.3 - Resumo das características das principais doenças emergentes de ocorrência no Brasil



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

2.6 Resistência aos antimicrobianos

2.6.1 Contextualização

Atualmente, o problema da resistência bacteriana aos antimicrobianos é um dos maiores desafios para a saúde única, pois impacta diretamente na saúde humana e animal. Dentre as várias causas de resistência aos antimicrobianos, destaca-se o mau uso de medicamentos

antimicrobianos na saúde humana e animal.

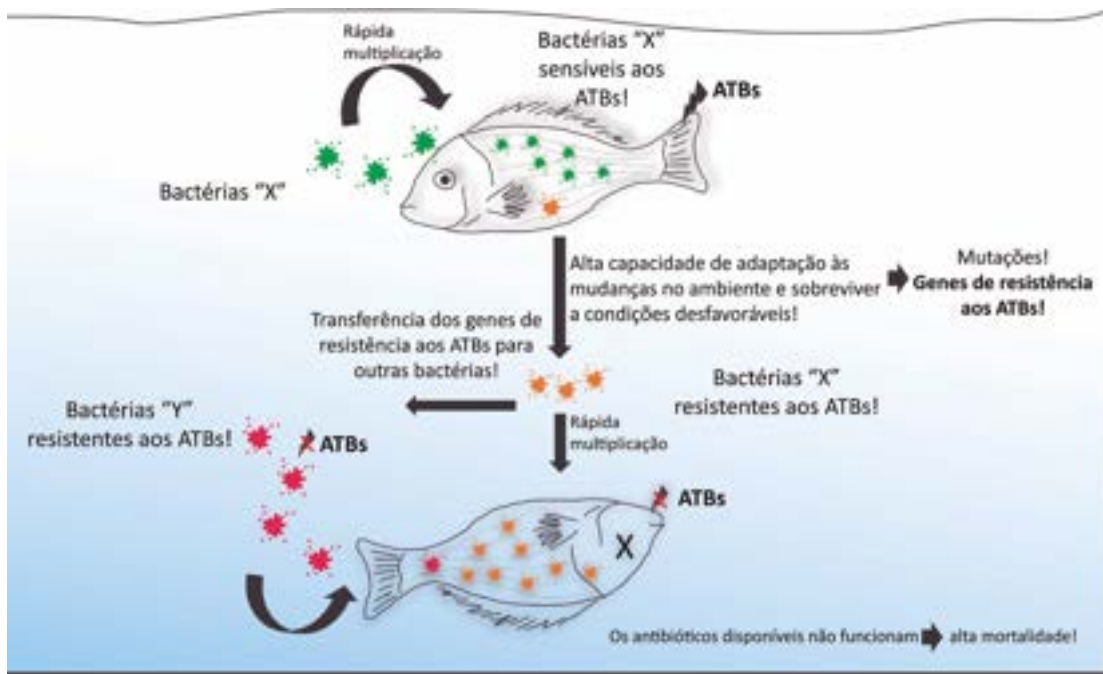
O objetivo é a prevenção, diagnóstico e controle da resistência aos antimicrobianos na agropecuária, através de, entre outras ações, a implementação de medidas de prevenção e controle de infecções e promoção do uso racional de antimicrobianos. Nesse cenário é que se enquadra o presente manual.

2.6.2 Resistência bacteriana

Na Figura 2.4 podemos perceber que as bactérias se multiplicam rapidamente, e que possuem alta capacidade de se adaptarem às mudanças no ambiente, e sobreviver a condições desfavoráveis. A partir daí, podem desenvolver

resistência aos agentes antimicrobianos empregados em seu controle. De fato, o uso inadequado dos antimicrobianos, oferece às bactérias oportunidades de desenvolver essa resistência e, a partir daí o antibiótico específico não cura ou trata a doença causada pelo agente infeccioso.

FIGURA 2.4 - Resumo esquemático do desenvolvimento de resistência aos antimicrobianos



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Esse tipo de resistência adquirida, devido ao uso excessivo e/ou indiscriminado de antimicrobianos, é uma preocupação de saúde pública na medicina humana e animal, ou seja, SAÚDE ÚNICA, em todo o mundo. E aí entra a questão do uso de antibióticos em animais. De fato, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que 60% a 80% dos antibióticos fabricados no mundo são para o combate de doenças em animais de cultivo.

2.6.3 Resistência antimicrobiana na aquicultura e os riscos para saúde única

A aquicultura está se expandindo e trabalhando cada vez mais com altas densidade em grandes fazendas de produção. Nesse cenário, as doenças são sempre perigosas e podem causar grandes perdas econômicas e prejuízos ao bem-estar animal. Na aquicultura, o controle de doenças infecciosas é feito com as mesmas estratégias de outras cadeias de produção animal.

A aquicultura é vulnerável à introdução de genes de resistência bacteriana e bactérias resistentes à antimicrobianos. De fato, a aquicultura tem características únicas em relação às fazendas de criação de animais terrestres, sendo fa-

cilmente influenciada por fatores ambientais e antropogênicos. Além disso, devido ao crescente mercado, a aquicultura se intensifica e necessita cada vez mais de um volume maior de antibióticos. Como consequência, uma grande parcela dos antimicrobianos usados na aquicultura acabam no ambiente por meio de ração medicamentosa não consumida, resíduos de antibióticos não absorvidos e excreta dos peixes. Esses resíduos presentes na água e nos sedimentos, fornecem um ambiente favorável para o desenvolvimento da resistência bacteriana a antimicrobianos. Uma ampla gama de genes de resistência bacteriana foi identificada em ambientes de aquicultura, incluindo genes que codificam a resistência a diferentes grupos de antimicrobianos como as tetraciclina, quinolonas, macrolídeos, aminoglicosídeos, cloranfenicol, β -lactamas e sulfonamidas.

Assim, o efeito prejudicial mais óbvio do uso extensivo de antimicrobianos na aquicultura é a seleção de patógenos resistentes a vários antimicrobianos que, por sua vez, produzem doenças difíceis ou até impossíveis de tratar. Os problemas clínicos gerados por bactérias resistentes a antimicrobianos são bem conhecidos, bem como os patógenos de peixes resistentes a vários antimicrobianos usados na aquicultura, como por exem-

plo a *Aeromonas hydrophila*, a *Edwardsiella tarda*, e o *Streptococcus iniae*, de ocorrência ampla no território nacional. Alguns desses patógenos, por exemplo, *Edwardsiella*, *Aeromonas* e *Streptococcus* podem infectar humanos e gerar infecções zoonóticas resistentes a antimicrobianos. O uso excessivo e/ou profilático de antimicrobianos em ambientes de aquicultura pode, portanto, ser contraproducente ao selecionar e favorecer infecções intratáveis por patógenos resistentes a múltiplos antimicrobianos.

O conceito de "Saúde Única" é essencial, uma vez que se estima que 60% dos patógenos perigosos para o homem são de origem animal. De fato, humanos e animais, compartilham as mesmas bactérias, que precisam ser combatidas e prevenidas. Em termos de saúde animal, o uso responsável e prudente de agentes antimicrobianos é essencial para a manutenção de sua eficácia terapêutica.

Muitos antibióticos eficazes na medicina humana, são usados para o tratamento de infecções bacterianas em peixes. Os microrganismos responsáveis pertencem à famílias de bactérias que também produzem infecções em humanos. Embora a seleção de bactérias resistentes à antimicrobianos no intestino e na flora de peixes devido ao uso de antimicrobianos não tenha sido ampla-

mente investigada, a transferência de resistência aos antibióticos de peixes para humanos é altamente provável, como ocorre entre animais terrestres e seres humanos.

Nesse contexto, temos o risco de transmissão de bactérias resistentes da aquicultura para o homem, ocasionando, como consequência direta, aumento de resistência em bactérias que acometem humanos. Temos ainda o risco associado à introdução no ambiente humano, de bactérias não patogênicas, mas que trazem genes de resistência que podem vir a ser transferidos aos patógenos humanos.

Se pensarmos nos riscos para a saúde humana, o uso de antimicrobianos na aquicultura tem potencial para selecionar bactérias resistentes a antimicrobianos, o que pode ser particularmente relevante para a saúde humana, nos países onde a aquicultura e o uso de antibióticos se expandem, uma vez que as bactérias do ambiente aquático podem compartilhar uma grande variedade de genes de resistência antimicrobiana, com as bactérias terrestres. Esse fluxo bidirecional de genes de resistência antimicrobiana entre bactérias aquáticas e patógenos humanos aumenta o perigo para a saúde humana, pela possibilidade de resultar em clones de alto risco que

podem se disseminar amplamente entre as populações humanas.

Além da seleção e disseminação de bactérias resistentes a antimicrobianos, o uso excessivo de antimicrobianos na aquicultura pode ter outros impactos prejudiciais à saúde humana. Peixes e produtos à base de peixes para consumo humano podem estar contaminados com resíduos antimicrobianos, podendo alterar a flora intestinal humana normal, selecionar bactérias resistentes a antimicrobianos e auxiliar na infecção por patógenos humanos, ao mesmo tempo que facilitam ainda mais a transferência de resistência antimicrobiana. Essa passagem de antimicrobianos para humanos via carne de peixe pode ser mais comum do que se supõe. Importante lembrar que o equilíbrio da flora bacteriana se dá pelo sistema imunológico do organismo. As populações microbianas normalmente competem com bactérias estranhas dentro de um ambiente interno estável, que é fundamental para manter a saúde.

Outro risco associado ao uso de antibióticos em aquicultura é a toxicidade de resíduos de antibióticos. De fato, os antibióticos podem ter propriedades tóxicas ou alergênicas. Os efeitos tóxicos podem ser observados em espécies animais-alvo, ou não-alvo como resultado de ingestão acidental, ou em humanos.

Devido as propriedades alergênicas de alguns antibióticos, outro risco associado ao uso de antibióticos em aquicultura é a alergia. De fato, vários antibióticos (principalmente macrolídeos, quinolonas e bacitracina) são antígenos potentes e, a exposição ocupacional diária pode levar à sensibilização. A maioria das reações alérgicas relatadas estão relacionadas a resíduos de antibióticos β -lactâmicos no leite ou carne, e a reação alérgica foi associada à exposição a resíduos de antibióticos em alimentos.

2.6.4 Cuidados na administração de antimicrobianos

Além da supervisão de um médico veterinário, todos os eventuais usos de antimicrobianos devem ser devidamente registrados. Importante ressaltar que os antimicrobianos só devem ser usados após exame clínico dos peixes feito por um médico veterinário. Assim, se garante que os antimicrobianos serão usados somente quando necessário. Outro ponto relevante, é que o uso de antimicrobianos jamais deve substituir as boas práticas de manejo, higiene, biossegurança e programas de vacinação.

Os cuidados na administração de antimicrobianos se baseiam na OIE, que seguem:

- 1 - **SOMENTE** use antimicrobianos quando prescritos por um veterinário.
- 2 - **SOMENTE** use quando necessário – antimicrobianos não curam todo tipo de infecção.
- 3 - **SOMENTE** use a dosagem prescrita e respeite a duração do tratamento e período de retirada.
- 4 - **SOMENTE** adquira antimicrobianos de fontes e distribuidores autorizados.
- 5 - **SOMENTE** use antimicrobianos associados a boas práticas de manejo, vacinação e higiene.

Outros cuidados na administração de antimicrobianos estão nas recomendações gerais para o uso de produtos veterinários e incluem:

- Não usar produtos veterinários vencidos, com embalagem violada, mantidos em temperatura inadequada, com rotulagem danificada ou que não esteja em língua portuguesa, ou ainda com etiqueta por cima do prazo de validade.
- Utilizar somente produtos registrados no MAPA.
- Comprar produtos veterinários de estabelecimentos comerciais registrados no MAPA.
- Administrar o produto corretamente de acordo com as instruções da bula.
- Suspender o uso do produto em caso de reações inesperadas.
- Atenção para a dose correta e a duração do tratamento de acordo com a prescrição.
- Atenção para o período de retirada (ou de carência) do produto veterinário.
- Usar produtos veterinários apenas nas espécies-alvo recomendadas.
- Armazenar os antibióticos em suas embalagens originais com o rótulo original anexado, na temperatura recomendada no rótulo.
- Sobras e embalagens vazias devem ser descartadas de forma adequada.

2.6.5 Uso racional de antimicrobianos

É consenso, atualmente, que precisamos usar racionalmente os antimicrobianos, tanto na medicina humana quanto na veterinária. De fato, em face aos riscos à saúde única que comentamos anteriormente, precisamos atitudes responsáveis no uso desses medicamentos, uma vez que seu uso indiscriminado pode favorecer o desenvolvimento e a disseminação da resistência antimicrobiana, ao mesmo tempo que minimiza a eficácia terapêutica dessas drogas quando necessárias. Nesse sentido, a importância da utilização prudente e racional de antimicrobianos em animais tem sido foco de várias organizações internacionais, como a OMS, a OIE FAO, nos últimos anos.

Segundo a OIE, os objetivos de uso responsável e prudente dos antimicrobianos são: manter a eficácia dos antimicrobianos, manter os animais aquáticos em boa saúde, prevenir ou reduzir a transferência de microrganismos resistentes e determinantes de resistência de animais aquáticos para humanos e animais terrestres e, prevenir a ocorrência de resíduos antimicrobianos nos alimentos.

Um dos princípios básicos para a utilização racional dos antimicrobianos

é a prevenção de doenças como uma ferramenta para reduzir o uso desse. É nesse princípio que se enquadra a iniciativa do presente manual. O eixo lógico, já comentado no Capítulo 1, e no Item 2.1 do presente capítulo, é de que as boas práticas de manejo ajudam a melhorar o bem-estar dos animais, favorecendo seu sistema imunológico e propiciando a diminuição da ocorrência de doenças, levando, logicamente, à uma menor necessidade de utilização de medicamentos como os antimicrobianos, auxiliando na contenção da resistência antimicrobiana.

A relação do bem-estar com a manutenção da saúde é uma relação bilateral. Assim como manter os animais em bons graus de bem-estar ajuda a prevenir a ocorrência de doenças, dispor de medicamentos eficazes é uma ferramenta essencial para a manutenção da saúde e do bem-estar dos peixes (Figura 2.3).

A relação direta da prevenção de doenças com o bem-estar ajuda a mostrar que a abordagem deve ser ampla e considerar aspectos do manejo, da nutrição, das instalações e da qualidade da água. Especial atenção deve ser dada ao manejo sanitário e as questões de biossegurança. De fato, as medidas de profilaxia e biossegurança, associadas à melhor gestão da saúde dos peixes, são

aliadas da manutenção da saúde e da redução do uso de antimicrobianos.

Com base no exposto acima, fica claro que o uso indevido e excessivo de antimicrobianos aumenta o risco de resistência, colocando em perigo a saúde e o bem-estar de humanos e animais.

Outro ponto de extrema importância é a competência privativa do médico veterinário para a prescrição de produtos de uso veterinário. Não se deve aceitar indicação de medicamentos de outros profissionais não autorizados, nem comprar em revendas não autorizadas. Nem todos os medicamentos veterinários disponíveis no mercado estão autorizados para o uso em peixes. Além dos produtos sem autorização do MAPA, ou clandestinos, temos também os produtos autori-

zados, mas não indicados para determinadas espécies ou, ainda, o uso por vias de administração não recomendadas.

Outros princípios básicos para a utilização racional dos antimicrobianos são: o diagnóstico preciso com adequado teste de suscetibilidade antimicrobiana; mesmo no caso de um diagnóstico correto, o médico veterinário deve verificar se esse tratamento se justifica; escolha de antimicrobiano e via de administração adequadas e; uso da posologia adequada (dose, intervalo de dose e duração do tratamento).

O código de saúde dos animais aquáticos da OIE ainda discorre sobre as responsabilidades de cada um nesse processo, conforme resumido na Tabela 2.3:

TABELA 2.3 - Responsabilidades de cada setor no uso prudente e racional de antimicrobianos segundo o código de saúde dos animais aquáticos da OIE

Setor	Responsabilidades
Autoridades competentes	Concessão de autorização de comercialização para agentes antimicrobianos, garantir o fornecimento de informações adequadas ao veterinário na rotulagem dos produtos; desenvolver diretrizes atualizadas sobre os requisitos para a avaliação de agentes antimicrobianos, propor e estabelecer políticas de vacinação e de cuidados de saúde na fazenda, garantir a divulgação aos veterinários de informações sobre as tendências da resistência antimicrobiana.
Indústria farmacêutica veterinária	Fornecer as informações solicitadas pelas autoridades competentes sobre a qualidade, eficácia e segurança dos agentes antimicrobianos, fornecer à autoridade competente as informações sobre a quantidade de agentes antimicrobianos comercializados.
Distribuidores de atacado e varejo	Manter suas atividades em conformidade com a legislação pertinente, garantir que as informações sobre o uso e descarte adequado do agente antimicrobiano acompanham todos os produtos distribuídos; devem ser responsáveis pela manutenção e descarte do produto de acordo com as recomendações do fabricante.
Veterinários	Identificação, prevenção e tratamento de doenças dos animais aquáticos; promoção de métodos adequados de criação, procedimentos de higiene, vacinação e outras estratégias alternativas para minimizar a necessidade do uso de antimicrobianos em animais aquáticos; apenas prescrever, dispensar ou administrar tratamento antimicrobiano para animais aquáticos sob seus cuidados; realizar avaliação clínica completa dos peixes com exame clínico, exame post-mortem, bacteriologia com cultura e sensibilidade e outros testes laboratoriais para chegar ao diagnóstico mais definitivo possível antes de iniciar um tratamento antimicrobiano; avaliação de fatores ambientais e de manejo no local de produção (por exemplo, qualidade da água) deve ser considerada como potencial fator primário que leva à infecção e deve ser tratada antes de prescrever um curso de tratamento com o agente antimicrobiano; indicar precisamente ao produtor o regime de tratamento, incluindo a dose, os intervalos de tratamento, a duração do tratamento, o intervalo de segurança e a quantidade de agentes antimicrobianos a serem entregues, dependendo da dosagem e do número de animais aquáticos a serem tratados; revisar periodicamente os registros da fazenda sobre o uso de agentes antimicrobianos.
Produtores	implementar programas de saúde por meio de programas de biossegurança, manejo, nutrição, vacinação, manutenção de boa qualidade da água, etc; usar agentes antimicrobianos somente com a prescrição de um veterinário; garantir que os agentes antimicrobianos sejam armazenados, manuseados e descartados de maneira adequada; manter os registros adequados dos agentes antimicrobianos usados; informar o veterinário sobre os problemas recorrentes de doenças e a falta de eficácia dos regimes de tratamento com agentes antimicrobianos.

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

2.6.6 Alternativas ao uso de antimicrobianos

Nos últimos anos, buscando reduzir o uso de antimicrobianos, muitas alternativas vêm recebendo atenção de pesquisadores e produtores de insumos para a cadeia do peixe cultivado. Essas alternativas vão desde probióticos, imunostimulantes, peptídeos bioativos e óleos essenciais, até o uso de sal.

2.6.6.1 Probióticos

Uma das opções para reduzir o uso de antimicrobianos na aquicultura, são os probióticos. Os probióticos são microrganismos que promovem benefícios aos peixes por melhor equilibrarem a flora intestinal, branquial e da pele. Existem probióticos que modulam positivamente as características do ambiente de cultivo. Na engorda, tem-se relatos especialmente de aumento do crescimento e melhora do sistema imunológico. O uso de probiótico composto por *Bacillus subtilis* e *B. cereus*, melhorou o desenvolvimento e o estado de saúde de *Rhamdia quelen* na fase de crescimento. A inclusão desse mesmo probiótico também melhora o desempenho reprodutivo do *R. quelen*. Apesar de não ser um medicamento, é

importante que um técnico seja consultado para orientar o processo de escolha e utilização do probiótico.

2.6.6.2 Imunoestimulantes

Os imunoestimulantes têm esse nome pois estimulam a resposta imune natural ou não específica. Podem ser agentes químicos, extratos de plantas ou de animais, polissacarídeos, fatores nutricionais e até citocinas. Como vimos acima, alguns probióticos, também são imunoestimulantes. Os imunoestimulantes promovem profilaxia de curta duração, com necessidade de doses constantes, mas possuem boa eficácia e, por não apresentarem efeitos tóxicos residuais, baixíssimo ou nenhum impacto ambiental. São exemplos de imunoestimulantes a quitosana, as betaglucanas, os aminoácidos como a metionina e lisina e a vitamina C, oligonucleotídeos e o levamisole.

2.6.6.3 Hidrolisados proteicos e peptídeos bioativos

Os hidrolisados proteicos aparecem como promissora alternativa ao uso de antimicrobianos por conterem peptídeos bioativos de ação imunoestimulantes ou mesmo antibacteriana. De fato, existem

vários peptídeos bioativos identificados com ações imunomodulatórias e antimicrobianas que, por isso, se constituem em promissoras alternativas ao uso de antimicrobianos, por manter os animais saudáveis; como por exemplo os peptídeos com sequências similares às defensinas e lisozimas extraídos do intestino delgado de suínos, que possuem amplo espectro tanto contra bactérias gram positivas quanto negativas. Outro exemplo é um peptídeo extraído da pupa do bicho da seda que apresenta intensa ação imunomoduladora, sendo considerado um promissor alimento funcional.

Além disso, hidrolisados de resíduos de filetagem de tilápias e também hidrolisados de resíduos de processamento de frangos e de fígado suíno, apresentam ótimo percentual de proteína bruta e perfil de aminoácidos, sendo associados à efeitos muito positivos no crescimento de alevinos de tilápia-do-Nilo. Existem relatos de que a proteína hidrolisada líquida de frango, apesar de não afetar o crescimento, melhora o rendimento do filé em tilápia-do-Nilo. Hidrolisados proteicos de fígado suíno e hidrolisado de sardinha apresentaram bons resultados nos parâmetros zootécnicos relacionados ao ganho em peso em jundiás.

2.6.6.4 Óleos essenciais de plantas

Uma das alternativas mais promissoras na prevenção e/ou tratamento de doenças infecciosas em peixes e, que pode ser uma estratégia para reduzir o uso de antibióticos convencionais na aquicultura, são os óleos essenciais de plantas. Várias pesquisas têm demonstrado a ação antibacteriana de uma variedade de óleos essenciais. Especificamente em relação aos patógenos de peixes, temos alguns interessantes exemplos. Os óleos essenciais de *E. globulus*, *M. alternifolia* e *L. angustifolia* foram efetivos no combate aos patógenos de peixes *Aromonas hydrophila* e *Streptococcus iniae*, sugerindo que eles podem ser candidatos ideais para o tratamento tópico para infecções. Já o óleo de cravo teve potente ação antimicrobiana contra *S. iniae* em tilápias-do-Nilo. Os óleos essenciais de *Lippia alba*, *Lippia sidoides*, *Mentha piperita*, *Ocimum gratissimum* e *Zingiber officinale* apresentaram ação bactericida contra *S. agalactiae*.

2.6.6.5 Sal

O sal comum, ou cloreto de sódio (NaCl) é muito usado como agente profilático para peixes, especialmente no controle de ectoparasitas, para estimular a produção de muco e para prevenir

problemas com a osmorregulação (o sal minimiza o desequilíbrio osmorregulatório provocado pelo estresse, por diminuir a perda de sais e gasto de energia para manutenção da homeostase). O sal

é barato, de fácil acesso e muito seguro se aplicado corretamente. As formas de aplicação, indicações e concentrações de sal constam da Tabela 2.4:

TABELA 2.4 - Indicação, dose e tempo de exposição de sal comum

Indicação	Dose (Kg/m ³)	Forma e tempo de exposição
Depuração para transporte	3 a 6	Tempo indefinido
Água de transporte	5 a 8	Tempo indefinido
Controle de parasitos e columnariose	50	Banhos: 20 a 120 segundos
	20 a 30	Banhos: 2 a 20 minutos
	10 a 12	Banhos: 4 a 12 horas
Controle de parasitos Ichthyophthirius multifiliis	4	Banhos: 24 horas
Controle de parasitos monogenéticos	1 a 3	Banhos: 30 min a 3 horas
Controle de fungos – peixes	20	Banhos: 5 a 20 minutos
	20 a 30	Banhos: 10 a 15 minutos
Controle de fungos – ovos	3	Durante todo o período de incubação (recirculação)
	10	Banhos: 1 a 4 horas
Após despesca e manejo	10	Banhos: 1 a 4 horas
Em sistemas de recirculação: evitar bactérias e parasitos	10	Contínuo

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Na recepção de alevinos, o banho de sal pode ser feito na própria caixa de transporte, ou tanques próprios para essa finalidade e sob aeração contínua. Avaliar o estado geral dos alevinos e, se debilitados, não proceder ao banho de sal. O ideal é que essa prática seja feita na origem, antes do transporte.

2.7 Descarte correto das embalagens

O descarte correto das embalagens de antimicrobianos é uma preocupação, uma vez que seus resíduos podem contaminar o solo e os lençóis freáticos, cuja água será usada para irrigação, pelos animais e pelas pessoas. Além da toxicidade e alergenicidade comentadas no Item 3.3.3, a presença desses resíduos

pode ser um fator de desenvolvimento de resistência bacteriana.

As embalagens de medicamentos originadas da produção animal, integram a classe de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), classificada como “Resíduos Perigosos”, e, como tais, devem ser dispostos em aterro de resíduos perigosos, Classe I de acordo com a Anvisa. O destino que é dado para as embalagens desses produtos após o uso é crucial para garantir a Saúde Única – das pessoas, animais e meio ambiente.

A legislação brasileira e as normas técnicas vigentes determinam que todos os resíduos gerados, necessitam de disposição final ambientalmente adequada, em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, que estabelece a logística reversa e responsabilidade compartilhada, ou seja, todos que participam da utilização de produtos são responsáveis por

ele até a destinação final ambientalmente correta.

De acordo com a legislação, as embalagens que tenham contato com o medicamento devem ser acondicionadas, identificadas e encaminhadas para tratamento em empresa especializada. Já as caixas onde esses frascos são guardados, consideradas embalagens secundárias, devem ser descartadas como Resíduo do Grupo D, podendo ser encaminhadas para reciclagem. Já, as sobras de medicamentos vencidos, devem ser devolvidas para o fabricante, de acordo com o processo de logística reversa preconizado pelo PNRS. A maioria das empresas farmacêuticas oferece orientações tanto referente ao descarte das embalagens quanto à devolução de eventuais sobras e medicamentos vencidos. Normalmente essas informações constam nas bulas dos medicamentos e/ou dos sites das empresas.

Importante

Legislação referente ao descarte de embalagens e medicamentos:

Resolução Conama nº 358/2005:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>

RDC nº 306/2004:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/10d6dd00474597439fb6df3fbc4c6735/RDC+N%C2%BA+306,+DE+7+DE+DEZEMBRO+DE+2004.pdf?MOD=AJPERES>

Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

2.8 Procedimentos sanitários preventivos – biossegurança

A primeira etapa do estabelecimento de um plano de biossegurança é a identificação dos potenciais perigos, sejam os patógenos que ocorrem na espécie cultivada, sejam as formas que eles possam ser introduzidos e disseminados na população, bem como suas consequências e as medidas mitigadoras/curativas. Conforme preconizado no Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo, todo o produtor aquícola deve elaborar e manter um Programa de Biossegurança próprio e adequado a sua

realidade que deve incluir, pelo menos, o controle dos seguintes aspectos: manejo animal, desinfecção de instalações e equipamentos, controle de acesso, controle de vetores e pragas, prevenção do escape de animais.

Segundo o *Aquatic Animal Health Code* da OIE, biossegurança é um conjunto de medidas de manejo e físicas que, quando utilizadas em conjunto, reduzem cumulativamente o risco de infecção em populações de animais aquáticos, dentro de um estabelecimento de aquicultura. Os princípios básicos são os comentados nesse capítulo e esquematizados na Figura 2.5.

FIGURA 2.5 - Itens que devem ser abordados no programa de biosseguridade da propriedade

Manejo animal	Controles de acesso	Identificação de riscos	Quarentena
Controles ambientais	Controle de vetores	Monitoramento de patógenos	Desinfecção
Capacitação de pessoal	Registros	Vacinação	Prevenção de escape

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

As abordagens veterinárias da aquicultura são similares às de outros animais de produção, especialmente aqueles criados em altas densidades como as aves. Assim, como nas demais cadeias produtivas, prevenir as doenças é sempre mais viável do que as tratar. Mas, se a doença se instalou, precisa-se identificá-la com precisão e rapidez para que o tratamento seja implantado no início do curso da doença e seja viável e eficaz.

O programa sanitário deve ser baseado nas boas práticas de manejo e biossegurança. As boas práticas de manejo incluem a busca do bem-estar (Capítulo 1), a manutenção da qualidade da água (Capítulo 4), a adequada nutrição manejo alimentar (Capítulo 6), e instalações construídas e manejadas adequadamente (Capítulo 5). O somatório de todos esses cuidados facilita a saúde e previne

as doenças. As consequências da não observância das boas práticas de manejo e dos cuidados de biosseguridade são ampliadas na aquicultura devido ao tamanho do empreendimento e às densidades de estocagem, além do ambiente artificial.

Nos peixes, assim como nas aves, a “saúde do rebanho” (população) deve ser o foco, embora reprodutores mais valiosos possam justificar cuidados individuais. Nesse cenário, a medicina preventiva tem importância crítica. Importante lembrar que na piscicultura atual, as populações podem chegar a milhões de indivíduos.

A biossegurança é a base da gestão da saúde dos peixes, seja para a prevenção, seja para a gestão de doenças. Um adequado protocolo de biossegurança minimiza o risco de introdução e pro-

pagação de doenças infecciosas, bem como minimiza o risco de que os peixes doentes ou os agentes infecciosos, deixem a instalação e se espalhem para outros locais. Assim, os principais objetivos de biossegurança incluem um bom

manejo, obtenção e manutenção de estoques saudáveis, manejo de patógenos e gerenciamento de pessoas por meio da educação e conscientização de funcionários e visitantes. Assim, um produtor precisa (Figura 2.6):

FIGURA 2.6 - Fluxograma das necessidades para assegurar a biosseguridade



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

2.8.1 Manejo animal

Os alevinos devem provir de fornecedores confiáveis, e serem examinados na recepção para avaliação de parâmetros de saúde específicos da espécie e doenças mais comuns e preocupantes para espécie, fase e região. O fornecedor deve informar o histórico do lote e questões zootécnicas relevantes. Assim, o produtor deve escolher larviculturas que realizem testes de diagnóstico laboratorial periódicos para a detecção de patógenos. Importante adquirir alevinos

de produtores que os transportem com Guia de Trânsito Animal (GTA) que, além de obrigatória, é garantia que a unidade produtora de alevinos esteja cadastrada e sob supervisão do órgão executor de sanidade agropecuária.

Os alevinos devem ser submetidos à um isolamento/quarentena antes de serem incorporados no sistema, para prevenir a propagação de doenças. O período mínimo de isolamento deve ser de 15 dias antes de sua introdução na propriedade. A qualidade da água e outras condições ambientais como densidade, fluxo

de água, iluminação e som, bem como a nutrição devem ser otimizados para os objetivos e espécies da instalação.

Especificamente em relação à tilápia-do-Nilo, preferir produtores de alevinos que trabalham com matrizes em *hapas* e coletas periódicas de ovos na boca da fêmea. Esses produtores submetem os ovos à desinfecção e os incubam em laboratório, o que reduz muito o contato dos ovos com as matrizes e, com isso, evitam que parasitos sejam adquiridos dos adultos, o que não ocorre em produtores que trabalham com coleta de nuvens de pós-larvas. Nesse sistema,

o tempo de convívio maior dos alevinos com os adultos pode fazer com que as larvas adquiram parasitos das matrizes.

Outro ponto relevante relativo ao manejo animal, é o controle do escape de peixes, especialmente quando se cria espécies exóticas. Um eventual escape de peixes do cultivo, além da perda financeira, pode provocar alteração do ambiente e a transmissão de patógenos e parasitas. Em cultivos de tanques escavados, é necessário a construção de estruturas de segurança, para evitar o escape (Capítulo 5).

Você Sabia?

Uma espécie exótica é aquela que não ocorre naturalmente no país (por exemplo a tilápia-do-Nilo) ou ainda aquela que não ocorre naturalmente nas bacias hidrográficas da região (por exemplo o tambaqui na região Sul).

Conforme vimos no item “Prevenção das bacterioses”, devemos remover o mais rapidamente possível os peixes moribundos ou mortos, que aparecerem nos tanques, pois eles podem atrair pássaros e/ou outros predadores que podem se alimentar dos animais; ou disseminar doenças para outros locais. O ideal é a inspeção e retirada diárias, mas, caso essa

periodicidade seja inviável, a frequência mínima de retirada de animais mortos e moribundos deve ser realizada uma vez a cada três dias.

Esses animais ou carcaças devem ser destinados (observada a legislação ambiental vigente) para compostagem, enterrio na propriedade em local de baixo risco de contaminação de lençol freático

e contato com demais animais, incineração no próprio estabelecimento, digestão ácida ou alcalina no próprio estabelecimento de aquicultura, recolhimento por empresa especializada em coleta de lixo hospitalar.

2.8.2 Monitoramento dos patógenos

A fonte de água é um fator de risco importante para a introdução de doenças na piscicultura. Deve-se ter especial atenção na proteção das fontes de água (conhecimento sobre a fonte e construção de filtros, ou mesmo esterilização por luz UV), buscando zerar o risco de transmissão de doenças preocupantes.

Para evitar a disseminação de patógenos, devemos empreender esforços para manter o ambiente o mais limpo possível. A desinfecção adequada de redes, equipamentos e tanques, ajuda a minimizar surtos de doenças.

Ainda no âmbito da gestão dos patógenos, o piscicultor deve conhecer as doenças mais comuns da espécie, da fase de vida e da região. Algumas bactérias como a *Aeromonas hydrophila* são consideradas oportunistas, enquanto outras podem resultar em morbidade e mortalidade significativas como o *Streptococcus spp.* O isolamento de populações doen-

tes, o uso de equipamentos específicos por tanque, a higienização e desinfecção de sistemas e equipamentos são métodos importantes de manejo de patógenos.

2.8.3 Quarentena

A quarentena é um período de observação do lote de peixes recém-chegados à propriedade. Durante a quarentena, realiza-se a avaliação periódica de eventuais sinais de doenças, inclusive com exames e necrópsias diagnósticas a qualquer suspeita de animais contaminados. Por isso, recomenda-se um período não inferior a 20 dias, tempo suficiente para manifestação de eventuais doenças que os peixes incubavam. Durante a quarentena, pode-se tratar os peixes de forma terapêutica, se aparecer doenças ou mesmo profilática, com o uso de sal conforme indicado na Tabela 2.4.

Especial cuidado deve ser dado à localização onde é realizada a quarentena. O local deve ser próximo à entrada da piscicultura, em área isolada dos viveiros da propriedade, e com abastecimento e esgotamento de água independentes, além de restrição ao trânsito de animais e pessoas. Nenhum efluente dos tanques de quarentena deve chegar aos

tanques de criação ou mesmo ao destino final sem tratamento. Cuidados especiais devem ser tomados para que não ocorra o uso compartilhado de utensílios com as fases de crescimento e engorda, e que todos esses utensílios exclusivos sejam periodicamente desinfectados, conforme recomendado no Item 2.5.4.

Com essas medidas, quebra-se o ciclo de transmissão de patógenos entre diferentes lotes, que porventura sejam criados na mesma unidade produtiva, porém em diferentes tempos, zelando pela segurança sanitária do centro de cultivo.

2.8.4 Eutanásia

A eutanásia é indicada para casos em que a saúde e o bem-estar do animal estiver irreversivelmente comprometido, como forma de eliminar o sofrimento dos animais. A eutanásia ainda é realizada quando o animal constituir ameaça à saúde pública ou risco à fauna nativa ou ao meio ambiente. Ainda em situações de pesquisa ou para necrópsias diagnósticas com posterior envio dos espécimes ou materiais biológicos para laboratório

(Item 2.8.5). Obviamente, sendo a aquicultura uma atividade econômica, a eutanásia também é realizada quando o tratamento de uma eventual enfermidade tiver custos incompatíveis com o retorno da atividade.

Independentemente do objetivo da eutanásia, a escolha do método deve considerar a espécie envolvida e seu porte, bem como os meios disponíveis e a capacidade técnica do executor. Seja qual for o método, deve-se buscar ausência ou redução de desconforto e dor, a insensibilização e inconsciência imediatas, seguidas de morte e a segurança e irreversibilidade do método de eutanásia. Deve-se ainda considerar a ausência ou redução de riscos ao operador, o treinamento e habilitação dos responsáveis pela eutanásia, a prevenção de impactos emocionais em operadores e observadores. Os métodos sugeridos para eutanásia de peixes incluem a superdosagem de agente anestésico ou métodos mecânicos como a decapitação ou a maceração. As indicações, vantagens e desvantagens estão na Tabela 2.5.

TABELA 2.5 - Indicação, vantagens e desvantagens dos métodos de eutanásia para peixes¹.

Método	Indicação	Vantagens	Desvantagens
Superdosagem ² de agente anestésico (Tricaína, benzocaína, 2-fenoxietanol)	Peixes de todas as idades	<ul style="list-style-type: none"> • Pode-se eutanasiar muitos peixes ao mesmo tempo. • Não requer manipulação dos peixes. • Poucos riscos para a biossegurança. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração ou tempo incorretos no anestésico. • Cuidados especiais no preparo da solução. • Cuidados especiais no descarte da solução.
Decapitação	Peixes pequenos após previa dessensibilização	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação do local com sangue e outros materiais orgânicos. • Não é aceita pelo CONCEA³.
Maceração	Larvas e alevinos	<ul style="list-style-type: none"> • Pode-se eutanasiar muitos peixes ao mesmo tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo do equipamento de maceração. • Não é aceita pelo CONCEA³.
Congelamento rápido (imersão em nitrogênio líquido)	Larvas e alevinos menores de 0,2g	<ul style="list-style-type: none"> • Pode-se eutanasiar muitos peixes ao mesmo tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método aceito com restrições (CONCEA, 2018).
Hipotermia (Resfriamento rápido até 2 °C a 4 °C)	Larvas e alevinos menores de 0,2g	<ul style="list-style-type: none"> • Pode-se eutanasiar muitos peixes ao mesmo tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método aceito com restrições (CONCEA, 2018).

¹ Baseado na Diretriz da Prática de Eutanásia do CONCEA.² Dose 3 vezes superior à anestésica.³ Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal.

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

2.8.5 Coleta e envio de material para o laboratório de diagnóstico

Os diagnósticos podem ser feitos de forma oficial, em laboratórios oficialmente definidos pelo governo brasileiro, ou de forma não oficial por médico veterinário com experiência na área, mas sem a confirmação laboratorial (diagnóstico presuntivo) ou, diagnóstico realizado por

laboratório particular não reconhecido. O diagnóstico não oficial é útil para o produtor por ser mais ágil e permitir ações mais precoces, entretanto, somente o diagnóstico oficial autoriza medidas oficiais de controle de doenças na propriedade.

Para coletar e enviar amostras para diagnóstico, recomenda-se seguir o Manual de Coleta e Remessa de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de

Animais Aquáticos da Rede Nacional de Laboratórios do Ministério da Pesca e Aquicultura. De forma resumida, o manual recomenda que as amostras preferenciais para diagnóstico de doenças em peixes, são animais inteiros e vivos.

2.8.6 Acesso e desinfecção de pessoas

As pessoas que adentram a área da piscicultura, ou mesmo entregam e manuseiam insumos, podem se constituir em carreadores de doenças, especialmente se transitam por outras propriedades de criação de peixes ou de outros animais que compartilhem potenciais agentes infecciosos em comum. Assim, sempre que não for possível evitar esta entrada, devemos tomar precauções para minimizar a possibilidade de contaminações. Recomenda-se que as visitas sejam previamente agendadas, e que o visitante e/ou prestador de serviços respeite o período mínimo de 24h desde a sua última visita em outras áreas de produção de pescado.

Por outro lado, quando necessária a recepção de pessoas externas, é recomendável que seja realizada coleta de informações específicas em um livro de visitantes. Com isso, caso ocorra introdução de uma nova enfermidade no centro de criação, poderá ser realizado o rastreamento de visitantes, bem como consultadas as últimas pisciculturas que os visitantes estiveram presentes. Esse controle permite identificar possíveis rotas de disseminação de patógenos, facilitando a contenção da doença.

Para isso, é necessário o uso de bloqueios sanitários que exijam dos visitantes e funcionários a higienização de mãos, troca de roupas e desinfecção de botas. Por isso, a piscicultura deve possuir pias com água, sabão, lava botas e/ou pedilúvios. A desinfecção pode ser feita com álcool, álcool iodado ou outros desinfetantes em manolúvios e pedilúvios. Muito cuidado com as vestimentas adequadas, sendo recomendado a troca das roupas pessoais por roupas esterilizadas da própria piscicultura, ou, pelo menos, o uso de propés, gorros e máscaras.

Importante

Para que um pedilúvio seja eficiente, é importante limpar as botas ou calçados, retirando a lama e a matéria orgânica acumulada. Use escova e água corrente e, se necessário, detergente. Após, remova a solução e enxague com água corrente. Só então mergulhar as botas ou calçados no pedilúvio contendo a solução desinfetante que deve ser trocada periodicamente. Recomenda-se fazer conjuntamente a desinfecção de mãos com álcool 70%.

Além da desinfecção das pessoas que adentram a piscicultura, devemos atentar para a desinfecção dos veículos. Especial atenção com veículos que percorrem outros estabelecimentos, e os transportadores de alevinos ou peixes vivos. Nas fazendas de produção em tanques-rede, não esquecer de desin-

fetar os barcos e estruturas de suporte ao manejo dos tanques-rede. A desinfecção pode ser feita por meio de bombas costais, rodolúvios ou arcos sanitários. Dessa forma, conseguem proporcionar uma barreira sanitária importante contra a introdução de patógenos carregados por veículos diversos

Importante

Em pisciculturas de grande porte recomenda-se o uso de arco sanitário para desinfecção de veículos. Todos os veículos devem passar pela lavagem e desinfecção, com passagem pelo arco sanitário em baixa velocidade (5 km/h), para aplicação do produto desinfetante. Para pisciculturas menores, que por sua vez tenham menor fluxo de veículos que adentram a propriedade, poderão ser implementados processos alternativos, tais como a utilização de bomba costal para aspersão de solução, contendo desinfetante sobre os veículos, bem como outros equipamentos para vaporização da solução desinfetante.

Além do cuidado com as pessoas e veículos, os estabelecimentos de aquicultura deverão adotar medidas de controle de animais domésticos e selvagens, que podem ser vetores de doenças para os peixes. A presença desses animais deve ser evitada na área dos tanques e demais instalações da propriedade. Além disso, a propriedade deve evitar as pragas por meio de medidas como a destinação adequada do lixo (utilizar recipientes

apropriados e fechados), uso de iscas e/ou armadilhas específicas.

Para impedir a entrada de vetores e pragas, podemos instalar barreiras físicas como o cercamento de tanques escavados, instalação de telas e filtros nas tubulações de entrada de afluentes e de saída de efluentes, instalação de redes sobre os tanques e vedação adequada de edificações.

Você Sabia?

Vetores são animais capazes de transmitir uma doença, de maneira ativa ou passiva, contaminando os peixes.

2.8.7 Desinfecção dos tanques e equipamentos

O objetivo da desinfecção é eliminar ou diminuir a presença de microrganismos por meio da aplicação de agentes químicos e/ou físicos. Deve ser realizado sempre após os manejos.

A limpeza e desinfecção adequadas são essenciais a um bom programa de gestão da saúde dos peixes. A limpeza e desinfecção de tanques e equipamentos começa com a limpeza geral e remoção de sujeira e resíduos orgânicos. Detritos orgânicos, incluindo biofilmes e sujeira, podem proteger os patógenos da desin-

fecção. Essa limpeza pode ser feita após cada cultivo ou seguindo a periodicidade indicada pelo técnico responsável. Os viveiros devem ser esvaziados e secos ao sol, o que é importante para oxidar e remineralizar o excesso de matéria orgânica. Isso propicia a decomposição da matéria orgânica com a consequente liberação dos nutrientes que ficam disponíveis para o reaproveitamento pelo plâncton quando enchamos o tanque. Também propicia a oxigenação do solo e elimina ovos de peixes e outros invasores. O tempo ideal para secar é o suficiente para se poder caminhar sem afundar em barro e lodo.

Após totalmente seco é que se faz a desinfecção para evitar que resíduos tóxicos ou microrganismos indesejáveis permaneçam no viveiro. A desinfecção também permite a oxidação da matéria orgânica. O melhor e mais barato desinfetante é o sol (até rachar o solo), mas em áreas de muita chuva ou problema de drenagem, ou mesmo por não dispor de muito tempo até o início do próximo ciclo, se faz a desinfecção química.

A desinfecção química é feita pela aplicação de cal virgem (CaO) ou de cal hidratada (Ca(OH)₂). A cal virgem provoca uma reação exotérmica, aumentando muito a temperatura da água e o pH causando a morte dos organismos aquáticos. Já a cal hidratada não provoca aumento de temperatura, matando apenas pelo pH muito elevado. A quantidade apli-

cada é de cerca de 2000 a 5000 kg/ha durante um mês. Além da desinfecção, o adequado vazio sanitário (sistema *All-In/All-Out*) deve ser adotado, com período mínimo de 24h entre o término da desinfecção e a nova estocagem.

Para equipamentos e utensílios, recomenda-se o uso de alvejante doméstico líquido (3% –6% NaHClO; 10 ml /L por 1 hora) ou alvejante granular (cloro de piscina HTH; 200 mg /L por 1 hora). Após lavar bem os utensílios em água corrente. O uso de altas temperaturas (acima de 75 °C) também provoca a destruição dos microrganismos.

Não misturar ou combinar desinfetantes, pois além de poder causar efeitos negativos, pode ocorrer a neutralização do poder desinfetante ou reagir quimicamente produzindo subprodutos tóxicos.

Você Sabia?

De forma geral, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) é que autoriza a produção e a comercialização de produtos de uso veterinário. A autorização é concedida especificando o uso, as espécies e a forma de administração. Consulte sempre o site do Mapa para verificar se o produto que pretendes usar é aprovado.

Importante

- *Os desinfetantes podem causar contaminação do ambiente e perigo para a saúde humana. Por isso, devemos ter muito cuidado com o armazenamento, com o manuseio e com o descarte dos produtos e das embalagens.*
- *Manter um processo operacional padrão (POP) de desinfecção por escrito e acessível aos funcionários.*
- *Os funcionários devem ser treinados e usarem todos os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) recomendados.*

2.8.8 Vacinação

Conforme vimos no Item 1.7 do Capítulo 1, a resposta imune dos peixes é dividida em resposta imune inata ou natural e resposta imune adquirida ou específica. É a existência da resposta imune específica que cria a chamada “memória imunológica”, e nos permite vacinar os peixes. Ou seja, a base para o funcionamento das vacinas é a produção das imunoglobulinas (anticorpos) pelos linfócitos B, quando ativados pelo antíge-

no da vacina que podem ser partículas de um microrganismo patogênico ou até mesmo o próprio microrganismo inativado. Esses anticorpos tornam o peixe imune à doença-alvo.

A vacinação de peixes é uma prática em franca expansão da aquicultura brasileira, especialmente na tilapicultura. Apesar de existirem diferentes métodos para vacinação de peixes, injetável, imersão e oral, no Brasil temos apenas vacinas injetáveis disponíveis até o momento, conforme Tabela 2.6:

TABELA 2.6 - Nome, fabricante, registro, dosagem e indicação das vacinas usadas na piscicultura brasileira

Vacina / Fabricante / (Registro)	Dosagem	Contra
AQUAVAC® STREP Sa MSD Saúde Animal (9610/2011)	0,05mL por peixe, IP	<i>Streptococcus agalactiae</i> , sorotipo Ib
AQUAVAC® STREP SA-SI MSD Saúde Animal	0,05mL por peixe, IP	<i>Streptococcus agalactiae</i> , sorotipo Ib <i>Streptococcus iniae</i>
AQUAVAC® STREP Sa1 MSD Saúde Animal	0,05mL por peixe, IP	<i>Streptococcus agalactiae</i> , sorotipo Ia <i>Streptococcus agalactiae</i> , sorotipo III
ALPHA JECT® micro 1 Tila – Zoetis (10250/2019)	0,05mL por peixe, IP	<i>Streptococcus agalactiae</i> , sorotipo Ib

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Ainda existem as chamadas “vacinas autógenas” que, apesar de não dominarem grandes fatias de mercado, são alternativas ágeis e baseadas diretamente nos patógenos específicos da fazenda em questão. A produção dessas vacinas foi regulamentada pelo MAPA. Após isolamento e identificação da cepa, a vacina autógena é produzida conforme recomendação do cliente.

É nítida a importância das vacinas na busca pela redução de uso de antimicrobianos. Na tilapicultura nacional em tanques-redes, que perfaz cerca de 40% da produção nacional de tilápias (Peixe-BR), a vacinação é prática corriqueira, e a ocorrência de doenças e o uso de antibióticos vem caindo drasticamente. Nessa cadeia, os antibióticos ainda são

usados na produção de alevinos. Já na tilapicultura em tanques escavados, é crescente a problemática dos surtos de estreplococose e outras bacterioses, forçando essa modalidade de produção a adotar a vacinação em massa. Provavelmente nos próximos anos toda a tilapicultura brasileira estará vacinando rotineiramente, o que muito contribuirá para o uso racional dos antimicrobianos.

2.8.9 Registros sanitários e planos de ação

Os registros sanitários são importantes na aquicultura para o acompanhamento de diversos pontos referentes ao manejo sanitário da fazenda. Assim, os registros sanitários são subsídios impor-

tantes para a tomada de decisão frente aos problemas inerentes da criação intensiva de animais. Ao longo do tempo, quanto mais o piscicultor registra, maior será sua base de dados e sua curva epidemiológica de problemas sanitários, e mais assertivas serão as medidas profiláticas ou curativas a serem tomadas.

Um bom programa de registros sanitários deve dar conta de registrar: as taxas de mortalidade, a ocorrência de sinais clínicos de enfermidades, os eventuais diagnósticos e tratamentos realizados nos animais, especificando os medicamentos, doses, vias de administração e período de carência, as medidas de profilaxia como vazios sanitários e procedimentos de desinfecção, vacinações, visitas de médicos veterinários, entre outras informações que o produtor tiver acesso.

Além dos registros mais específicos da parte sanitária, uma fazenda de piscicultura deve manter registros de toda e qualquer entrada de animais novos na propriedade; das rações utilizadas e suas especificações; dos dados do ciclo de produção (densidade, biomassa, manejo alimentar, programa de aeração, qualidade de água, etc.); dos dados dos resíduos gerados e da eficácia dos eventuais sistemas de tratamento (por exemplo, se as bacias de decantação estão reduzindo sólidos em suspensão).

O registro de toda e qualquer mortalidade permite ao piscicultor verificar se o padrão normal de mortalidade eventualmente se altera. Episódios atípicos de maior mortalidade diária ou episódios de mortalidade maciça em surtos de doenças se tornam facilmente identificáveis. Se as demais ocorrências diárias forem igualmente registradas (mudanças climáticas bruscas, falhas de manejo, falhas de equipamentos), a busca das causas e a tomada de decisão ficam mais facilitadas. Assim, sempre que os registros da propriedade mostrarem um aumento das taxas de mortalidade, ou você perceber diretamente a ocorrência de sinais de comprometimento de um lote, chame um médico veterinário capacitado para identificar a causa do problema.

Se a suspeita for de doenças infecciosas, independentemente de se tratar de uma doença de notificação obrigatória ou não, o Serviço Veterinário Oficial (SVO) deverá ser notificado para tomar as medidas oficiais necessárias e auxiliar na identificação e solução do problema. Em caso de doença de importância para a produção, com baixa ou alta taxa de mortalidade, coletar e enviar amostras de animais para diagnóstico, além de uma ampla avaliação da qualidade da água. Se a doença for confirmada, documentar dados como (sinais clínicos, prevalên-

cia, data de início, origem do lote, etc.). Em caso de alta prevalência da doença, considerar o abate humanitário e envio dos animais para processamento em unidade com inspeção sanitária, caso a doença em questão não tenha implicações para a saúde humana. A critério do Serviço Veterinário Oficial, as carcaças contaminadas terão seu devido destino. Já, se a doença for de baixa prevalência, isolar os animais afetados e proceder ao tratamento.

2.8.10 Capacitação de pessoal

A capacitação de todo o pessoal envolvido na produção, é parte integrante e fundamental de um programa de biossegurança, para manter todas as pessoas envolvidas na criação, devidamente treinadas sobre os procedimentos corretos de manejo e cuidados sanitários. O plano de treinamento deve abranger todos os colaboradores e ter frequência mínima anual. Importante registrar os treinamentos realizados, indicando material utilizado em cada treinamento, ficha de presença e sistema de avaliação do aprendizado. Outro ponto relevante é verificar e cobrar que todos os responsáveis técnicos e consultores atuantes estejam devidamente regularizados junto aos seus respectivos Conselhos de Classe.

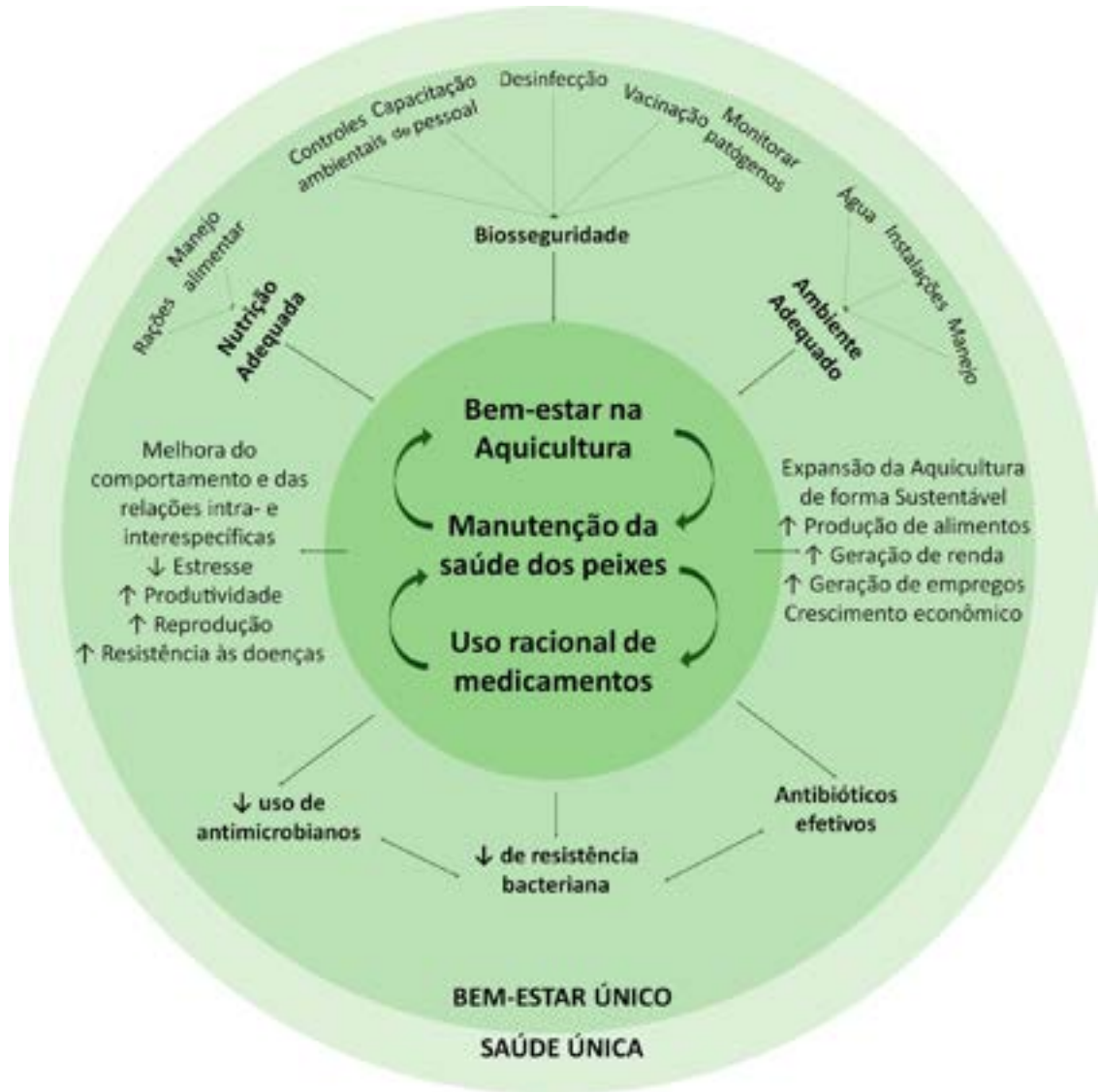
Importante

O programa de treinamento deve incluir conteúdos sobre boas práticas de higiene pessoal, boas práticas de manejo, saúde e segurança do trabalho, primeiros socorros e salvatagem, uso e manutenção dos equipamentos, higienização das instalações, educação ambiental e preenchimento de registros, entre outros assuntos de interesse do produtor/empresa.

2.9 Relação entre bem-estar animal e o uso de medicamentos, em especial, de antimicrobianos

Na Figura 2.7, reunimos os pontos que tornam clara a estreita relação entre o bem-estar dos peixes e o uso de medicamentos.

FIGURA 2.7 - Mapa conceitual da relação entre bem-estar animal e uso de medicamentos



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

A Figura 2.7 nos mostra que existe uma relação bilateral entre o bem-estar e o uso de medicamentos, uma vez que, peixes em altos graus de bem-estar têm sua saúde mantida por um sistema imunológico ativo e competente. Isso certamente leva à menor ocorrência de doenças, e a redução da necessidade de uso de medicamentos. Por outro lado, especialmente se pensarmos na “Liberdade Sanitária” ou no “Domínio Saúde” de bem-estar (Capítulo 1) ter medicamentos efetivos para o controle de eventuais doenças é, também, vital para a manutenção de altos graus de bem-estar.

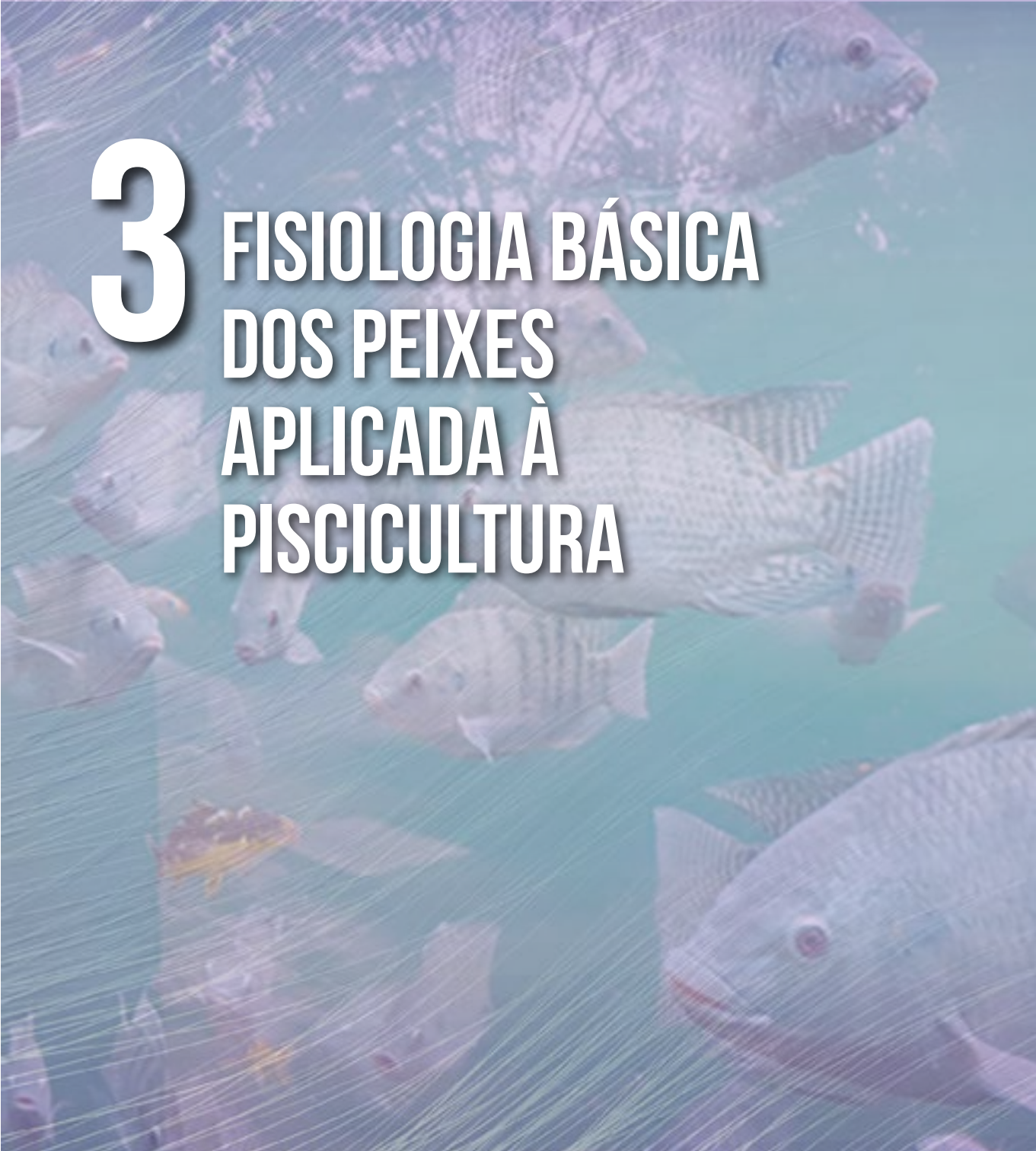
Alto grau de bem-estar indica redução de estresse dos peixes em cultivo. Peixes menos ou não estressados crescem mais (melhora a produtividade), reproduzem melhor e possuem um sistema imunológico mais apto a lidar com desafios patogênicos, aumentando a resistência à eventuais doenças.

Assim, quando essa relação bilateral está equilibrada e adequada, a manutenção de altos graus de bem-estar dos peixes, por meio de nutrição adequada, ambiente adequado e biossegurança, leva à manutenção da saúde e o consequente uso racional de medicamentos, promovendo a redução do uso de antimicrobianos, que auxilia na redução do desenvolvimento de resistência bacteriana e, por isso, a disponibilidade de antibióticos realmente efetivos quando necessário.

Tudo isso ainda impulsiona a expansão da aquicultura de forma sustentável, o aumento da produção de alimento de alta qualidade, além do aumento da geração de emprego e renda no setor, contribuindo, dessa forma, com o crescimento econômico da região e do país, em consonância com a Agenda 2030 e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

3

FISIOLOGIA BÁSICA DOS PEIXES APLICADA À PISCICULTURA



3.1 Fisiologia básica dos peixes e suas implicações para a piscicultura

O conhecimento, mesmo que básico, de fatores relacionados à fisiologia dos peixes, é de suma importância, por guardar relação com diversos pontos práticos e operacionais da criação comercial dos peixes. Os peixes apresentam grandes diferenças fisiológicas em relação aos animais terrestres, várias delas com claras implicações para o seu cultivo.

Conhecer a fisiologia dos peixes nos permite correlacionar os aspectos de seus sistemas, como suas necessidades, por exemplo, a forma que respiram, com as necessidades de qualidade de água. Assim, ao conhecer bem a fisiologia dos peixes, reconhecemos suas necessidades e adotamos as práticas necessárias para atendê-las e promover um alto grau de bem-estar com animais saudáveis, produtivos e “felizes”, em consonância com os lemas atuais de bem-estar animal, “Bem-estar é muito mais do que não sofrer”, é “Uma vida que valha a pena ser vivida”!

No que somos diferentes?

A respiração dos peixes ocorre pela difusão passiva do oxigênio e CO_2 , o que requer gradientes de concentração favoráveis. Ou seja, precisamos manter a água de cultivo com alto teor de oxigênio e baixo de dióxido de carbono.

No que somos diferentes?

Boa parte da excreção nitrogenada dos peixes também depende de gradiente favorável, o que também implica em adequado manejo da qualidade de água, para que tenha baixa amônia.

No que somos diferentes?

O sistema digestório dos peixes é intimamente relacionado com o hábito alimentar da espécie. Conhecer a biologia dos peixes é a base para formulação de dietas adequadas e, que garantam bom desempenho.

Esses são apenas alguns exemplos de como é relevante conhecer os aspectos básicos da fisiologia dos peixes que serão abordados na sequência.

3.2 Temperatura corporal

Os peixes são considerados animais poiquilotérmicos (pecilotérmicos, ectotérmicos), tendo a temperatura corporal aproximadamente igual à de seu ambiente. Uma exceção a essa generalidade pode estar na família *Thunnidae* dos atuns, onde as temperaturas corporais são consideravelmente mais altas do que as do mar.

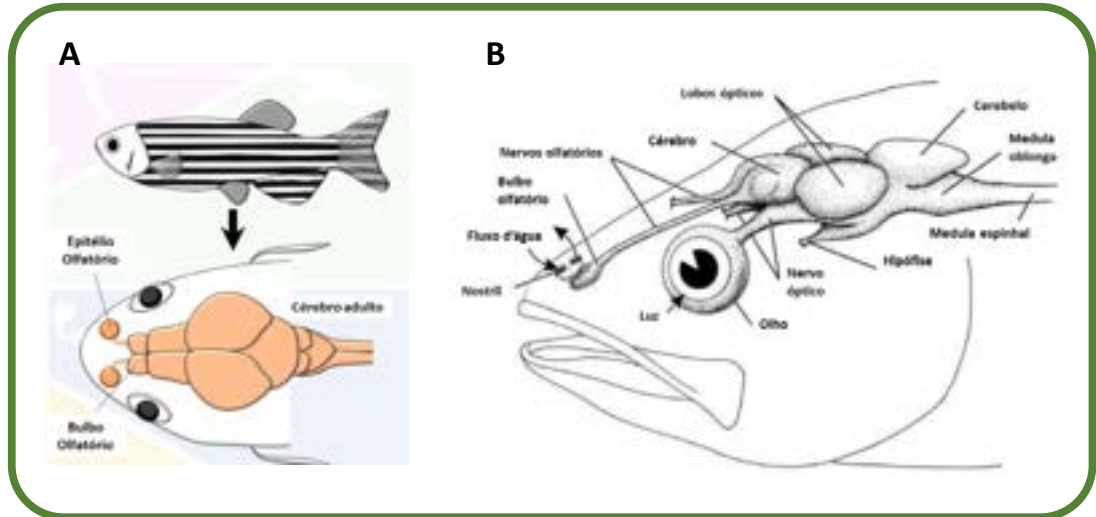
Assim, a temperatura da água é o fator físico que mais influencia os aspectos químicos e biológicos. De fato, a velocidade das reações químicas e biológicas, dobra ou triplica para cada 10 °C de aumento na temperatura. Por isso, a temperatura tem influência direta no programa de alimentação dos peixes em cultivo.

3.3 Sistema nervoso

Assim como nos animais terrestres, o sistema nervoso dos peixes se divide em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). No SNC temos o cérebro que possui bulbos olfatório e óptico bem definidos e, a medula espinhal. Os nervos cranianos e lobos definidos estão presentes, bem como o cerebelo que mantém a orientação do peixe durante o nado. Já o SNP é a via de comunicação do peixe com o ambiente. Os estímulos são captados pelos órgãos sensoriais e são levados ao SNC.

A posição do cérebro nos peixes é pouco variável entre as espécies, sendo o encéfalo localizado um pouco atrás da linha dos olhos. Como comentado acima, as estruturas do cérebro dos peixes são praticamente as mesmas do cérebro dos mamíferos superiores.

FIGURA 3.1 - Localização do cérebro de um peixe-zebra (a) e localização e estruturas do cérebro de um salmão



FONTE: Em (A), imagem adaptada de Costa et al. (2021) e, em (B), imagem adaptada do material *Living Ocean*, University of Hawaii.

Importante

Os peixes vivem em íntima relação com seu meio, a água e os órgãos sensoriais captam as características químicas e físicas da água que os rodeia. É responsabilidade nossa manter a água em excelente qualidade, propiciando aos peixes uma vida saudável e desenvolvimento e crescimento plenos.

Você Sabia?

Como particularidade, os peixes possuem a linha lateral, um órgão sensorial de “tato à distância”, capaz de perceber quaisquer oscilações e movimentos na água!

FIGURA 3.2 - Localização da linha lateral na Tilápia-do-Nilo



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Imagens de domínio público (Creative Commons).

3.4 Sistema respiratório

Assim como nos animais terrestres, o sistema respiratório dos peixes tem como função principal o transporte de oxigênio (O_2) e de dióxido de carbono (CO_2) entre o meio ambiente e os tecidos. O O_2 é consumido no metabolismo celular, tendo como produto final de excreção o CO_2 . Entretanto, diferentemente do ambiente terrestre, a disponibilidade do O_2 no meio aquático atinge no máximo 1,2% de seu volume em O_2 , percentual bem in-

ferior a disponibilidade no ar atmosférico, em torno de 21% do volume. Obviamente, os peixes necessitam de um órgão especializado em retirar este pouco O_2 dissolvido na água, as brânquias. O sistema respiratório é constituído por brânquias sustentadas por quatro pares de arcos branquiais (quatro arcos de cada lado). As brânquias são vermelhas, pois os vasos sanguíneos capilares são finos e transparentes.



FIGURA 3.3 - Aspecto macroscópico das brânquias de um peixe saudável. coloração vermelha intensa, com aspecto brilhante e homogêneo

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Enquanto a mecânica ventilatória dos mamíferos terrestres propicia a entrada e saída de ar dos pulmões, a dos peixes possibilita o fluxo de água sobre as brânquias. Na maioria das espécies de peixes, a ventilação branquial se dá

pela movimentação da água sobre a brânquia, por meio da bomba opercular que funciona da seguinte forma: a água entra pela boca e sai pelo opérculo. Para promover essa movimentação de água, primeiramente o peixe fecha o opérculo e

abre a boca, criando uma pressão negativa que promove a entrada da água na cavidade bucal. Logo após, o peixe faz o movimento inverso, abrindo o opérculo e fechando a boca, o que provoca a passagem da água em alta pressão e velocidade sobre as brânquias, momento em que ocorrem as trocas gasosas.

O que torna o processo de extração do O_2 dissolvido na água tão eficiente, é a estrutura das brânquias baseada em subdivisão progressiva com o propósito de aumento de superfície de contato. De fato, em cada uma das duas cavidades branquiais de um peixe, temos quatro ar-

cos branquiais. Em cada arco branquial, há vários filamentos branquiais, sendo cada filamento recoberto de um grande número de lamelas branquiais.

As trocas gasosas ocorrem nas lamelas à medida que a água flui entre elas em uma direção e o sangue na direção oposta. O CO_2 sai e o O_2 entra para o sangue do peixe, ambos por difusão, obedecendo aos gradientes favoráveis. O fluxo contracorrente (água e sangue em direções opostas), aperfeiçoa as trocas por manter sempre um gradiente de concentração favorável à entrada de O_2 e à saída de CO_2 por difusão simples.

No que somos diferentes?

Como resultado do funcionamento branquial, temos uma extração de O_2 dissolvido acima de 80%, enquanto nos animais terrestres este percentual não passa de 25%.

Você Sabia?

A difusão simples é um tipo de transporte passivo, ou seja, que não requer gasto energético, de um soluto através da membrana.

Aplicação prática!

Sendo a manutenção dos gradientes de concentração favorável, essencial para que as trocas gasosas ocorram por difusão, na prática, devemos manter a água de cultivo com alto O_2 e baixo CO_2 , com práticas mostradas na Figura 3.4, entre outros procedimentos abordados nesse manual.

FIGURA 3.4 - Fatores de manutenção de altas concentrações de O_2 na água



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

3.5 Sistema circulatório

A função do sistema circulatório dos peixes é a de levar o O_2 e os nutrientes necessários para que cada célula do organismo se mantenha viva e funcional, e remover seus restos metabólicos levando-os para seus locais de metabolização e excreção. O sistema circulatório dos peixes é composto por um coração simples, sangue e vasos sanguíneos.

No que somos diferentes?

O coração situa-se logo após as brânquias e se diferencia dos mamíferos por apresentar uma dinâmica circulatória única e não com duas circulações (pulmonar e sistêmica) como nos mamíferos terrestres.

Assim, a circulação dos peixes segue um circuito aonde o sangue venoso chega ao coração pelas veias que desemboca no seio venoso chegando ao átrio, passa para o ventrículo bombeado pelo cone arterial para a artéria aorta ventral, que se ramificam atingindo as brânquias, onde o CO_2 e a amônia (NH_3) são excretados, e o O_2 é captado. Após a

passagem nas brânquias, o sangue arterial rico em O_2 e pobre em CO_2 é levado para todo o corpo. Após irrigar todo o organismo, o sangue venoso, pobre em O_2 e rico em CO_2 retorna ao coração, dando início a um novo ciclo cardíaco. Os peixes têm 5% de seu peso total em sangue e suas hemácias são nucleadas.

No que somos diferentes?

Curiosamente o coração dos peixes recebe e bombeia apenas sangue venoso, diferentemente do nosso que bombeia sangue venoso no lado direito e sangue arterial pelo lado esquerdo.

3.6 Sistema digestivo

Assim como em outros animais, o sistema digestivo dos peixes é composto, em sequência, por boca, esôfago, estômago, intestino e ânus, também estando presentes as glândulas anexas, fígado e pâncreas.

Apesar dessa diferenciada anatomia, de acordo com a evolução morfo-funcional e adaptação fenotípica à dieta, algumas características são conservadas entre os grupos: os peixes possuem esôfago de musculatura estriada que permite regurgitação. O intestino se assemelha ao intestino delgado dos mamíferos com diferenciação semelhante ao duodeno, jejuno e íleo, porém, sem cólon.

No que somos diferentes?

O sistema digestório dos peixes é intimamente relacionado com a posição evolutiva das espécies com o hábito alimentar da espécie. Algumas espécies chegam a possuir estruturas acessórias, como o ceco pilórico e o divertículo cego, anexos ao intestino proximal, com função secretora e de absorção.

No que somos diferentes?

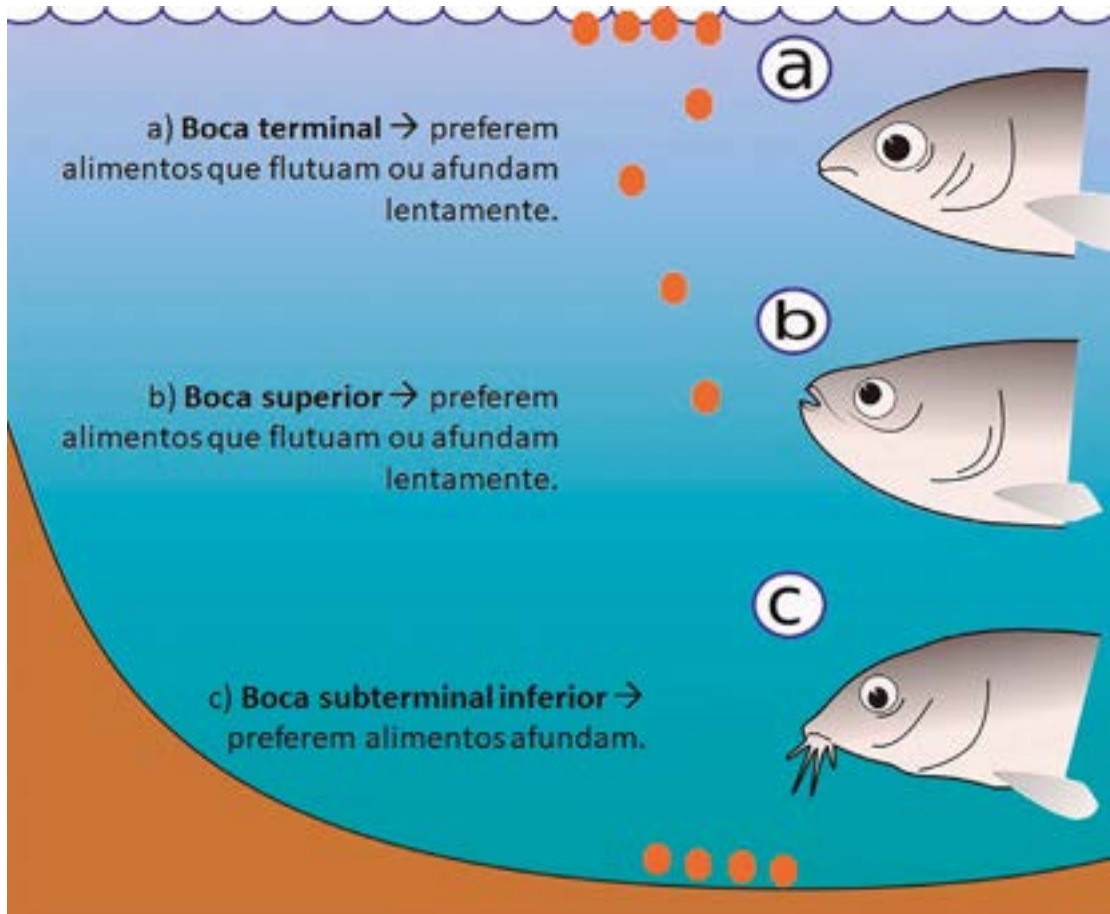
O intestino de alguns peixes preserva a capacidade de absorção por endocitose ao longo da vida, semelhante aos mamíferos recém-nascidos, que absorvem proteínas intactas devido a transferência de imunidade materna via imunoglobulinas.

Assim, é muito relevante perceber que as características do trato digestivo dos peixes determinam o potencial de assimilação dos nutrientes da dieta, sendo essa capacidade dependente das características específicas do trato gastrointestinal (TGI), do perfil enzimático e da capacidade de transporte transepitelial.

A boca tem como função a apreensão e seleção do alimento, sendo, na

maioria das espécies de posição terminal, com exceções de bocas em posição sub-terminal inferior (ventral) e superior (dorsal). O tipo e posição da boca da espécie de peixe deve ser considerado no tipo de ração ofertada, pois peixes de boca terminal e superior, preferem rações que flutuam ou afundam lentamente, quanto peixes de boca ventral, preferem rações que afundam rapidamente (Figura 3.5).

FIGURA 3.5 - Posição e tipo de boca das diferentes espécies de peixes e suas preferências alimentares



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Imagens de domínio público (Creative Commons).

O tamanho da boca está claramente associado ao hábito alimentar da espécie. Os peixes piscívoros possuem boca grande, os plantófagos, boca menor, mas ainda com boa abertura e, os iliófagos, possuem boca menor e protátil, que au-

xilia na procura de alimento no fundo dos viveiros.

Existem espécies de peixes que não possuem dentes. Nas que possuem, o tipo e o formato dos dentes também guardam relação com o hábito alimen-

tar. Os dentes incisivos são usados para apreensão de presas em peixes carnívoros enquanto os mandibulares, para trituração de alimentos com casca. Já os

dentes faríngeos, em forma de placas com dentículos, servem para triturar folhas e caules em peixes herbívoros como a carpa-capim.

No que somos diferentes?

As brânquias também possuem função digestiva em algumas espécies chamadas de filtradoras. Esses peixes possuem os rastros branquiais que funcionam filtrando o plâncton em espécies plantófagas como a tilápia.

O estômago dos peixes que o possuem, apresenta porções glandulares e mecânicas (moela). É dividido em regiões cardíaca, fúndica (glandular) e pilórica. O formato é variável de acordo com o hábito alimentar. O pH interno do estô-

mago oscila entre 2,4 a 4,2, e a secreção gástrica é praticamente idêntica à dos mamíferos, tanto na formação e secreção do ácido clorídrico (HCl) quanto no perfil enzimático.

No que somos diferentes?

O intestino dos peixes tem função idêntica à dos mamíferos, mas o comprimento é variável conforme o hábito alimentar da espécie, estando relacionado à digestibilidade do alimento. Em peixes piscívoros, que ingerem um alimento altamente digerível, o intestino é curto; já em espécies iliófagas, onde o alimento ingerido é grosseiro e de baixa digestibilidade, é longo.

Aplicação prática!

As adaptações do trato digestivo dos peixes determinam o potencial de assimilação dos nutrientes da dieta, sendo essa capacidade dependente das características específicas do trato gastrointestinal. Portanto, a base da formulação de rações para peixes é o hábito alimentar da espécie.

O fígado dos peixes tem estrutura similar ao dos mamíferos. A diferença é que dentro do parênquima hepático, temos o pâncreas difundido no tecido hepático sendo, por isso, classificado como pâncreas intra-hepático, que possui funções endócrinas e exócrinas similares ao encontrado nos mamíferos.

3.7 Sistema renal e excreção nitrogenada

Na maioria das espécies, os rins são pares, achatados e estão localizados próximos à coluna vertebral. Pode-se dividir o órgão em rim cranial, ou cefálico, formado por elementos hematopoiéticos, reticuloendoteliais e endócrinos; e rim caudal, ou posterior, com função urinária. A estrutura básica, é semelhante aos mamíferos com o fluxo sanguíneo similar, ou seja, artérias renais, leito capilar aferente, glomérulo e arteríolas eferentes que dão origem aos capilares peritubulares. Assim como nos mamíferos terrestres, a unidade funcional é o néfron, composto

pelo glomérulo, cápsula de Bowman, túbulo contorcido proximal, alça de Henle, túbulo contorcido distal, túbulo coletor cortical e ducto coletor.

Os produtos de excreção nitrogenada nos peixes são a amônia, excretada por difusão passiva ou por mecanismo ativo de troca por Na^+ (NH_4^+), nas brânquias; a ureia, oriunda do ciclo hepático da ureia, idêntico aos dos mamíferos, e de excreção branquial; a creatinina e creatina, ambas de excreção renal e o ácido úrico que é convertido em ureia.

O principal produto de excreção nitrogenada nos peixes é a amônia e, sua excreção é branquial. A excreção de amônia pelas brânquias pode ser na forma iônica, ou seja, troca de Na^+ por NH_4^+ ou H^+ , e Cl^- por HCO_3^- , sendo o Na^+ e o Cl^- transportados contra os gradientes de concentração; e não iônica ou passiva, onde o NH_3 e/ou NH_4^+ saem passivamente por difusão, aproveitando o alto gradiente de concentração. Esse tipo de excreção passiva não contribui para o equilíbrio ácido-básico.

Aplicação prática!

Os peixes perdem pouca energia no catabolismo proteico e excreção nitrogenada, devido a excreção branquial passiva da amônia, gerando baixo incremento calórico. Isso diminui suas necessidades energéticas em relação aos animais terrestres (3 a 5% nos peixes contra 30% ou mais em mamíferos).

A proporção de excreção iônica e não iônica da amônia é influenciada, principalmente, pela sua concentração ambiental. Em águas com baixa NH_3 a excreção passiva não iônica representa quase 100% em condições normais; já em águas com alta NH_3 , a excreção de

NH_4^+ em troca de Na^+ , predomina. Essa troca iônica é utilizada para a correção de distúrbios osmorregulatórios e, também, como resposta à uma acidose metabólica, pois remove os íons H^+ promovendo alcalinização.

Aplicação prática!

Devemos manter a água de cultivo com baixa amônia, permitindo a excreção passiva da mesma, evitando gasto desnecessário de energia. Para isso, é importante o uso de lotação adequada, manutenção de boa qualidade de água, manejo alimentar ajustado, entre outras boas práticas de manejo.

3.8 Osmorregulação

Na água doce, o meio é hiposmótico em relação ao peixe que possui fluidos corporais mais concentrados do que a água. Assim, a tendência seria de os peixes incharem pela entrada passiva por osmose de água e perda de íons por difusão. É para controlar essa situação, que temos o processo chamado de osmorregulação, que funciona por meio da eliminação de uma grande quantidade de água na forma de urina, da não ingestão de água e da captação ativa de sais pelas brânquias, processos que consomem energia. Já na água salgada, a situação é inversa, e é o peixe que é hiposmótico

em relação ao seu meio. Nesse caso, a água sai e os íons penetram, ambos por difusão. Para resolver essa situação, a osmorregulação dos peixes de água salgada, promove a ingestão de muita água e a produção de pouca urina, muito concentrada. Ainda, a realização de excreção ativa de íons pelos rins, brânquias e estômago.

FIGURA 3.6 - Osmorregulação em peixes de água salgada e doce



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Imagens de domínio público (Creative Commons).

3.9 Vesícula gasosa ou bexiga natatória

É uma estrutura saculada de diferentes formatos, preenchida com gás de composição semelhante ao do ar atmosférico, contendo CO_2 , O_2 e N. A função é o equilíbrio hidrostático que se dá pelo ajuste do peso específico do peixe para a sua manutenção na coluna d'água. Em algumas espécies, possui função acústica e/ou respiratória.

3.10 Sistema endócrino

Assim como nos animais terrestres, o sistema endócrino dos peixes coordena os processos fisiológicos, integrando-os com os fatores ambientais externos, através de mensageiros chamados hormônios. Os hormônios são liberados em resposta a várias situações ambientais como luz, temperatura e estresse; e promovem os ajustes internos necessários para lidar com essas alterações de ambiente externo e/ou interno.

O sistema endócrino se relaciona intimamente com o sistema nervoso, formando os eixos neuroendócrinos. Nesses eixos, um fator externo é codificado pelo hipotálamo que comunica a hipófise por meio dos hormônios liberadores. A hipófise, por sua vez, produz os hormônios chamados tróficos, que vão atuar em glândulas alvo. Essas glândulas produzem outros hormônios que promovem ações em diversas partes do organismo. Três exemplos são: o eixo hipotálamo-hipófise-gônada que controla a reprodução; o eixo hipotálamo-hipófise-tireoideo que controla o metabolismo; e o eixo hipotálamo-hipófise-interrenal que controla a resposta ao estresse.

3.11 Sistema reprodutor

Nos machos, o sistema reprodutor é constituído por um par de testículos, na sua maioria, em formato de fita. Alguns peixes, especialmente os bagres dos gêneros *Rhamdia spp* e *Pimelodus spp*, possuem formato digitiforme. Independente do formato, os testículos acompanham o teto da cavidade abdominal, podendo, em alguns peixes localizar-se ventralmente, especialmente na fase máxima de maturação. Nas fêmeas, os ovários pares, de formas e tipos variados, acompanham o teto da cavidade abdominal quando imaturos, vindo a se localizar ventralmente quando maduros, aumentando o tamanho ventral das fêmeas durante o período reprodutivo.

Importante

Quase todas as espécies de interesse comercial são ovulíparas, ou seja, as fêmeas liberam óvulos e os machos, espermatozoides para a fecundação externa. Algumas espécies não destinam qualquer cuidado aos ovos, até os ingerindo depois da desova; enquanto outros fazem intenso e complexo cuidado parental.

A diferenciação entre machos e fêmeas, chamada de dimorfismo sexual, ocorre em algumas espécies e em outras não. De uma maneira geral, dimorfismo sexual é toda diferença entre sexos de

uma espécie, que não seja as dos órgãos diretamente envolvidos no processo reprodutivo (gônadas e órgãos copulatórios).

Já, as características sexuais secundárias, são aquelas que aparecem apenas na época reprodutiva, desaparecendo logo após, permitindo a sexagem naquelas espécies que não apresentam dimorfismo. A maturidade sexual dos peixes está diretamente relacionada com fatores fisiológicos e o tamanho, algumas espécies atingem a maturidade reprodutiva após alcançar um grande tamanho, aumentando o custo para formação do plantel.

A reprodução dos peixes é cíclica e diversos fatores ambientais influenciam o início do ciclo. O fotoperíodo da época, a temperatura, a salinidade e a composição iônica da água influenciam diretamente nesse processo. O aumento dos níveis da água (estação chuvosa), a abundância de alimento, além da disponibilidade para construção de ninhos, também são fatores que modulam o início e a duração do ciclo reprodutivo.

O ciclo reprodutivo dos peixes se inicia por uma fase de repouso, onde as gônadas apresentam tamanho reduzido e células gametogênicas em fase inicial de desenvolvimento. Após o período de repouso, se inicia a fase de maturação com início do processo de gametogênese. Na sequência, temos a fase de maturação avançada, na qual as papilas genitais apresentam-se avermelhadas e o ventre, especialmente das fêmeas, abaulado. As gônadas masculinas e femininas atingem seu maior peso e volume, os machos podem liberar sêmen facilmente quando a parede celômica é pressionada. Por fim, temos a fase de esgotamento, período posterior à liberação dos gametas, onde as gônadas já estão reduzidas de volume. Nessa fase ocorre a reorganização das gônadas para a fase de repouso, dando início a um novo ciclo nas espécies anuais.

Você Sabia?

Algumas espécies de peixes desovam apenas uma vez por ano, e por isso são chamadas de síncronas anuais, mas fazem isso por vários anos (ex.: tambaqui e pacu). Outras espécies realizam várias desovas durante uma estação reprodutiva e são classificadas como assíncronas (ex.: jundiá e tilápia). Os peixes classificados síncronos, desovam apenas uma vez e depois morrem (ex.: salmão).

O tipo de desova e o padrão do desenvolvimento dos oócitos se diferenciam entre as espécies de peixes, bem como o comportamento reprodutivo, podendo variar desde uma simples liberação de gametas sem nenhum cuidado ou preparação, até sequências complexas, incluindo defesa de território, corte e construção de ninhos.

O eixo hipotálamo-hipófise-gônadas é o responsável pelo controle de todo o processo reprodutivo, e da devida “ligação” entre os estímulos externos e internos capazes de sincronizar o processo reprodutivo. Nos peixes teleosteos o hipotálamo, em resposta à estímulos internos e externos, libera hormônios liberadores de gonadotrofinas (GnRH) e dopamina, que atuam diretamente sobre a hipófise. O GnRH tem ação estimulatória sobre a hipófise, estimulando a síntese e secreção das gonadotrofinas, atualmente denominadas da mesma forma que em mamíferos, ou seja, hormônio folículo estimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH). Ambos atuam diretamente sobre as gônadas femininas e masculinas, envolvidos no processo de produção de gametas e a liberação de hormônios esteroides pelas gônadas. A dopamina, por sua vez, tem efeito inibitório direto e indireto sobre a liberação de gonadotrofinas.

Este eixo neuroendócrino possui um sistema autocontrole realizado através de retroalimentação positiva e negativa (estimulando ou inibindo o processo) feitas pelos esteroides sexuais e outros fatores gonadais sobre o hipotálamo, hipófise e gônadas.

O FSH está relacionado com a liberação de estradiol pelo ovário, com crescimento gonadal, com a gametogênese e a entrada de vitelogenina no ovócito. Já o LH, está envolvido na maturação final dos gametas e sua liberação.

A ovogênese, nome dado ao processo de formação do ovócito, ocorre quando as células germinativas primordiais se desenvolvem, passando por diferentes fases, dando origem ao ovócito pronto. Durante essa fase de desenvolvimento, os ovócitos incorporam grande quantidade de vitelo, que é uma glicolipofosproteína que servirá de alimento durante todo o período embrionário, sendo a única fonte de nutrientes para as fases iniciais do desenvolvimento. Mesmo após a eclosão, até que sejam capazes de capturar alimento exógeno, as larvas ainda utilizam o vitelo como alimento. A quantidade de vitelo é variável conforme a espécie, geralmente sendo mais abundante nas espécies que apresentam pouco ou nenhum cuidado parental. Essa fase,

chamada de vitelogênese, é caracterizada pelo aumento nos níveis plasmáticos de FSH que estimula a liberação de 17β -estradiol (E2). O E2 então, atua no fígado, estimulando a produção de vitelogenina que se acumula no citoplasma

do ovócito sob a forma de grânulos de vitelo. Ao final da vitelogênese, o ovócito atinge seu desenvolvimento máximo, estando apenas na dependência de fatores favoráveis para que ocorra a ovulação.

Importante

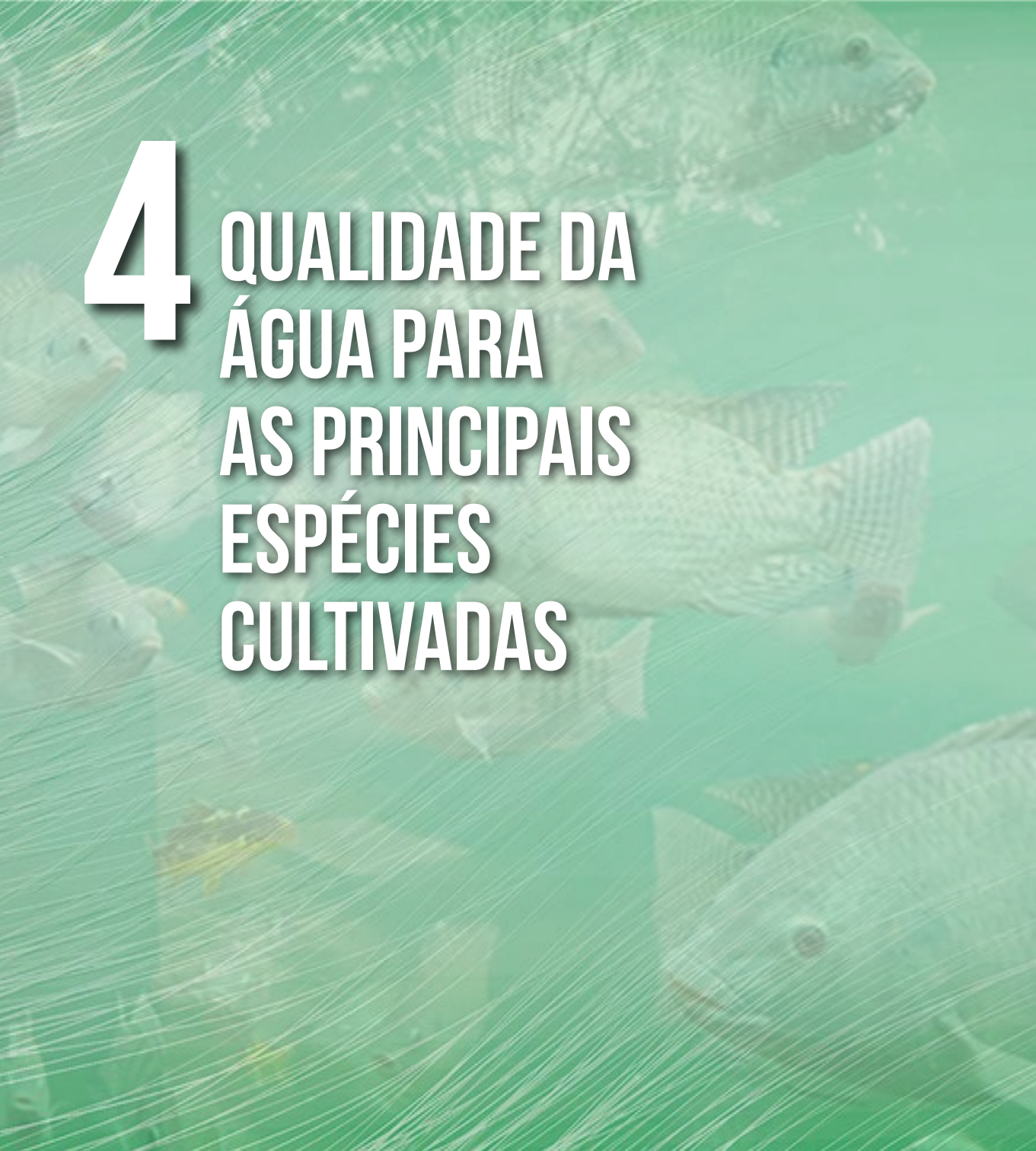
O processo de vitelogênese é altamente dispendioso em termos de energia, reforçando a necessidade de cuidado extremo com a nutrição dos reprodutores, especialmente as fêmeas.

Como já comentado, a capacidade reprodutiva dos peixes está relacionada à uma série de fatores ambientais simultâneos. Mas, em ambiente e condições

de cultivo, muitos desses estímulos deixam de existir e, a capacidade reprodutiva da espécie é afetada.

Você Sabia?

Os peixes migratórios não desovam em ambientes lânticos, pela ausência de características ambientais favoráveis como a migração e água corrente. Por isso, técnicas de manipulação artificiais para indução da desova, como a hipofiseção, começaram a ser utilizadas corriqueiramente na produção de alevinos para piscicultura, buscando simular fatores ambientais e utilizando técnicas farmacológicas.



4 QUALIDADE DA ÁGUA PARA AS PRINCIPAIS ESPÉCIES CULTIVADAS

4.1 Introdução

O conhecimento acerca da água e de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, é extremamente importante, devido ao íntimo contato entre os peixes e a água em que vivem. Assim, o adequado controle da qualidade da água é indispensável para a piscicultura. Os tanques utilizados para o cultivo de peixes

são considerados ambientes aquáticos intermediários entre lênticos e lóticos, tanto pela influência da constante renovação de água na dinâmica do ecossistema, quanto pelos fatores climáticos e fornecimento de ração. Para sucesso da piscicultura, é necessário que se tenha amplo controle dos principais parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade de água, além da interação existente entre eles.

Você Sabia?

Lótico é o sistema aquático que está presente nos rios, nos riachos e nos córregos. Ele se caracteriza pelo fluxo de água constante que se desloca da nascente à foz. Já o lêntico se refere a lagos, lagoas, reservatórios e pântanos, caracterizado por águas paradas e sem corrente.

4.2 Características físicas da água

Temperatura – os peixes são animais pecilotérmicos, ou seja, não mantêm sua própria temperatura corporal, e, diferentemente dos animais homeotérmicos, como as aves, ou suínos e os bovinos, que mantêm sua temperatura corporal, a temperatura do ambiente tem ação direta sobre o seu metabolismo. Isso

torna a temperatura, um parâmetro de extrema importância para o cultivo. Os peixes, por serem pecilotérmicos, apresentam uma vantagem em relação aos animais homeotérmicos, que acabam por consumir grande parte da energia ingerida para manutenção da temperatura corporal. Assim, os peixes utilizam essa fração de energia para outros fins como crescimento, justificando a melhor eficiência alimentar dos peixes quando comparados a mamíferos e aves.

Além de influenciar diretamente nas reações biológicas orgânicas dos peixes, a temperatura também influencia o plâncton, o que impacta diretamente no manejo alimentar dos peixes e no programa de adubação dos tanques. A influência da temperatura ambiente sobre o manejo alimentar se dá porque a temperatura afeta diretamente o metabolismo dos peixes. Em temperaturas mais elevadas, a atividade metabólica é maior, há estímulo ao consumo alimentar e consequentemente à melhoria da taxa de crescimento. Em contrapartida, temperaturas mais baixas levam a diminuição do consumo de alimento, chegando, em dias muito

frios, a ficar sem se alimentar, essa situação gera diminuição no ganho de peso.

A maioria das espécies tropicais cultivadas no Brasil prefere temperaturas entre 25 °C e 32 °C. Nessa faixa consomem mais alimentos e apresentam maior eficiência de crescimento. Por exemplo, em um estudo conduzido com tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), Santos et al. (2013) verificaram que as tilápias criadas em temperaturas médias elevadas, apresentaram melhor crescimento e melhor eficiência no aproveitamento dos alimentos, o que foi corroborado por Moura et al. (2007) (Figura 4.1).

FIGURA 4.1 - Dados de crescimento e conversão alimentar aparente em tilápias-do-Nilo criadas em diferentes temperaturas

Santos et al. (2013)	Temperatura média		
	22°C	28°C	30°C
Ganho em peso por dia	0,5 g/dia	5,04 g/dia	6,89 g/dia
Moura et al. (2007)	20°C	28°C	32°C
	Conversão alimentar	1,79 g/g ração	1,10 g/g ração

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Adaptada de Santos et al. (2013) e Moura et al. (2007).

Se os demais parâmetros de qualidade de água estiverem adequados, os peixes na sua faixa de conforto térmico, tendem a resistir melhor aos manejos e apresentar melhor resposta imunológica. Os peixes são sensíveis às mudanças bruscas de temperatura, especialmente nos manejos de transferência de tanques e estocagem, onde diferenças da ordem de 3 a 4 °C na temperatura já são suficientes para causar alto grau de estresse e até provocar a morte dos peixes. Os efeitos do choque térmico tendem a ser piores quando os peixes migram de água mais fria para mais quente, devido à súbita aceleração do metabolismo. Entretanto, se a mudança de temperatura for lenta e gradual, os peixes resistem bem. Isso reforça a necessidade de especial cuidado com a aclimação gradual dos peixes ao novo ambiente.

Sendo assim, conhecer as normais climatológicas e a dinâmica de temperatura da região, ter acesso à alguma estação meteorológica, ou mesmo possuir e usar um bom termômetro é de extrema importância para os piscicultores. Devido aos claros efeitos da temperatura sobre o metabolismo, o consumo e o aproveitamento dos alimentos, é cada dia mais comum o monitoramento em tempo real da temperatura, bem como das previsões climáticas. Com base nas informações meteorológicas, os produtores ajustam o programa de alimentação dos peixes e até a aeração artificial. Por exemplo, se existem indicativos de períodos mais frios, reduz-se a taxa de arraçoamento. Em caso de temperaturas em elevação, aumenta-se o arraçoamento e a aeração artificial.

Você Sabia?

Chama-se “normal climatológica” de um local, o valor médio correspondente a um número de anos suficiente para se poder admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado.

É importante sempre medir a temperatura diariamente, e tomar o cuidado de medir na superfície e do fundo dos viveiros, devido ao fenômeno chamado à estratificação térmica, comum em águas com pouca movimentação. Essa estratificação térmica ocasiona em uma coluna de água dividida em três estratos térmicos, a superfície, chamada de epilímnio, a camada intermediária, chamada de metalímnio, e o fundo, chamado de hipolímnio. O hipolímnio apresenta menores

temperaturas enquanto as maiores temperaturas são encontradas no epilímnio (Figura 4.2). Essa estratificação da temperatura também influencia na distribuição dos gases e sais do meio aquático, não sendo uma característica desejada, principalmente por influenciar na quantidade de oxigênio dissolvido. A aeração artificial impede a formação dessas camadas e, por isso, deve ser acionada nos momentos anteriores à alimentação em tanques de alta densidade de cultivo.

Recomendação técnica:

Meça a temperatura de seus tanques diariamente! Tome o cuidado de medir na superfície e no fundo dos viveiros, devido ao fenômeno chamado à estratificação térmica, comum em águas com pouca movimentação. A faixa de temperatura ideal é de 25 °C e 32 °C para a maioria das espécies tropicais cultivadas no Brasil, como por exemplo a tilápia-do-Nilo

Transparência e cor – no ambiente de cultivo, a cor da água é decorrente do material que estiver suspenso na água. Assim, a presença de algas, matéria orgânica em excesso e barro proveniente

de erosão alteram a cor da água (Figura 4.2). A água pura, com poucos sólidos em suspensão é incolor com reflexos azulados.

FIGURA 4.2 - Colorações da água de cultivo

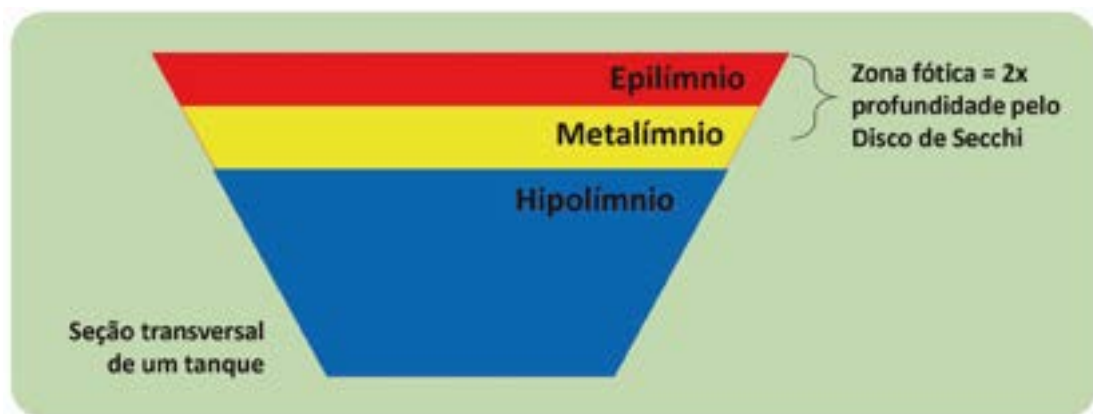


FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Na superfície, onde a luz penetra, temos a parte iluminada da coluna d'água, conhecida como zona eufótica. Já a zona afótica, corresponde à região desprovida de luz. Isso é importante, pois é a pre-

sença de luz no ambiente aquático que permite que os organismos autotróficos (conhecidos como produtores primários) realizem a fotossíntese (Figura 4.3).

FIGURA 4.3 - Representação esquemática de uma seção transversal de um tanque demonstrando a estratificação térmica e luminosa



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Para medir a transparência da água podemos usar o disco de Secchi, um disco de metal ou outro material, de 20-30 cm de diâmetro, com peso, e preso a uma corda graduada. A aferição da transparência deve ser realizada em dias com pouco vento e em local sombreado. Caso não tenha sombra, o operador deve projetar a sua própria sombra sobre o disco que deve ser mergulhado lentamente até desaparecer, fazendo a leitura da corda graduada. O valor encontrado representará a transparência da água.

Os valores medidos de transparência, são usados como indicadores para o controle da densidade planctônica, o que é especialmente importante se pensarmos que em altas densidades planctônicas podemos ter a ocorrência de proble-

mas de baixo nível de oxigênio dissolvido no período noturno, devido à respiração celular do fitoplâncton. Transparências da ordem de 40 a 70 cm são as mais recomendadas, enquanto valores superiores a 70 cm, indicam baixa produtividade de plâncton, o que pode resultar em proliferação de macrófitas aquáticas devido à alta incidência de luz. Já, a baixa transparência, ou seja, valores inferiores a 40 cm é aceitável apenas se resultar da presença de plâncton, ou seja, água verde. Importante ressaltar que na piscicultura intensiva, devido ao uso de grandes quantidades de ração em todas as fases do cultivo, não há necessidade de uso de adubação para diminuir a transparência, somente quando se deseja grandes quantidades de alimento natural.

Recomendação técnica:

Meça a transparência da água usando um disco de Secchi comentado acima. Faça isso em dias de pouco vento e em local sombreado. A faixa ideal de transparência é de 30 a 60 cm desde que acompanhada da cor verde. Valores superiores a 60 cm, indicam baixa produtividade de plâncton, já, valores baixos de transparência (inferiores a 30 cm) já podem representar um risco por excesso de plâncton.

4.3 Características químicas da água

Oxigênio dissolvido – o oxigênio dissolvido (O_2D) é fundamental na vida aquática, sendo sua maior fonte a fo-

tossíntese do fitoplâncton. A difusão do ar para a água também incorpora O_2D à água. Já, a principal perda de O_2D é a respiração do plâncton, dos peixes, dos bentos e mesmo a difusão da água para o ar.

Você Sabia?

Necton são os seres que vivem na coluna d'água, com movimentos próprios capazes de vencer a correnteza, como por exemplo, os próprios peixes. Plâncton são os seres em suspensão na água não capazes de vencer a correnteza, e podemos dividi-los em fito e zooplâncton. Já os bentos, são os seres que vivem no fundo associados ao sedimento do tanque. Ainda temos os neuston, que são os seres que utilizam a tensão superficial da água como apoio e, os pleuston, que vivem com parte do corpo para cima e parte para baixo da água, como por exemplo, as macrófitas aquáticas como o aguapé.

A respiração planctônica é a maior responsável pela variação na concentração do O_2D durante o dia. Durante o período de luz, o fitoplâncton realiza a fotossíntese e incorpora O_2 à água, chegando aos picos de O_2D nas horas de maior insolação. Já no período noturno, o processo se inverte e o fitoplâncton, assim como os outros organismos aquáticos, passa a consumir O_2 . Assim, os menores

valores de O_2D são verificados ao amanhecer, antes do nascer do sol. Esse fato justifica um controle sobre a biomassa planctônica, a fim de evitar que os níveis de O_2D cheguem a valores críticos. Por esse mesmo motivo, quando ocorrem muitos dias nublados em sequência, poderá ocorrer a morte e a decomposição do plâncton, resultando em queda de O_2D .

A temperatura, a pressão atmosférica e mesmo a salinidade, também afetam a solubilidade do oxigênio. O aumento da temperatura e da salinidade diminui a solubilidade do oxigênio na água. Já o aumento da pressão atmosférica, aumenta a solubilidade do O_2 . Assim, a solubilidade do O_2 é inversamente proporcional à temperatura e salinidade e, diretamente proporcional à pressão atmosférica.

A demanda bioquímica de oxigênio ou DBO, mostra a quantidade de O_2 necessária para a estabilização da matéria orgânica degradada pela ação de bactérias. Numa DBO alta, será preciso grandes taxas de O_2 para oxidar a

matéria orgânica e não restará oxigênio suficiente para a respiração dos peixes. Isso acarreta numa diminuição gradativa de espécies aeróbias e o crescimento de espécies anaeróbias, na decomposição anaeróbica da matéria orgânica e na conseqüente formação de gases fétidos. Já, a demanda química de oxigênio (DQO), indica a quantidade de O_2 necessário para mineralizar toda a matéria orgânica, por um forte antioxidante e uma alta DQO indica um alto potencial poluidor.

O consumo do oxigênio pelos peixes varia conforme diversos fatores como podemos ver na Figura 4.4.

FIGURA 4.4 - Fatores que influenciam o consumo de oxigênio pelos peixes



FONTE: elaborada por Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Fotos: Leonardo Cericato, Merck Sharp and Dohme.

Valores de O_2D superiores a 4,0 mg/L são ideais para a correta respiração dos peixes, onde apresentam adequado crescimento e integridade imunológica. O_2D na faixa de 1,5 e 4,0 mg/L podem causar estresse em exposições prolongadas, e os peixes crescem menos e ficam mais sensíveis às doenças. Já, os níveis abaixo de 1,5 mg/L podem ser

letais em exposições prolongadas, enquanto níveis abaixo de 0,3 mg/L são letais mesmo em curtas exposições. Quando o nível de O_2D atinge valores entre de 2,0 e 3,0 mg/L os peixes deixam de se alimentar e ganhar peso. Valores tão altos quanto 15 mg/L podem causar severos problemas com a doença das bolhas de gás.

Recomendação técnica:

É importante monitorar O_2D na coluna d'água devido à estratificação. Meça pelo menos duas vezes ao dia, bem cedo, as 7h e, ao final da tarde, as 18h. O ideal são valores de O_2D superiores a 4,0 mg/L. Na faixa de 1,5 e 4,0 mg/L já temos estresse em exposições prolongadas. Já, níveis abaixo de 1,5 mg/L, podem ser letais em exposições prolongadas, enquanto níveis abaixo de 0,3 mg/L, são letais mesmo em curtas exposições.

Um claro exemplo de que os níveis de O_2D afetam diretamente o crescimento, foi dado por Abdel-Tawwab e colaboradores (2015). Esses autores avaliaram o crescimento de tilápias-do-Nilo em três condições de O_2D , baixo (1,0-1,5 mg/L), médio (2,5-3,0 mg/L) e normal (6,0-6,5 mg/L). As tilápias criadas na faixa normal, cresceram quase o dobro das criadas na faixa de baixo O_2D . Os mesmos autores mostraram que os níveis adequados de O_2D também estimularam o sistema imunológico dos peixes.

Assim como temos a estratificação térmica, também percebemos variações de O_2D na coluna d'água. Nas camadas mais próximas à superfície, temos maior concentração de fitoplâncton devido à maior incidência de luz e, por isso, temos maior concentração de O_2D . Por isso é importante monitorar o O_2D na coluna d'água para promover a desestratificação, especialmente antes do aração. Importante que tenhamos, pelo menos, duas medidas diárias de O_2D – bem cedo as 7h e ao final da tarde

as 18h –. Entretanto, na aquicultura que adota as boas práticas e busca melhorar o grau de bem-estar dos peixes, as medições de O_2D são feitas em tempo real, com medidores computadorizados e que se “comunicam” com os sistemas de aeração artificial e de comando dos alimentadores automáticos.

Dióxido de carbono (CO_2) – altas concentrações de CO_2 são toleradas se, acompanhadas de altas concentrações de O_2D . O CO_2 interfere na captação do O_2 , assim, se o nível ambiental de O_2 estiver fora da faixa ideal, poderemos ter sérios problemas. Altas concentrações de CO_2 ocorrem frequentemente após a mortalidade do fitoplâncton em dias nebulosos, pois não há quem consuma o CO_2 .

Potencial hidrogeniônico (pH) – indica se a água é ácida (0 a 7,0) ou básica (7,0 a 14,0). A maioria das espécies de peixes cultivadas prefere a faixa de pH entre 6,5 e 9,0. Valores abaixo de 4,0 e, acima de 11,0 são altamente preju-

iciais aos peixes, podendo ocasionar a morte. É um parâmetro muito importante, uma vez que as reações e fenômenos químicos na água e nas células dos peixes são influenciados diretamente pelo pH. Por isso, valores fora da faixa ideal acabam prejudicando o funcionamento do organismo do peixe, podendo afetar o crescimento por prejudicar o aproveitamento dos alimentos. O pH também oscila durante 24 horas, acidificando durante a noite e alcalinizando durante o dia, à medida que o plâncton vai removendo o CO_2 da água em seu processo de fotossíntese. Esse ciclo diário de variação do pH da água, apresenta maior variação quanto menores forem os valores de alcalinidade. Assim, buscamos altas alcalinidades para promover uma menor variação de pH, o que é desejável por reduzir o grau de estresse nos peixes, conseqüentemente, se alimentam mais, tem melhor crescimento e imunocompetência.

Você Sabia?

Imunocompetência é a capacidade de apresentar uma resposta imunitária (produção de anticorpos, por exemplo), após exposição a antígeno.

Recomendação técnica:

A faixa ideal de pH fica entre 6,5 e 9,0. Abaixo de 4,0 e acima de 11,0 são altamente prejudiciais aos peixes, podendo ocasionar mortalidade. O pH oscila durante 24 horas, acidificando durante a noite e alcalinizando durante o dia. Importante medir duas vezes ao dia – ao amanhecer e no meio da tarde.

Alcalinidade – é a capacidade da água de receber prótons, o que é responsável pelo tamponamento da água, ou seja, por evitar variações bruscas de pH. A alcalinidade se dá pela presença de bases fortes não-ionizadas, indicando a riqueza de Ca e Mg, como carbonatos e bicarbonatos. A alcalinidade não deve ser confundida com pH.

Como vimos acima, a variação do pH tende num período de 24 horas, será maior quanto menor for a alcalinidade, pois, à medida que prótons forem sendo gerados, não haverá bases fortes para captá-los. Assim, valores adequados de alcalinidade propiciam boas reservas alcalinas e um eficiente tamponamento

da água, evitando mudanças bruscas de pH, que podem afetar diretamente a produção primária dos viveiros e, conseqüentemente, o desempenho de espécies filtradoras.

Para isso, a faixa aceitável deve ficar entre 60 e 150 mg/L CaCO_3 , sendo importante manter dentro dessa faixa pelo adequado tamponamento do pH da água, aumento da produtividade primária do fitoplâncton, pois eles também podem usar o bicarbonato na fotossíntese, especialmente em situação de baixo CO_2 na água. Outra vantagem da adequada alcalinidade é a diminuição de riscos de toxicidade por minerais.

Recomendação técnica:

Uma boa alcalinidade indica boas reservas alcalinas, evitando mudanças bruscas de pH, que afetam a produção primária dos viveiros. Por isso, valores entre 60 e 150 mg/L CaCO_3 são ideais. Meça, pelo menos uma vez por mês, preferencialmente ao amanhecer.

Dureza Total – é a concentração total de íons, metais divalentes como o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}). A dureza temporária, ou dureza de carbonatos, é

devida aos carbonatos e bicarbonatos de Ca e Mg, enquanto a dureza permanente é devida aos sulfatos, cloretos e nitratos de Ca e Mg. Então, se só existirem car-

bonatos, a dureza é igual a alcalinidade, e se só existirem cloretos, sulfatos e nitratos, a dureza é maior que a alcalinidade. Essa é a razão pela qual buscamos

valores próximos de alcalinidade e dureza, para o cultivo de peixes. Por isso, a faixa ideal também fica entre 60 e 150 mg/L CaCO_3 como para a alcalinidade.

Recomendação técnica:

A dureza da água deve ser praticamente igual à alcalinidade, ou seja, valores entre 60 e 150 mg/L CaCO_3 são ideais e indicam a inexistência dos indesejados sulfatos, cloretos e nitratos de Ca e Mg, conforme Figura 4.5. Meça, pelo menos uma vez por mês, preferencialmente ao amanhecer.

FIGURA 4.5 - Relação entre a alcalinidade e a dureza da água



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Nutrientes nitrogenados – o nitrogênio é um elemento muito importante para as funções de fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, formação de genes e crescimento, podendo ser encontrado no meio aquático em diferentes formas como o N_2 , a amônia, o N orgânico, o nitrito e o nitrato. O aporte de N na água ocorre de várias formas como a lixiviação de lavouras, decomposição de matéria orgânica e pela própria excreção dos animais. Outras possíveis fontes são os fertilizantes inorgânicos e orgânicos e as águas residuais ricas em nitrogênio orgânico particulado.

A amônia é o principal produto da excreção dos organismos aquáticos, resultado do catabolismo das proteínas. Trata-se de um gás extremamente solúvel em água, podendo então ser encontrada na forma não ionizada, NH_3 , e na forma ionizada, NH_4^+ . A NH_3 é a forma mais tóxica para o organismo. Tem natureza lipofílica, ou seja, apresenta afinidade pelas gorduras, sendo de fácil difusão pela membrana celular e nas brânquias. Já a forma ionizada (NH_4^+) é lipofóbica,

repelindo gorduras e, portanto, não penetrando em membranas celulares lipoprotéicas. A soma NH_3 e NH_4^+ é que dá origem a chamada de amônia total ou nitrogênio amoniacal. Concentrações de 0,02 a 0,1 mg/L de NH_3 já são capazes de causarem graves efeitos sub-letais nos peixes. Já os efeitos letais ocorrem em concentrações acima de 1,0 mg/L de NH_3 na água.

Como o equilíbrio entre as formas NH_3 e NH_4^+ está na dependência do pH e da temperatura, e devido ao fato de que a maioria dos métodos de análise fornecerem o resultado em amônia total, é necessário o uso de uma tabela conversora (Tabela 4.1). Para a correta determinação das concentrações de NH_3 e NH_4^+ , é fundamental o registro da temperatura e do pH na hora da coleta da água. A NH_3 aumenta até dez vezes a cada grau de pH que aumenta na água, ou seja, quando o meio está alcalino ocorre a predominância de NH_3 , quanto mais próximo do neutro ou ácido haverá predominância de NH_4^+ .

TABELA 4.1 - Percentual de amônia não ionizada (NH_3) em água doce (salinidade <0,5 PPT)

pH	Temperatura (°C)							
	4	8	12	16	20	24	28	32
6,0	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1
6,4	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
6,6	-	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
6,8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6
7,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9
7,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,4
7,4	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,3	1,7	2,3
7,6	0,5	0,6	0,9	1,2	1,7	2,1	2,7	3,5
7,8	0,7	1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	4,2	5,5
8,0	1,2	1,6	2,1	2,9	3,8	5,0	6,5	8,4
8,2	1,8	2,5	3,3	4,5	5,9	7,7	10,0	12,7
8,4	2,8	3,8	5,2	6,9	9,0	11,7	15,0	18,8
8,6	4,4	5,9	7,9	10,5	13,6	17,4	21,8	26,8
8,8	6,8	9,1	12,0	15,7	20,0	25,0	30,6	36,7
9,0	10,3	13,7	17,8	22,7	28,4	34,6	41,2	47,9
9,2	15,5	20,1	25,6	31,8	38,6	45,6	52,6	59,3
9,4	22,4	28,5	35,3	42,5	49,9	57,0	63,7	69,8

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

Recomendação técnica:

Ao medir a amônia total na água, meça também a temperatura e o pH. De posse desses valores, podemos calcular a amônia tóxica (NH_3) usando a Tabela 5.1. Lembre-se, que a tolerância à NH_3 nos peixes é baixíssima, sendo o ideal abaixo de 0,05 mg/L. Entre 0,05 e 0,5 mg/L já vemos toxicidade e, acima 0,5 mg/L já alcança a letalidade aos peixes. Meça pelo menos uma vez por semana e, até diariamente, em pisciculturas intensivas.

A faixa de tolerância à NH_3 nos peixes é baixíssima, sendo o ideal abaixo de 0,05 mg/L. Nesse valor de 0,05 mg/L já podemos ter efeitos respiratórios aumentando a susceptibilidade dos peixes aos patógenos. Valores entre 0,05 e 0,5 mg/L

são tóxicos, causando alterações patológicas em vários órgãos como o rim, o baço e as brânquias, com severo retardo no crescimento. Acima de 0,5 mg/L já alcança a letalidade aos peixes.

O nitrito (NO_2^-) provém de parte da amônia presente, que sofre ação de bactérias do gênero *Nitrosomonas spp.*, pelo processo chamado nitrificação, onde essas bactérias oxidam a amônia em nitrito e, posteriormente, em nitrato, tornando menos tóxicos à medida que se finaliza o processo.

O NO_2^- , por oxidação, transforma as moléculas de hemoglobina, responsáveis pelo transporte O_2 no sangue, em meta-hemoglobina, sem capacidade de transportar O_2 , causando a morte dos peixes por asfixia, mesmo em água com alta quantidade de O_2 . A meta-hemoglobina confere uma cor marrom característica ao sangue.

Em média, o nitrito é dez vezes menos tóxico que a amônia. A nitrificação realizada pelas *Nitrosomonas* é um processo aeróbico, não sendo efetivo na ausência do O_2 . As exposições contínuas a níveis subletais de nitrito, 0,3 a 0,5 mg/L, podem causar diminuição nas taxas de crescimento e na resistência às doenças. A taxa letal tem ampla variação, dependendo da espécie, podendo ser de 0,7 a 200 mg/L, e levar à morte de todo o plantel por asfixia.

O nitrato (NO_3^-) é praticamente atóxico para os peixes, porém, em sistemas de recirculação fechada, em altas con-

centrações, pode se tornar tóxico, apresentando efeitos sobre a osmorregulação e o transporte de oxigênio. O nitrato provém da segunda etapa do processo de nitrificação, agora realizados por bactérias do gênero *Nitrobacter spp.*, também em um processo aeróbico, efetivo apenas na presença de oxigênio, onde ocorre a transformação de nitrito em nitrato.

A origem dos compostos nitrogenados reduzidos a amônia, é a decomposição de matéria orgânica e da excreção dos organismos aquáticos. A nitrificação é o processo que transforma amônia a nitrito e nitrato por ação de bactérias que pertencem à família das *Nitrobacteriaceae*, no processo chamado de ciclo do nitrogênio.

Como vimos acima, participam desse processo, bactérias do gênero *Nitrosomonas*, responsáveis pela transformação de amônia em nitrito ($\text{NH}_3^+ + 1\frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$) e do gênero *Nitrobacter*, responsáveis pela transformação de nitrito em nitrato ($\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$). Essas bactérias são aeróbicas, necessitando de O_2 para que o processo de oxidação aconteça.

O nitrato pode sofrer dois processos, um chamado de desnitrificação, onde ocorre a redução do nitrato à nitrogênio

($10\{H\} + 2H^+ + 2NO_3^- \rightarrow N_2 + 6H_2O$), sendo um processo anaeróbico. O segundo processo é a amonificação, no qual o nitrato é reduzido à íons amônia ($8\{H\} + H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_4^+ + 2OH^- + 2H_2O$). Assim, pode se dizer que em ambientes anaeróbicos os processos de desnitrificação e amonificação são predominantes em ambientes aeróbicos, a nitrificação é que predomina.

Metano e Gás sulfídrico – o gás sulfídrico (H_2S) é indesejável pois, causa

redução da produção orgânica do meio. Altas concentrações de H_2S indicam poluição por excesso de matéria orgânica. O metano (CH_4) resulta de decomposição de matéria orgânica, gerando condições impróprias à vida no meio aquático se acumulado. Em resumo, o excesso de matéria orgânica em decomposição, provoca aumento nas concentrações de H_2S e de CH_4 , que são tóxicos aos peixes, causando anoxia e morte.

TABELA 4.2 - Parâmetro de qualidade de água, faixa ideal e periodicidade de avaliação

Parâmetro	Faixa ideal	Periodicidade
Temperatura	23°C – 33°C	Duas vezes ao dia, preferencialmente no amanhecer e no meio da tarde.
Transparência	30 a 70 cm	Diariamente. Valores entre 30 e 40 cm só são aceitos se resultarem da presença de plâncton (cor verde).
Oxigênio dissolvido	> 4,0 mg/l	Duas vezes ao dia, preferencialmente no amanhecer e no meio da tarde. Em pisciculturas intensivas, monitorar até cinco vezes por dia para evitar períodos críticos.
pH	6,5 e 9,0	Duas vezes ao dia, preferencialmente no amanhecer e no meio da tarde.
Alcalinidade	60 a 150 mg/L $CaCO_3$	Uma vez por semana, preferencialmente ao amanhecer.
Dureza	60 a 150 mg/L $CaCO_3$	Uma vez por semana, preferencialmente ao amanhecer.
Amônia tóxica (NH_3)	< 0,05 mg/L	Uma vez por semana ou até diariamente em pisciculturas intensivas.
Nitrato (NO_3)	< 0,3 mg/L	Uma vez por semana ou até diariamente em pisciculturas intensivas.
Nitrito (NO_2)	< 0,1 mg/L	Uma vez por semana ou até diariamente em pisciculturas intensivas.

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

4.4 Manejo da qualidade de água

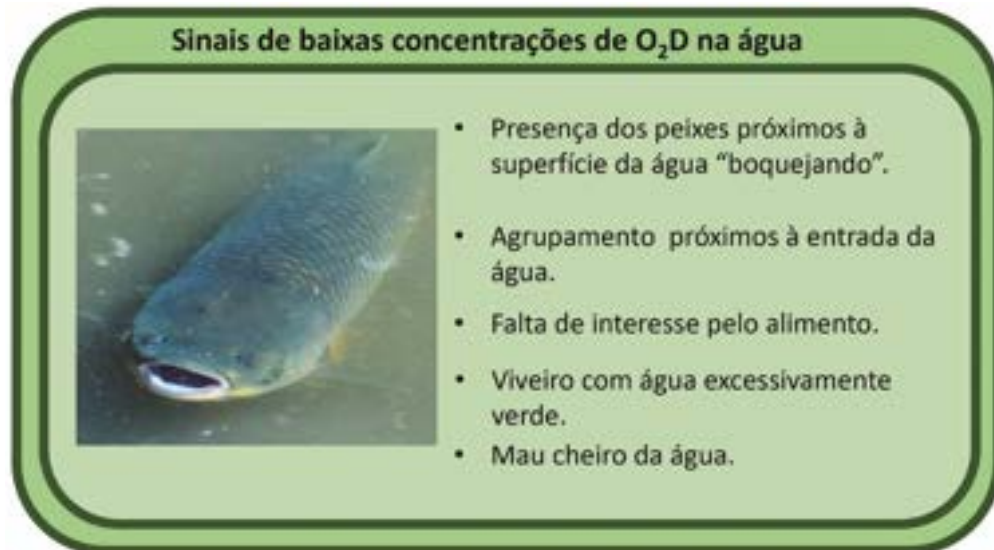
4.4.1 Aeração artificial

Em viveiros de piscicultura densamente povoados, e/ou com grande comunidade planctônica, pode ocorrer a depleção de O_2D durante a noite e ao amanhecer. Esse período de baixo O_2D se constitui num fator estressante para os peixes, com conseqüente perda de produtividade e outros efeitos deletérios do estresse. Uma forma de resolver esse problema poderia ser a massiva e constante renovação de água, o que na

realidade atual se mostra praticamente inexecutável tanto pela escassez hídrica, quanto para não perder a cadeia trófica mantendo a comunidade planctônica. Assim, a alternativa factível para o incremento de O_2D nos viveiros é a aeração artificial.

Os benefícios do uso da aeração artificial são claros e incluem conforto e bem-estar para os peixes e, segurança para o produtor na criação. Além disso, propicia aumento da produtividade com melhores índices zootécnicos como conversão alimentar e ganho de peso. Os sinais de baixas concentrações de O_2D estão apresentados na Figura 4.6.

FIGURA 4.6 - Sinais de baixas concentrações de o_2d na água



FONTE: elaborada por Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Fotos: Gessi Koakoski, Universidade de Passo Fundo.

A aeração artificial é um processo mecânico de incorporação de O_2 à água que, além disso, auxilia na dissipação de dióxido de carbono (CO_2) e de amônia (NH_3). Existem diferentes sistemas de aeração como sopradores (em laboratórios) e cascatas (em pequenos tanques com baixa densidade), mas os sistemas mais comumente empregados são os aeradores de pás, movidos a motor. Também de utilização frequente são os aeradores do tipo propulsor que injetam ar na coluna d'água.

De modo geral, na tilapicultura intensiva, preconiza-se o uso da relação de 4 HP de aeração mecânica por hectare de lâmina d'água. Esses valores podem variar de acordo com a intensificação da produção e com a taxa de arraçoamento. Em cultivos mais intensivos, onde o arraçoamento chega a 120 kg de ração por hectare por dia, aumentar para 5 HP de aeração mecânica por hectare de lâmina d'água. Em viveiros densamente povoados, que chegam facilmente às 50 toneladas de peixe por hectare, necessitamos de pelo menos, 8 HP de aeração mecânica.

FIGURA 4.7 - Tanque escavado com aeradores acionados



Recomendação técnica:

Para produção de tilápias em sistema intensivo use 4 HP de aeração mecânica por hectare de lâmina de água. Aumente para 5 HP/ha se o uso de ração ultrapassar 120 kg/ha/dia e, para 8 HP/ha se a biomassa chegar a 50 Ton/ha.

Especial cuidado com viveiros com baixa transparência e que apresentem valores de O_2D na ordem de 2,0 mg/L no amanhecer. Nesses casos, também usar aeração na taxa de 5 HP de aeração mecânica por hectare de lâmina d'água.

Como a energia elétrica para movimentar o sistema de aeração constituiu-se em um alto custo, não é comum deixar a aeração ligada durante as 24 horas. As estratégias de aeração incluem a aeração de emergência, a aeração suplementar e a aeração contínua. A ae-

ração emergencial é feita em períodos críticos, onde os níveis de O_2D cheguem a 2 e 3 mg/L. Com o monitoramento e a prática, o piscicultor saberá quais são os pontos críticos. Tanques submetidos a arraçoamento superior a 90 kg/ha/dia, necessitam de aeração de emergência diariamente. Já, a aeração suplementar, é feita normalmente no período noturno, desligando-se os aeradores após o amanhecer. Já aeração contínua não traz benefícios adicionais, e aumenta o custo de produção e a turbidez do viveiro.

Recomendação técnica:

A aeração não deve permanecer ligada durante as 24 horas. Em viveiros de tilapicultura intensiva, em dias ensolarados, os arredores ficam ligados das 16h de um dia até as 10h do dia posterior, cobrindo o período de baixa concentração de O_2D .

Até porque, como vimos anteriormente, durante o dia, na presença da luz, o fitoplâncton produz O_2 pela fotossíntese. Mas durante a noite o fitoplâncton passará de fornecedor para consumidor

de O_2 e, por isso, o recomendado é a utilização de aeradores no período da noite, evitando gastos desnecessários durante o dia. Em viveiros de tilapicultura intensiva, em dias ensolarados os arredores

ficam ligados das 16h de um dia até as 10h do dia posterior, cobrindo o período de baixa concentração de O_2D . Importante ressaltar que, quanto mais intensivo for o cultivo, haverá maior necessidade de monitoramento das concentrações de O_2D , recomendando-se até cinco mensurações por dia, em intervalos de 3 horas. Nesses cultivos intensivos, aerações mais pesadas com até 12 HP de aeração mecânica por hectare podem ser benéficas por reduzirem sensivelmente o tempo de cultivo. A decisão deve ser tomada baseando-se em cálculos de viabilidade econômica. Na aquicultura moderna, que adota as boas práticas e que busca me-

lhorar o grau de bem-estar dos peixes, o acionamento dos aeradores é automático, pois esses são conectados diretamente à medidores computadorizados que mensuram a concentração de O_2D em tempo real.

Outras recomendações importantes são referentes ao local de instalação dos aeradores. Preferencialmente instalar sempre longe das bordas dos viveiros, e em locais onde a profundidade seja superior a 1,0 m, para evitar a formação de correntes e suspensão dos sedimentos do fundo dos viveiros. Além disso, essa localização também evita o acúmulo de resíduos em apenas um local.

Recomendação técnica:

Posicione os aeradores longe das margens, em locais de profundidade maior de 1 m, e de forma que favoreçam o fluxo de água (circulação) no interior dos viveiros, evitando a formação das chamadas “zonas mortas”, bolsões de água de baixo O_2D , evitados pelos peixes.



FIGURA 4.8 - Tanque escavado com aerador do tipo pás, desligado

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

4.4.2 Troca da água dos tanques

A quantidade de água e a taxa de renovação de um tanque de piscicultura dependem do tipo de solo, especialmente devido à sua permeabilidade; das perdas por evaporação e, da espécie de peixe a ser cultivada. Como regra geral, deveríamos ter água suficiente para encher ou renovar todo o viveiro em, no máximo 15-20 dias, o que corresponde à cerca de 5-7% de renovação diária. Algumas regras devem ser observadas

na renovação da água: se for renovação radical, primeiro retirar a água do viveiro e então adicionar a água nova; drenar a água sempre pelo fundo e no lado oposto à captação; sempre fazer a água entrar caindo de uma certa altura (oxigenação); nunca renovar se a água do canal de abastecimento ou da fonte estiver com uma qualidade inferior à da água que já se encontra nos viveiros. Entretanto atualmente, seja pela escassez hídrica, quanto, ou para não perder a comunidade planctônica, a prática de renovação de água está cada vez mais em desuso.

Recomendação técnica:

Se for necessária uma renovação radical da água, primeiro retire a água do viveiro e então adicione a água nova. Drene a água sempre pelo fundo. Não renove a água sem verificar se a água do canal de abastecimento esteja com melhor qualidade.

4.4.3 Correção da transparência

Quando temos uma transparência baixa demais (abaixo de 30 cm), o manejo adequado é o de aumentar a troca de água para diluir o fitoplâncton. Já, se a transparência for alta demais (acima de 70 cm), o procedimento é a adubação dos tanques para estimular o crescimento do fitoplâncton. O ideal é o uso de adubação química com ureia na dose de 4,5 g/m² de lâmina d'água, e com superfosfato simples na dose de 1,4 g/m² de lâmina d'água.

4.4.4 Correção de pH e alcalinidade

Geralmente corrigimos valores baixos de pH com calcário na dose de 50 g/m² de lâmina d'água. Após duas semanas, proceder o teste de alcalinidade, e se esta for menor que 30 mg de CaCO₃/L, usar mais 50 a 100g/m² de lâmina d'água de calcário. Em caso de pH alto, se acompanhado de transparência muito baixa, suspender a alimentação e renovar a água do viveiro. Por outro lado, se acompanhado de alcalinidades abaixo de 20 mg/L, aplicar calcário agrícola na dose de 200 kg/1 mil m².

Recomendação técnica:

Para aumentar a alcalinidade também usamos calcário. Para alcalinidade entre 0 e 5 mg de CaCO₃/L, usar 4.000 kg/ha de calcário; entre 5 e 10 mg de CaCO₃/L, 3.000 kg/ha de calcário; entre 10 e 15 mg de CaCO₃/L usar 2.000 kg/ha de calcário; e entre 15 e 30 mg de CaCO₃/L, 1.000 kg/ha de calcário, são necessários.

Em relação ao tempo para correção dos valores de alcalinidade, a cal líquida não causa alteração imediata da alcalinidade, enquanto a cal hidratada a causa, mas com elevação do pH. Alteram de forma rápida a alcalinidade o bicarbonato de cálcio e o bicarbonato de sódio, enquanto o calcário e os gessos agrícolas não causam alteração imediata, mas são bastante recomendados nas dosagens vistas acima.

4.4.5 Correção de CO₂ elevado

Geralmente, o CO₂ pode se apresentar elevado se a água de abastecimento for oriunda de poço artesiano. Nesse caso, o procedimento de correção envolve represar a água em ambiente aberto para evaporação do CO₂, antes de entrar no tanque.

Relação com o bem-estar animal

O tópico “Qualidade de água para a piscicultura” tem forte e direta ligação com o bem-estar dos peixes em cultivo, se relacionando diretamente com a Liberdade Ambiental, que preconiza que os animais devem permanecer em condições livres de desconforto. Também se relaciona com a liberdade sanitária que preconiza que os animais devam ser livres de dor, lesões e doenças. A qualidade de água dentro dos parâmetros ideais para a espécie que esteja sendo cultivada, proporciona peixes menos susceptíveis ao estresse e, por consequência, menos propensos à quadros de imunossupressão e, em adequado grau de bem-estar. Por consequência, essa melhor saúde geral dos peixes, diminui drasticamente a necessidade de uso de medicamentos, indo ao encontro da concepção atual de redução de uso de medicamentos e de eventuais resistências, especialmente no tocante aos antimicrobianos.



5 INSTALAÇÕES PARA PISCICULTURA

5.1 Introdução

O tópico “Instalações para piscicultura” tem forte ligação com o bem-estar dos peixes em cultivo, se relacionando diretamente com a Liberdade Ambiental e com o domínio “Ambiente físico”, que preconizam que os animais devem permanecer em condições livres de desconforto. A adequada construção dos tanques propicia a manutenção da qualidade de água dentro dos parâmetros ideais para a espécie que esteja sendo cultivada. Peixes criados nessas condições de ambiência, são menos susceptíveis ao estresse e, por consequência, menos propensos a quadros de imunossupressão. Peixes em adequado grau de bem-estar e imunocompetentes tendem a adoecerem menos e, por consequência, a necessidade de uso de medicamentos diminui. Assim, um adequado planejamento e a construção adequada dos tanques tem ligação direta com a concepção atual de

redução de uso de medicamentos e de eventuais resistências, especialmente no tocante aos antimicrobianos. Num conceito mais amplo de saúde e bem-estar únicos, uma piscicultura bem construída, além de ajudar a reduzir a problemática da resistência aos antibacterianos, também contribui diretamente com as questões ambientais, por reduzir a quantidade e melhorar a qualidade dos efluentes gerados e lançados ao ambiente.

A construção das instalações para a piscicultura é uma etapa fundamental para o sucesso da atividade, e precisa ser feita após completo e criterioso planejamento. Pisciculturas bem construídas oferecem facilidades de manejo durante o cultivo, ganhos de produção de peixes saudáveis e alcançam todo o seu potencial de crescimento e ganhos ambientais, com a geração e o lançamento de efluentes em menor quantidade e melhor qualidade, com menor ou nenhum impacto poluidor.

Importante:

O presente manual traz algumas informações técnicas a respeito da construção de viveiros escavados e instalação de tanques-rede. Entretanto, por se tratar de um investimento considerável, e por ter diversas implicações na criação dos peixes (manutenção da qualidade da água por exemplo), recomenda-se fortemente a contratação de técnico ou empresa especializada para fazer o projeto e construir as instalações da piscicultura.



FIGURA 5.1 - Tanques escavados, corretamente construídos

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

FIGURA 5.2 - Tanques escavados de grande tamanho



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

5.2 Planejamento da piscicultura

Como primeiríssima etapa da construção e instalação de uma piscicultura está o planejamento. Este planejamento deve levar em conta várias questões como o local, a espécie, a legislação local pertinente e os canais de comercialização, especialmente se o empreendimento estiver fora da zona de cobertura de cooperativas integradoras.

As etapas e ações no planejamento e avaliação do potencial de implantação de uma piscicultura incluem:

- Prospecção dos canais de mercado, pensando na apresentação do produto que será produzido;
- apuração da demanda e dados de precificação;
- estudo preliminar de viabilidade econômica
 - orçamento
 - previsão de despesas:
 - construções
 - equipamentos
 - insumos
 - mão-de-obra
 - impostos
 - outros itens
 - possíveis receitas;
 - determinação da necessidade de

capital, tanto para o investimento quanto para o giro operacional da produção;

- prospecção de possíveis fontes de recursos financeiros disponíveis no momento.

De posse de todas essas informações é que se pode pensar nas estratégias de produção e construir um bom e completo plano de negócio.

A etapa subsequente, ou concomitante, deve ser a prospecção das áreas, levando em conta a fonte de água, sua disponibilidade e qualidade, a infraestrutura local e regional, a existência de eventuais programas de incentivos, a disponibilidade de mão-de-obra, além do fácil acesso à insumos e serviços necessários ao funcionamento do empreendimento.

5.3 A escolha do local

A escolha do local para a implantação da piscicultura deve levar em conta uma variedade de questões como:

- **Topografia:** preferir terrenos planos ou com declive suave de no máximo 2%. Isso permite um melhor aproveitamento da área, além de proporcionar menores custos de construção;

- **tipos de solo:** os solos argilosos e de baixa permeabilidade são os melhores por proporcionarem uma significativa diminuição da necessidade de água;
- **qualidade e disponibilidade da água;**
- **compatibilidade do clima:** ter em mente a espécie que será criada e suas exigências de clima e qualidade de água;
- **restrições ambientais:** cuidado com as eventuais restrições que devem ser observadas antes da implantação, referentes a desmatamentos, uso das águas e espécies proibidas;
- **infraestrutura básica:** presença de boa malha de estradas, energia, aeroportos, portos e outras facilidades;
- **disponibilidade de mão-de-obra, insumos, serviços e logística:** facilidade de recrutamento de mão-de-obra, conveniência na aquisição de insumos;
- **acesso ao mercado consumidor e logística:** proximidade e facilidade de acesso;
- **programas de incentivos fiscais e créditos.**

Importante saber que, para se construir um viveiro para a piscicultura, deve se levar em conta a facilidade do trabalho com a água e com os peixes. Em um bom viveiro, devemos ter a possibilida-

de de elevar ou baixar o nível da água e drená-lo completamente com facilidade. Quando seco, deve apresentar um fundo que se possa caminhar sem dificuldade. Uma boa construção é que fará essa diferença entre um viveiro de fácil manejo e um viveiro que dificulta o trabalho do piscicultor.

Quanto à **topografia**, deve-se preferir áreas quase planas, pois isso diminui sensivelmente o custo de construção. Além disso, as áreas planas permitem a construção de viveiros maiores. Assim, a inclinação do terreno não deve superar 2%, ou seja, uma diferença de nível de 2 metros a cada 100 metros de distância. Uma importante ação é a realização de um levantamento topográfico planialtimétrico com profissional competente. Com esse levantamento, tem-se um mapa da área, o que permite melhor projetar os tanques, visando maior aproveitamento do terreno e menor movimento de terra. A topografia influencia diretamente no volume financeiro necessário para a construção dos tanques, pois determina o volume de terra a ser movimentado, um dos principais itens dos investimentos em tanques escavados.

Além da topografia, a qualidade do **solo** é fator essencial para que se tenha baixa permeabilidade, reduzindo as per-

das por infiltração, além de taludes resistentes e duradouros. Por isso, o solo da região onde irá ser implantada a piscicultura, não deve ser arenoso, pedregoso e nem turfoso, uma vez que esses tipos de solos são mais permeáveis. O solo ideal para a construção de viveiros é o argiloso, com mais de 40% de argila. Essa ca-

racterística permitirá adequada compactação e boa impermeabilidade. O ideal é que o solo não seja ácido e contenha boas quantidades de cálcio, fósforo e nitrogênio, sendo, essas últimas características conseguidas artificialmente com o uso de calcário e adubos, após concluído o viveiro.

Recomendação técnica:

Entre em contato com um engenheiro agrônomo e peça que colete e envie amostras do solo de sua propriedade para um laboratório de análise de solos que lhe fornecerá informações muito mais fidedignas do que testes caseiros de solo.

A criteriosa avaliação das fontes de **água** é uma etapa essencial da implantação de uma piscicultura. Importante considerar as variações sazonais de vazão e em decorrência de períodos de estiagem. No período mais chuvoso, é interessante verificar as condições de turbidez. A presença de vida como peixes, crustáceos, plantas e outros organismos na água também é um indicativo de qualidade dessa água, mas também uma preocupação, exigindo a construção de um bom filtro na captação. O pH, a alcalinidade total e a dureza total, indicadores importantes da estabilidade química da água, evitando as indesejáveis variações de pH. É importante e relevante verificar

também a salinidade e as suas flutuações sazonais.

Devem ser avaliados os riscos de contaminação da água com produtos químicos e esgoto de origem agropecuária, urbana ou industrial, presentes na bacia de captação do manancial fonte; além do risco de contaminação com patógenos e outros organismos indesejáveis, provavelmente provenientes de outros cultivos que se utilizem da mesma fonte de água.

De modo geral, a água ideal para captação deverá ter O_2D acima de 5 mg/L, pH próximo ao neutro, preferencialmente dentro da faixa de 6,5 a 8,5, alcalinidade e dureza da ordem de 30 mg $CaCO_3/L$, amônia tóxica ausente muito baixa. A

água ainda deve ser limpa e não poluída, livre de materiais tóxicos (óleos, agrotóxicos, resíduos de indústrias, etc.), não sujeita a grandes turvações por enxurradas. O ideal seria ter origem na própria propriedade e ser captada e conduzida por gravidade.

A quantidade de água necessária está na dependência do tipo da piscicultura desenvolvida e mesmo da espécie a ser explorada. Se a piscicultura for intensiva e com altas densidades de estocagem e altas quantidades diárias fornecidas de ração, necessitará de grande renovação e um maior volume de água disponível. Via de regra, um cultivo intensivo precisa de 10 até 180 L/s/Ha, dependendo da biomassa estocada.

5.4 Tipos de viveiros

Os viveiros para piscicultura, podem ser classificados conforme a origem da água e também conforme sua finalidade. Quanto à origem da água que abastece um viveiro podemos ter aquelas com água proveniente de vertentes, ou de grandes mananciais, de rios ou mesmo da chuva. Cada tipo tem suas vantagens e desvantagens, por exemplo, captar água de rios tem como vantagem um fornecimento mais uniforme durante o ano, mas como desvantagem, problemas com contaminação, principalmente se o curso de água específico percorre outras propriedades.

Antigamente era uma prática até comum, construir os viveiros diretamente no leito do curso d'água, simplesmente levantando barragens. Apesar de ser uma construção de menor custo, essa prática foi abandonada tanto por questões ambientais, quanto pela dificuldade de manejo futuro da piscicultura, por não haver controle da entrada de água e pela excessiva formação de lodo, o que dificultava demais tanto a alimentação quanto a despesca.

Por esse motivo, praticamente todos os viveiros utilizados atualmente são os chamados de *viveiros de derivação*, abastecidos com cursos de água. Esses viveiros são construídos em locais drenados, com solo adequado e fora do leito do curso de água. Apesar do maior custo de construção, facilitam demais o trabalho da piscicultura, além de serem mais corretos ambientalmente.

Os viveiros ainda podem ser classificados de acordo com sua finalidade, crescimento, recria ou engorda de peixes. Não há regras para o tamanho dos tanques, mas quanto maior for o viveiro, menor seu custo de implantação. Por essa razão, recomenda-se viveiros não menores do que 5.000 m². Já a área máxima de um viveiro não tem limite, desde que seja totalmente possível o controle de alimentação e da qualidade da água. De fato, o tamanho dos viveiros é definido pela topografia do terreno e pela altura da barragem.

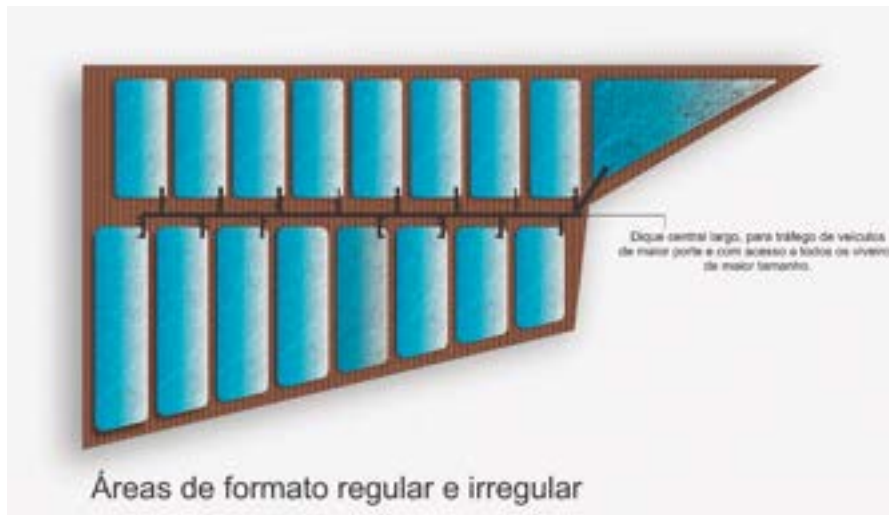
Se a finalidade do viveiro for a de produzir alevinos, os viveiros serão menores, medindo entre 100 e 10.000 m². Já, se a finalidade for a produção de juvenis, ou seja, recria, o piscicultor pode fazer o uso das *hapas*, ou seja, pequenas gaiolas de tela plástica, de malha fina, isolando uma parte de um viveiro maior e ali colocar os alevinos para recria até a fase de juvenis.

Seja qual for a finalidade, o importante é que um viveiro construído especificamente para aquicultura, deve possuir entrada e saída de água controladas, nível da água constante, e caixa de coleta/manejo, sendo revestidos ou não. A forma dos tanques deve ser determinada para o melhor aproveitamento da área,

reduzir o custo de construção e facilitar o manejo e a manutenção. O formato mais usado e considerado ideal é o retangular na proporção de 1:4 ou 1:5. Entretanto, nada impede de se bem construir e manejar, viveiros irregulares em alguma de suas dimensões, desde que o benefício de se ter essa maior área de lâmina d'água, supere as dificuldades de manejo, por exemplo, despesca, de tanques não regulares (Figura 5.3).

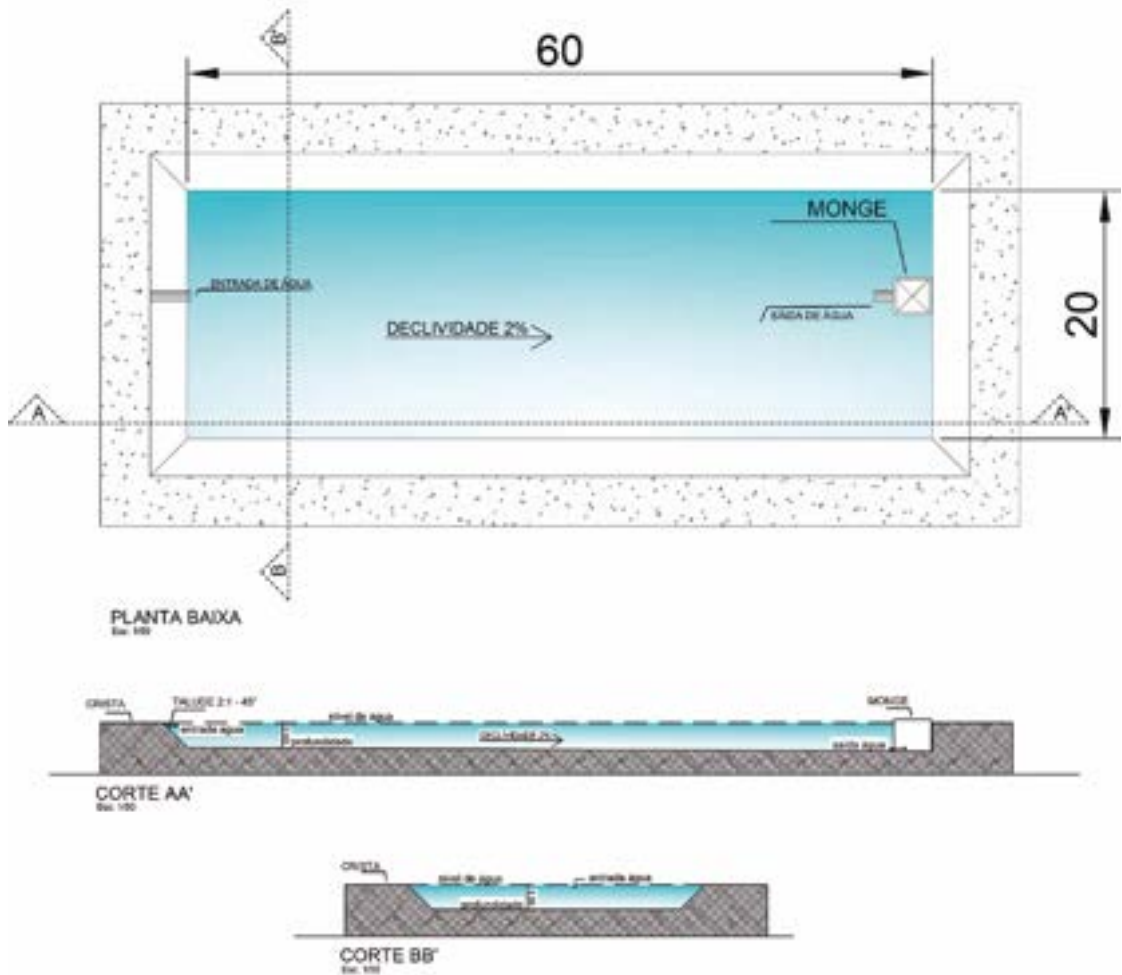
A profundidade dos viveiros deve ser de, pelo menos, 0,90 m na parte mais rasa, e 1,50 a 2,50 m nas áreas mais profundas. Profundidades acima de 3 m devem ser evitadas, pois a camada mais profunda é pobre em oxigênio.

FIGURA 5.3 - Esquema mostrando o aproveitamento de terreno em áreas de formato regular e irregular



FONTE: elaborada por Radamés Pelicoli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2). Adaptada de Ono et al. (2005).

FIGURA 5.4 - Planta baixa de um tanque escavado de formato regular



FONTE: elaborada por Radamés Peliclioli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2).



FIGURA 5.5 - Tanque escavado de formato regular retangular nas proporções 5:1

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

FIGURA 5.6 - Tanque escavado de formato irregular



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

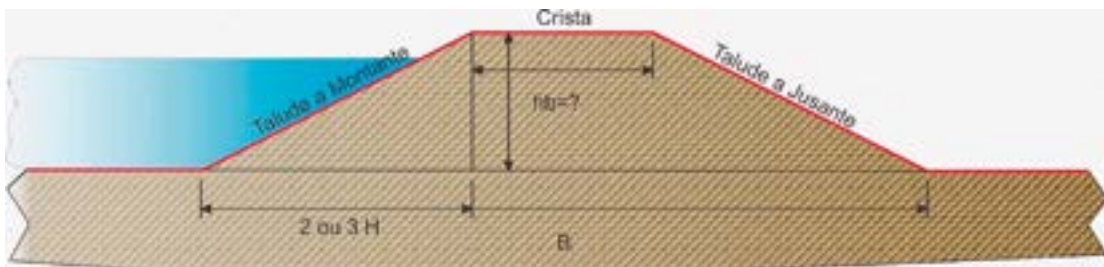
5.5 A construção

O tipo mais usual de viveiros para piscicultura usados atualmente, são os viveiros escavados que são construídos, retirando-se a terra de sua parte central, elevando-se os taludes. Os passos da construção de tanques envolvem a remoção da terra com o nivelamento do fundo, a construção e inclinação dos taludes, a compactação do fundo, a construção do abastecimento e drenagem e o enrocamento, ou seja, o empedramento da borda seca. Visando o melhor controle da qualidade da água, redução da formação de lodo e, com isso, uso da água por diversos cultivos, alguns tilapicultores têm feito o enrocamento de todo o tanque. É uma prática de altíssimo custo, mas que têm dado bons e compensatórios resul-

tados, ainda mais num cenário de crise hídrica.

Como normas construtivas gerais, devemos sempre assegurar que a declividade interna do talude seja em proporções de 3:1 (largura: altura), quanto a declividade externa seja de 2:1 (largura: altura). A parte superior dos taludes, também chamados de taipas, deve ter de 1 a 6 metros, permitindo o fluxo de implementos e veículos. A borda seca, parte seca do talude, deve ter no mínimo de 30 a 50 cm para viveiros até 5.000 m²; de 60 a 80 cm para viveiros até 2 Ha e de até 1 metro para viveiros maiores (identifique essas partes na Figura 5.7). Por fim, o fundo deve ser limpo e ter declividade do talude inicial ao final (2%) e com leve declividade do talude ao centro do tanque, facilitando sua drenagem total.

FIGURA 5.7 - Identificação dos taludes e da crista dos tanques e suas inclinações

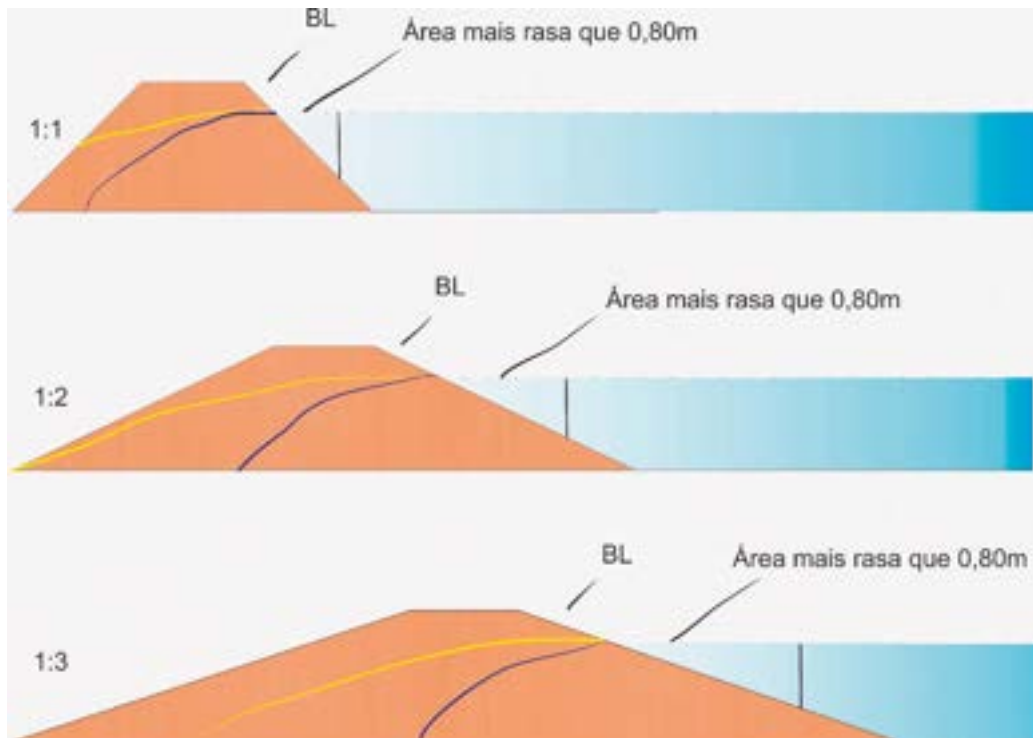


FONTE: elaborada por Radamés Peliclioli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2).

Quanto à construção dos taludes, estes deverão ter uma inclinação suave como proporções de 3:1 (largura: altura) internamente e de 2:1 (largura: altura) externamente. Essas inclinações necessárias variam de acordo com o tipo de solo. De fato, quanto mais plástico e argiloso for o solo, menor a inclinação dos taludes e muito menor a área e o custo de construção. (Figura 5.8). Em viveiros maiores, sempre prefira taludes internos com incli-

nação de 3:1, pois nesses viveiros grandes, temos maior formação de ondas devido ao vento, o que castiga os taludes. Esse efeito diminui com o enrocamento das bordas secas, comentado acima. Perceba nesse exemplo, o quão grandes podem ser as bases dos taludes. Em um talude de 2,5 m de altura, usando uma inclinação de 3:1 e que tenha uma largura no topo (estrada) de 4 m, a base terá: $(3 \times 2,5) + 4 + (3 \times 2,5) = 19$ metros!

FIGURA 5.8 - Cortes mostrando as inclinações do talude com as linhas de permeabilidade à água de acordo com o tipo de solo



FONTE: elaborada por Radamés Pelicoli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2). Adaptada de Ono et al. (2005).



FIGURA 5.9 - Processo de construção de tanques escavados no Município de Maripá, PR. Esquerda: escavação concluída; direita: empedramento da crista e dos taludes

FONTE: Altevir Signor, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Visando a longa durabilidade dos taludes, o plantio de árvores próximas aos tanques deve ser evitado. Da mesma forma, impedir a circulação de bovinos e suínos próximos aos taludes. Para aproveitar o crescimento do pasto na crista e bordas secas dos taludes, pode-se optar pelo pastoreio com ovinos, ou caprinos, que não destroem as taipas.

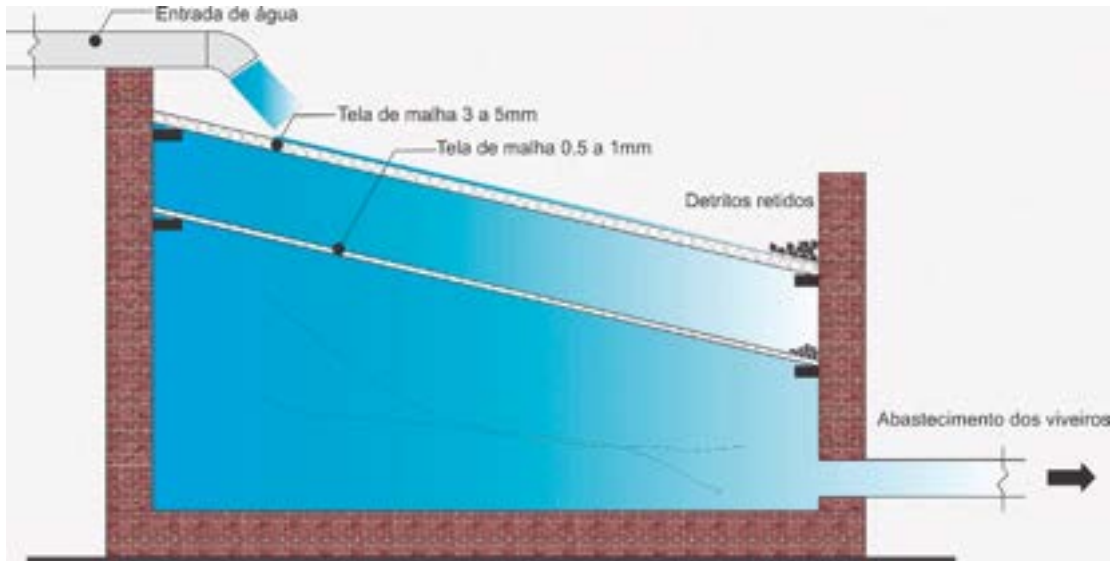
O fundo dos viveiros deve ser firme e impermeável, não juntando grandes quantidades de material orgânico e lodo, o que dificultaria muito o controle da alimentação e a despesca. Caso o local propicie um fundo com excesso de lodo ou com solo solto e não impermeável, de-

vemos aterrar com uma camada de terra argilosa de boa qualidade. Essa camada deve ser bem compactada de forma que permita que se caminhe no fundo do viveiro sem dificuldade. O fundo dos viveiros deve ser limpo, sem tocos, pedras e outros materiais que dificultem o arraste de uma rede. Isso é garantido com o procedimento de nivelamento do fundo. O abastecimento de água pode ser feito por gravidade ou por bombeamento e, algumas vezes, combinando ambas as formas. O abastecimento por gravidade é melhor por reduzir os custos operacionais do bombeamento, seja energia elétrica ou combustível. Caso a captação

necessite ser por bombeamento, recomenda-se que a propriedade tenha um gerador próprio, reduzindo os riscos de falhas por falta de energia. Uma bomba extra também é um item interessante, para evitar interrupção da captação em caso de pane.

Importante que, antes de ser destinada aos tanques, a água captada passe por um sistema de filtro construído com diferentes tamanhos de britas ou telas. O importante é que seja capaz de captar sujidades maiores sem entupir facilmente, perdendo a função (Figura 5.10).

FIGURA 5.10 - Corte lateral de um sistema de filtro de telas para a tomada de água para os tanques

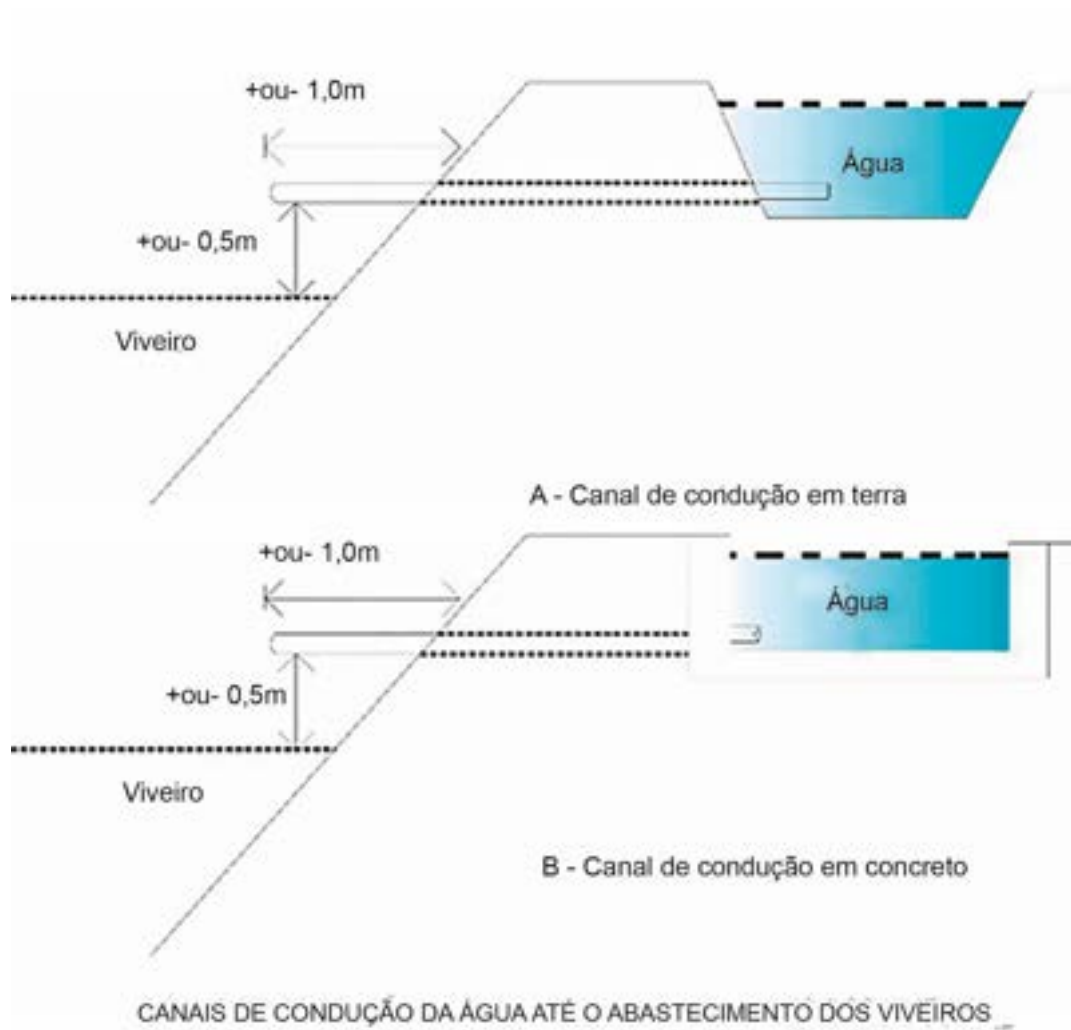


FONTE: elaborada por Radamés Pelicoli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2).

O canal de abastecimento de água pode ser construído de concreto, alvenaria ou PVC, para o caso de a água ser limitante, ou ser apenas escavado na terra, o que é mais comum e muito mais barato. Assim, o tipo de canal depende da disponibilidade de água. A declividade do

canal deve oscilar entre 0,05 e 0,2% para evitar velocidade excessiva da água. Se a topografia exigir, construir degraus. De qualquer forma, a velocidade máxima da água no canal não deve ultrapassar 1 m/s para canais de terra e 2 m/s para canais revestidos (Figura 5.11).

FIGURA 5.11 - Corte dos canais de abastecimento de terra (A) e de concreto (B)



FONTE: elaborada por Radamés Pelicoli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2).

Atualmente, a antiga recomendação de que a tomada de água seja feita na parte mais rasa do tanque foi abandonada. Hoje, recomenda-se a tomada d'água também na parte funda. Essa recomendação se justifica na maior facilidade de renovar a água no momento em que se concentra os peixes na caixa de coleta, por ocasião da despesca. Isso permite a manutenção de níveis adequados de qualidade de água, reduzindo estresse e evitando prejuízos maiores ao bem-estar dos peixes. A tomada d'água deve avançar para dentro do tanque, evitando assim, a erosão da borda seca. Deve ainda estar acima do nível da água, caindo de uma certa altura e ser o mais espalhadas possível para ajudar na aeração da água de abastecimento. Pode ser construída de canos, canais, canaletas, sifão, ou outra forma criativa, a critério do piscicultor. É essencial que seja independente. De fato, nunca se deve construir tanques em sequência, o que causa queda de qualidade nos últimos tanques e disseminação de patologias.

A drenagem dos viveiros deve possibilitar o rápido esvaziamento do tanque; impedir a passagem dos peixes; e ser de fácil manuseio e baixo custo. Os tipos de sistemas de drenagem são os canos, os monges e o sifão. Não obstante o tipo,

um sistema de drenagem deve retirar a água, de pior qualidade, do fundo do viveiro.

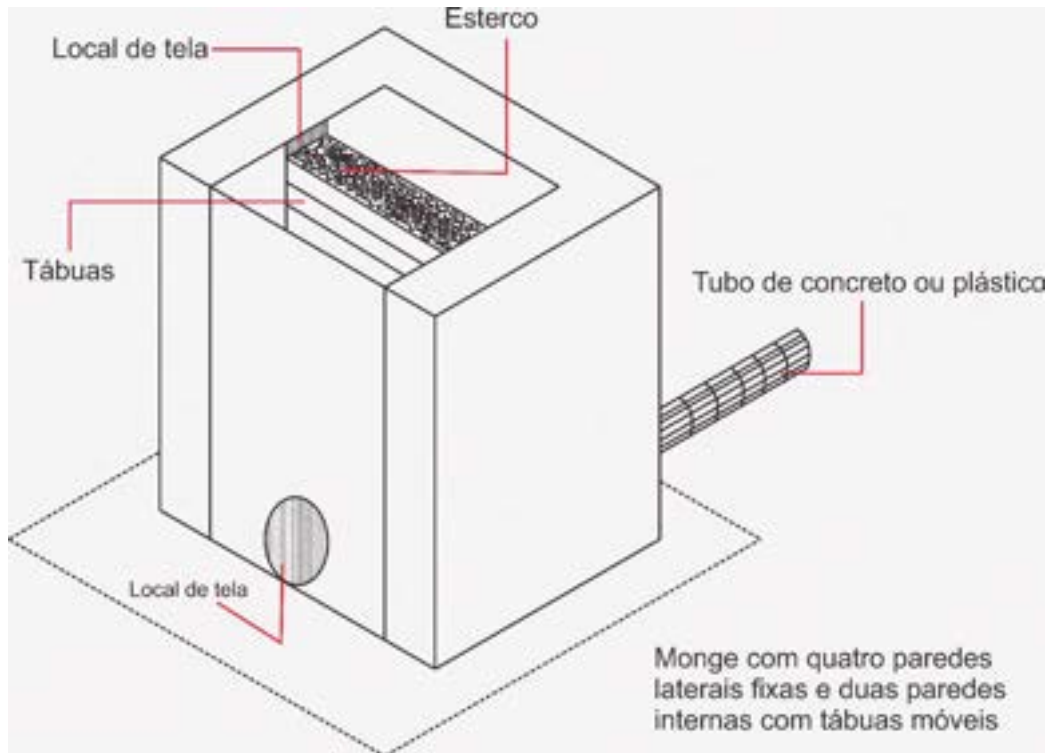
Os sistemas de drenagem construídos com canos de PVC são de baixo custo e costumam ser práticos em seu uso. Entretanto, apresentam o inconveniente de poderem sofrer amassamento na parte que passam sob o talude, pela pressão da terra e peso dos veículos. Para evitar esse transtorno, pode-se colocar o cano em uma vala e ir aplicando concreto ao seu redor. Os canos de drenagem de viveiros devem ser de bom diâmetro, por exemplo, viveiros de 0,5 a 1,0 Ha requerem cano de 30 cm de diâmetro ou maior. Já, em viveiros maiores, precisa-se de canos de 50 a 60 cm de diâmetro e, nesses casos, a canalização deve ser feita com o uso de canos de concreto assentados em cima de terreno firme, devendo ter suas emendas envolvidas com lona plástica para evitar a entrada de água nas mesmas.

Seja qual for o sistema de drenagem, a forma como se controla a retirada de água do viveiro é muito importante. O melhor sistema é o "monge", embora seja o mais caro. Devido ao custo, deve ser usado em tanques médios e grandes (acima de 0,5 ha). Consiste em uma armação de concreto (melhor opção em

monges de 2,0 ou mais metros de altura, ou alvenaria em forma de “U” com duas ou três ranhuras por onde correm tábuas. A primeira tábua deve ser mais alta que as duas (ou uma) que darão o nível do viveiro para permitir a retirada da água do fundo (Figura 5.12). Nesse caso, na face aberta, voltada para o interior do viveiro, deve-se instalar uma tela para impedir a saída dos peixes. Já, nos modelos fechados, faz-se uma abertura voltada para

dentro do viveiro, também dotada de tela. No interior do monge, através destas tábuas que correm nas ranhuras, é que se regula o nível da água. Entre as tábuas é comum o preenchimento com esterco curtido. Outros modelos mais sofisticados, com comportas acionadas manual ou automaticamente, podem ser construídos, mas o princípio de funcionamento é o mesmo. A saída da água deve ser feita com cano de 250-300 mm.

FIGURA 5.12 - Monge de quatro paredes



FONTE: elaborada por Radamés Peliclioli (Arquiteto e Urbanista, CAU/RS A58204-2).

Independentemente do tipo de monge, sua construção deve ser feita sobre uma base sólida e firme. É importante deixar espaço suficiente para uma pessoa entrar no monge para executar manutenções, ou mesmo sua abertura. A desvantagem do sistema de monges é que, para manejar, é preciso entrar na água ou construir um trapiche entre o topo do talude e o monge, o que eleva ainda mais o custo de construção.

Outro sistema de controle do nível da água, mais adequado para viveiros menores, é o sistema de canos de PVC, do mesmo diâmetro, utilizado para a drenagem da água do viveiro. Como a água deve ser retirada do fundo, duas opções podem ser utilizadas. Na primeira, o controle da saída da água é feito dentro do viveiro, utilizando curvas ou joelhos e canos da altura do nível da água. Não esquecer de fazer furos para a entrada do ar, evitando a formação de sifão. Uma alternativa é substituir as curvas por um T, deixando a ponta livre para entrada de ar. A ponta do cano deve ficar a 30 cm do fundo do viveiro e ser protegida com tela para evitar a saída de peixes. O controle do nível da água é realizado inclinando o cano, ou retirando e acrescentando pedaços do cano. O outro sistema é o de articulação externa ao viveiro, onde o

controle do nível da água é feito pela inclinação do cano. Como inconvenientes desse sistema, temos o risco de a parte externa do cano ser deslocada pela pressão da água, quando o viveiro está cheio, a proteção contra a saída de peixes é difícil e, frequentemente o cano enche de lodo por estar próximo ao fundo ao viveiro.

Uma estrutura que tem especial importância nos tanques de alta densidade, como os empregados na produção de tilápias-do-Nilo no oeste paranaense, é a chamada **caixa de coleta ou de manejo**. A caixa de coleta deve ser construída junto a saída de água, servindo como refúgio para os peixes quando do esvaziamento do tanque. Uma boa caixa de coleta deve abranger de 2% a 10% da área do tanque, dependendo do tamanho e da quantidade de peixe que se pretende estocar. Deve possuir de 30 a 50 cm de profundidade e ter uma inclinação de 1 a 2% em direção à saída da drenagem. A caixa de coleta não deve ser mais baixa (ou mais funda) que a saída da drenagem. Quanto à construção, pode ser de alvenaria, concreto ou uma simples depressão de maior declividade na extremidade do tanque. A maior vantagem é a facilitação e melhoria do processo de despesca, reduzindo significativamente o

estresse dos peixes quando concentrados na área de despesca, com redes e grandes puçás. Uma boa caixa de coleta aliado à construção da tomada d'água na parte funda do viveiro, justamente na área destinada à essa caixa, permite renovar a água nesse momento de concentração dos peixes na caixa de coleta, por ocasião da despesca e a manutenção de níveis adequados de qualidade de água, reduzindo o estresse e evitando prejuízos maiores, tanto ao bem-estar dos peixes quanto aos impactos do estresse sobre a qualidade da carne. Evita também que ocorram mortalidades indesejáveis, lembrando que os frigoríficos querem receber peixes vivos e saudáveis, para então, proceder ao abate dentro das devidas normativas e cuidados.

Alguns itens de segurança são indispensáveis em uma piscicultura, em especial a proteção contra enxurradas, especialmente se existirem áreas com lavouras acima da área dos viveiros. As enxurradas podem trazer terra que se depositam nos viveiros e sujam a água, além de carrear agrotóxicos para dentro do viveiro, podendo causar a morte dos peixes. Ainda podem comprometer a segurança do viveiro por excesso de água que supere as capacidades calculadas de drenagem, por exemplo. Por isso, é conveniente a construção de curvas de nível ao redor da piscicultura, com o objetivo de desviar as águas das enxurradas.

Em caso de grandes viveiros, é recomendável a construção de uma saída de segurança da água em excesso, também chamada de vertedouro ou ladrão, que deve ser projetado por técnico capacitado. A saída da água no ladrão deve ser protegida por tela ou grade, para evitar a saída dos peixes para os cursos d'água, ainda mais se considerarmos que a maioria das espécies exploradas são exóticas, e seu escape pode alterar a diversidade dos rios e riachos. Mesmo que não se trate de espécie exótica, a introdução de peixes externos à bacia onde a piscicultura se encontra, pode trazer impactos ecológicos, alterando a reprodução, o crescimento e o comportamento das espécies locais.

5.6 Gaiolas flutuantes / tanques-rede

A criação em gaiolas ou tanques-rede, corresponde à cerca de 40% da produção nacional de tilápias na atualidade. Dessas, cerca de 80 a 85% são de gaiolas de pequenos volumes (de 8 a 70 m³) e 15 a 20% de tanques-rede de grande volume (de 1200 a 2000 m³). Esses tanques estão localizados em águas particulares (barragens de propriedades) ou em águas públicas (parques aquícolas).

Além de todas as questões gerais de escolha do local comentadas nesse

capítulo, especificamente para tanques-rede, o ideal é que se selecionem locais distantes de culturas agrícolas, indústrias e centros urbanos, que podem ser fontes de contaminação da água. Deve-se buscar locais protegidos de fortes correntes

de água ou ventos (as ondas formadas podem danificar os tanques), e que tenham as margens preservadas. Importante evitar locais com intensa navegação ou uso recreativo.

Importante:

É fundamental realizar o processo de regularização do empreendimento. Para áreas privadas (açudes, barragens e lagoas), o processo é semelhante ao da piscicultura em tanques escavados nas propriedades rurais. Já, para os empreendimentos em águas da União, o processo deve ser feito após consulta ao MAPA que dará as orientações para efetivar a legalização.

Ainda referente ao local de instalação dos tanques-rede, recomenda-se que a profundidade tenha, no mínimo, o dobro da altura do tanque-rede, assegurando boa distância entre a gaiola e o fundo do reservatório. Da mesma forma, a área deve ter boa circulação de água, sem áreas de estagnação, evitar locais com correnteza em excesso, para não forçar os peixes a gastarem mais energia do que o necessário.

Na escolha do tipo de tanque, atentar para o fato de que, a maior diferença entre os tanques de pequeno volume e os de grandes volumes é a renovação de água. Tanques menores (Figura 5.13), apresentam maior taxa de renovação de

água, o que permite o uso de densidades mais elevadas (80 a 180 kg/m³). Já, os tanques-rede de grande volume (Figura 5.14), geralmente suportam densidades variando entre 20 e 80 kg/m³. A escolha também depende da quantidade de peixe por venda e da frequência das vendas, da perspectiva de produção total da piscicultura, do grau de mecanização adotado, das características do local disponível, e da disponibilidade de recursos.

Existe uma enorme gama de tanques-rede disponíveis para compra. Além deles, atente para as demais estruturas e equipamentos de apoio, como barco ou balsa de manejo, boias de sinalização, iluminação, estruturas de despesca, entre outras.



FIGURA 5.13 - Tanques-rede de pequeno volume em reservatório do Paraná

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

FIGURA 5.14 - Tanques-rede de grande volume em reservatório



FONTE: Leonardo Cericato, Merck Sharp and Dohme.



FIGURA 5.15 - Estruturas de apoio como a de despesca, também fazem parte da estrutura de fazendas de criação em tanques-rede

FONTE: Altevir Signor, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

5.7 Os efluentes da piscicultura e seu tratamento

Finalmente, um ponto importantíssimo a ser considerado, são os **efluentes** da piscicultura e as **estruturas necessárias para seu tratamento**. Essas estruturas devem ser consideradas e

incluídas no projeto, mesmo que não haja legislação específica exigida, especialmente em um cenário de aumento da produtividade por meio da intensificação da cultura.

Isso implica na necessidade da aplicação de boas práticas de manejo durante o cultivo, para reduzir os níveis de

nutrientes liberados no meio ambiente, especialmente durante a despesca. De fato, o lançamento de efluentes com alta capacidade poluente é uma das mais significativas ameaças ao crescimento da piscicultura intensiva.

As características dos efluentes gerados em uma piscicultura, depende da qualidade da água de abastecimento; da qualidade e quantidade da ração fornecida aos peixes; do tempo de residência do efluente durante o período de criação; das espécies criadas e da densidade de estocagem e biomassa total dos viveiros.

De acordo com Coldebella et al. (2020), a principal fonte de nutrientes na piscicultura intensiva em tanques escavados é a ração oferecida aos peixes, sendo responsável por aproximadamente 93% do Nitrogênio e 96% do fósforo totais. Esse excesso de nutrientes eutrofiza a água e, conseqüentemente, reduz a sua qualidade, o que pode estressar os peixes, aumentando o risco de doenças e até de mortalidade. Os autores ainda apontam para o fato de que a análise das rações ofertadas, indica que o teor de fósforo está acima da quantidade exigida pela tilápia-do-Nilo. O manejo alimentar também pode ser aprimorado para melhorar as taxas de conversão alimentar, que influenciam diretamente a quantidade

de e a qualidade dos efluentes produzidos.

De acordo com Coldebella et al. (2018), independentemente do tamanho dos tanques e da piscicultura, medidas de gestão associadas aos sedimentos são necessárias para mitigar os impactos negativos do efluente lançado. Os autores relatam que, de fato, os principais impactos dos efluentes no ambiente são o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água; o acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos; e o aumento dos sólidos em suspensão.

O uso de bacia de decantação é uma prática eficaz para reduzir a concentração desses sólidos. O tanque de decantação é recomendável para melhorar a qualidade do efluente antes de devolvê-lo ao meio ambiente. Tem a finalidade de reciclar os nutrientes em excesso e, também, decantar os sólidos em suspensão. Estima-se uma área correspondente a 20% da soma da área total alagada dos viveiros de cultivo. Outros sistemas de tratamento de efluentes incluem os sistemas compostos por biofiltros; Wetlands; e os sistemas de lagoas de estabilização com peixes filtradores e macrófitas.

Os sistemas tipo "Wetland", são utilizados para melhorar a qualidade de efluentes de diversos tipos. Esses siste-

mas podem ser considerados filtros biológicos nos quais os microrganismos e as macrófitas aquáticas são os principais responsáveis pela purificação da água. Os poluentes são removidos pela combinação de processos físicos, químicos e biológicos, incluindo sedimentação, precipitação, adsorção de partículas, assimilação pelo tecido da planta e trans-

formação bacteriana, representando uma opção de remoção do nitrogênio em efluentes. O tratamento de efluentes por sistemas com macrófitas aquáticas ocorre por diversos mecanismos, como a sedimentação de sólidos, incorporação de contaminantes, biotransformação e reações físicas e químicas.



6 NUTRIÇÃO E MANEJO ALIMENTAR

A nutrição e a alimentação dos peixes têm relação com o seu bem-estar, estando diretamente relacionada à chamada “liberdade nutricional”, e ao domínio “Nutrição”. Essa liberdade e esse domínio, se referem à disponibilidade de alimentos em quantidade e qualidade adequadas. Pressupõem o acesso à uma dieta que mantenha a saúde e o vigor, um manejo nutricional ajustado em relação à frequência, quantidade, horários de alimentação e distribuição dos alimentos que evite disputa pelos locais de alimentação.

Ao evitarmos períodos de fome, percebe-se relação indireta com a “liberdade psicológica” que se refere de probabilidade de predominância de sentimentos positivos ou negativos. A adequada nutrição e a alimentação dos peixes são também importantes na manutenção da saúde, ou seja, se relaciona, também, à “liberdade sanitária”. Como a alimentação pode ter impacto na qualidade de água (altos graus de amônia por exemplo), percebe-se relação com a “liberdade ambiental”. Enfim, a correta nutrição e alimentação é chave, tanto para o crescimento quanto para a saúde dos peixes. Peixes bem nutridos e bem alimentados, crescem mais e com maior eficiência, e adoecem menos, diminuindo a probabilidade de ne-

cessidade de tratamentos e uso de medicamentos.

O fornecimento de alimentos completos e bem balanceados para os peixes em cultivo, busca propiciar um adequado balanço proteico/energético para promoção de rápido crescimento, e bom rendimento na indústria. Além disso, uma adequada nutrição, promove boa conversão alimentar, o que se reflete em menor concentração de nutrientes nos efluentes e menor impacto ambiental. De fato, como visto no capítulo referente às instalações e seus efluentes, aproximadamente 93% do nitrogênio e 96% do fósforo totais presentes nos efluentes provêm da ração oferecida aos peixes (COLDEBELLA et al., 2020). Assim, o conhecimento das necessidades dos peixes em suas diferentes fases de vida e sistemas de criação é essencial para a sustentabilidade, em sentido amplo, da atividade (maior retorno financeiro com maior segurança ambiental).

A piscicultura mais moderna, especialmente a tilapicultura intensiva, busca sempre a redução no tempo de cultivo sem redução de peso final de abate, as melhorias nas instalações e, principalmente, o melhor aproveitamento da ração, reduzindo desperdícios. Isso se justifica plenamente, pois a alimentação

dos peixes nesses sistemas intensivos, perfaz mais de 70% do custo total de produção. Assim, a atividade busca a melhor relação possível da qualidade da ração com o manejo alimentar empregado. O objetivo maior, é sempre o de melhorar o desempenho dos peixes, aproveitando totalmente seu potencial de crescimento, usando alimentos de alta eficiência alimentar, aumentando a produtividade por

área e reduzindo custos de produção. Além disso, peixes bem alimentados são mais saudáveis e mais tolerantes ao inverno e ao estresse de manuseio e transporte. De fato, a alimentação com rações bem formuladas e com manejo alimentar adequado, é importante fator para a promoção de maiores graus de bem-estar dos peixes em cultivo.

Recomendação técnica:

A nutrição representa mais de 70% do custo de produção, e tem impacto direto no crescimento, na saúde e no bem-estar dos peixes, além de potencial impacto ambiental. O capítulo traz apenas algumas informações sobre os ingredientes principais das rações, mas não recomenda, de forma alguma, que os produtores as formulem por conta própria. Invista em rações adequadas para cada fase de seu cultivo!

Assim, a eficiência da produção de peixes, depende principalmente da ração oferecida aos animais e de suas práticas de manejo diárias, pois os animais devem ser capazes de expressar seu maior potencial quando alimentados com dietas que atendam às suas necessidades dietéticas. Nesse sentido, a ração ocupa o insumo mais caro nas fazendas de aquicultura, principalmente por causa dos preços elevados dos ingredientes proteicos.

6.1 Importância da nutrição para o crescimento e para a saúde dos peixes

O adequado balanceamento dos nutrientes essenciais como proteína (e aminoácidos essenciais), energia (e ácidos graxos essenciais), vitaminas e minerais, em quantidade e disponibilidade que atendam às exigências nutricionais dos peixes são essenciais para a manutenção dos processos fisiológicos e me-

tabólicos que culminam num adequado crescimento, saúde e reprodução.

Como visto no capítulo referente à fisiologia, os peixes possuem adaptações do trato digestivo que determinam o potencial de assimilação dos nutrientes da dieta, sendo essa capacidade dependente das características específicas do trato gastrointestinal. Portanto, a base da formulação de rações para peixes é o hábito alimentar da espécie.

Em relação às exigências nutricionais, as diferenças básicas que os peixes apresentam em relação aos animais terrestres são a menor exigência energética; o requerimento de ácidos graxos essenciais como, o linolênico e linoleico, e a absorção de vários minerais da água. As necessidades nutricionais dos peixes podem ser influenciadas por uma grande série de fatores como: consumo da dieta, densidade energética da ração, nível e interação dos nutrientes da ração, disponibilidade dos nutrientes para o peixe, presença e nível de aditivos. Além

desses fatores inerentes, também varia de acordo com fatores externos à dieta como: temperatura, taxa de renovação da água, composição química da água, doenças infecciosas clínicas ou subclínicas e desempenho e características de carcaça esperados do animal.

Importante ressaltar os cuidados com o armazenamento e a conservação das rações. De fato, as rações podem sofrer deterioração e, além da perda do seu valor nutritivo, há a possibilidade de toxicidade. Rações mal estocadas podem, por exemplo, desenvolver fungos (como os do gênero *Aspergillus que* produzem as aflatoxinas, extremamente nocivas aos peixes), e terem seus lipídios rancificados e, após peroxidados. Para prevenção, estocar as rações em locais frescos e secos e adquirir quantidades que sejam consumidas em, no máximo dois meses. Se for ração ensacada, empilhar no máximo 10 sacos, sempre em cima de um estrado de madeira que fique afastado de 15 a 20 cm do chão.

TABELA 6.1 - Principais nutrientes para os peixes

Continua

	Proteína	Carboidrato (energia)	Lipídios	Fibra	Vitaminas e minerais
Função e Importância	São os constituintes principais do tecido muscular, órgãos internos, cérebro, nervos e pele. É utilizada tanto na reparação de tecido danificado e desgastado (manutenção do tecido) quanto na formação de tecido novo (síntese de novas proteínas durante o crescimento). Adequados níveis proteicos são essenciais para o crescimento, sobrevivência e reprodução dos peixes.	O uso eficiente da energia promove crescimento adequado com boa conversão alimentar.	Os ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa, são precursores das prostaglandinas e hormônios esteroides. Os lipídios ainda lubrificam o trato gastrointestinal, melhoram a palatabilidade e servem de aglutinantes. Mas importante sempre lembrar que elevados níveis de gordura, pode levar à falência hepática. São importantes fontes energéticas pois contêm 9,5 Kcal/g. São essenciais para o desenvolvimento normal e sobrevivência, por serem veículo para as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), além de representarem importante papel na integridade das membranas biológicas.	Pouco se conhece sobre o significado nutricional da fibra para os peixes.	Os minerais e vitaminas são importantes para a formação dos tecidos ósseos e sanguíneos, para o crescimento muscular e para diversos processos metabólicos e fisiológicos. As vitaminas são fundamentais para o crescimento, fisiologia e metabolismo dos animais aquáticos, sendo primordiais para manutenção do sistema imunológico.
Fontes	Diferentes fontes proteicas apresentam diferentes valores de disponibilidade para os peixes, ou seja, o valor percentual de proteína bruta (o total de proteína contido em um alimento) nem sempre se reflete no valor realmente aproveitável, ou seja, digestibilidade da proteína.	A energia provém da oxidação dos alimentos, carboidratos, de lipídios e das proteínas. Os carboidratos e as gorduras devem ser as fontes de energia, poupando assim, a proteína das rações para crescimento. Isso se reflete no chamado balanço energia/proteína (E/P). Uma adequada E/P promove melhor crescimento com melhor conversão alimentar e sem deposição de gordura celomática e excreção nitrogenada em excesso.	Os ácidos graxos essenciais presentes nos lipídios. Assim como os aminoácidos essenciais, os ácidos graxos essenciais são aqueles que não podem ser sintetizados pelo organismo animal e, portanto, precisam estar presentes nas rações ou nos alimentos naturais disponíveis.	Alimentos fibrosos como vegetais.	Presentes na maioria dos alimentos.

Conclusão

<p>Exigências</p>	<p>As exigências proteicas são de difícil determinação, apresentando ampla variação na literatura. O futuro aponta para o crescente uso de peptídeos bioativos, em hidrolisados proteicos na ração, aproveitando a capacidade dos peixes de absorverem tais moléculas.</p>	<p>As necessidades energéticas dos peixes são bem menores do que as dos mamíferos terrestres. As razões para essa menor exigência são: peixes não precisam manter a temperatura corporal; peixes gastam pouca ou nenhuma energia para manter postura (estação); e peixes perdem pouca energia no catabolismo proteico e excreção nitrogenada, devido a excreção branquial passiva da amônia, gerando baixo incremento calórico (3 a 5% nos peixes contra 30% ou mais em mamíferos).</p>	<p>Os peixes tropicais como a tilápia, apresentam exigência em ácidos graxos da família linoleico da ordem de 0,45 a 0,64% da matéria seca. A eventual deficiência em ácidos graxos essenciais provoca atraso no crescimento, redução de eficiência alimentar; redução no desempenho reprodutivo, podendo culminar em alta mortalidade.</p>	<p>Os peixes possuem pequena capacidade do tubo digestivo o que leva a um curto tempo de passagem dos alimentos pelo trato gastrointestinal. Além disso, a baixa temperatura do meio em que vivem e a pouca atividade microbiana, acarretam baixa digestibilidade de alimentos fibrosos. O uso da fibra para peixes, em altos percentuais, é questionado pois elas não possuem valor energético significativo, tem pouca utilização e por aumentarem a motilidade do trato gastrointestinal, o que aumenta a velocidade de passagem e diminui a absorção de outros nutrientes. Além disso, o excesso de fibra bruta diminui a ingestão total de alimentos.</p>	<p>Em condições menos intensivas de criação, onde os peixes têm acesso a uma variedade de alimentos naturais, o teor de minerais e vitaminas nas rações não é tão relevante. Entretanto, com a intensificação do cultivo, especialmente em tanques-rede, raceways e tanques com recirculação de água a disponibilidade de alimento natural é praticamente nula, indicando a necessidade de rações nutricionalmente completas, com enriquecimentos vitamínicos e minerais.</p>
-------------------	--	---	---	--	---

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

6.2 Alimento natural na nutrição

Em ambientes naturais, os peixes equilibram sua dieta de acordo com suas exigências nutricionais e suas preferências alimentares. Geralmente, ingerem inúmeros organismos vegetais (algas, plantas aquáticas, frutos, sementes, entre outros) ou animais (crustáceos, larvas e ninfas de insetos, vermes, moluscos, anfíbios, peixes, entre outros). Esses alimentos naturais, geralmente são ricos em energia e em proteína de alta qualidade, e servem como fonte de minerais e vitaminas.

No cultivo de tilápias em viveiros escavados e com baixa renovação de água, por exemplo, o plâncton chega a ser responsável por 50% a 70% do crescimento dos peixes. Assim, um correto cálculo de viabilidade econômica deve ser feito antes de se optar por cultivos mais intensivos, baseados 100% em rações e cultivos menos adensados, que permitam o adequado aproveitamento do plâncton pelas tilápias, excelentes filtradoras. De fato, o adequado balanço “alimento natural/rações completas”, busca a otimização da produtividade e redução nos custos de produção.

Para estimular a produção de plâncton, deve-se corrigir o solo dos tanques enquanto seco e, durante o ciclo de pro-

dução, adubar os tanques de acordo com sua transparência de água (Capítulo 4). Mas, à medida que o cultivo se intensifica, a participação do alimento natural diminui, chegando a ser desconsiderada em cultivos superintensivos.

Outra forma interessante de alimentação natural, é o posicionamento de lâmpadas sobre a água para atrair insetos que são predados pelos peixes, ao caírem ou passarem próximo à água. Ressaltamos que essa é uma possibilidade com real impacto nutricional, apenas para pequenos tanques com baixa densidade de estocagem. Esse tipo de alimento vivo também se constitui em um enriquecimento ambiental nutricional (Capítulo I).

6.3 Estratégias de manejo alimentar

O conhecimento do padrão de alimentação de uma espécie, pode ajudar a promover uma produção eficiente. O manejo alimentar envolve os horários (quando alimentar?); a quantidade (quanto alimentar?); o intervalo de alimentação (qual a frequência de arraçoamento?). De fato, a estratégia nutricional para manter os peixes saudáveis deve suprir todos os nutrientes, ter os nutrientes disponíveis e ser fornecida da quantidade e frequência

corretas. Assim, o manejo alimentar adequado é tão essencial quanto a correta formulação das rações.

6.3.1 Tipos/fases

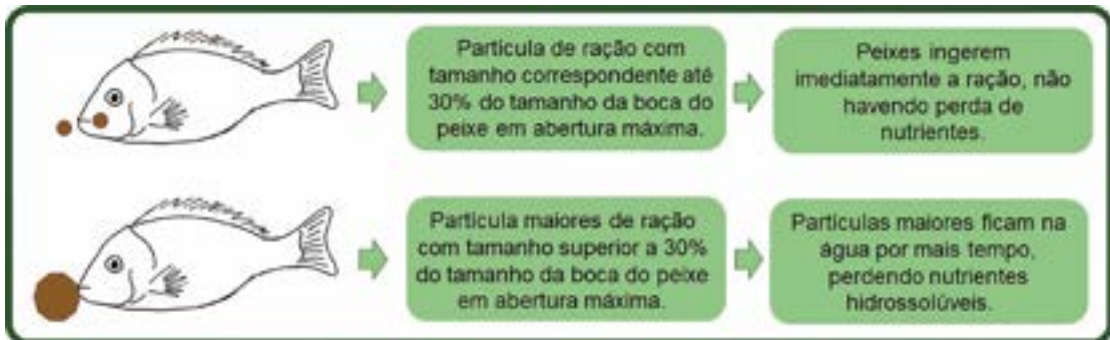
O adequado uso de rações específicas para as diferentes fases de crescimento dos peixes, potencializa o máximo desempenho genético do animal adulto. As rações iniciais, para alevinos e juvenis, tendem a ser muito mais caras, mas, devido ao menor consumo, representam muito pouco do custo de produção da piscicultura.

Assim, é plenamente justificável o investimento nas melhores rações possíveis durante a fase inicial de cultivo. A primeira razão é a que os peixes estão em sua fase de formação óssea, de tecidos e músculos, e rações de menor qualida-

de podem acarretar sérios problemas de malformações. Especificamente em relação à formação dos músculos, adequadas rações iniciais propiciam melhores rendimentos de carcaça no futuro, devido à formação de mais fibras musculares. Além disso, o uso de rações inadequadas nessa fase, está associado à maior mortalidade por deficiência nutricional.

Outro ponto a se levar em consideração, é a granulometria da ração. Devido a presença de nutrientes hidrossolúveis na ração, e ao fato dessa ser colocada em contato com a água, os peixes precisam consumir rapidamente a ração ofertada. Para isso, recomenda-se que a partícula não tenha mais de 30% do tamanho da boca do peixe em abertura máxima. Partículas maiores ficam na água por mais tempo, perdendo nutrientes hidrossolúveis (Figura 6.1).

FIGURA 6.1 – Relação tamanho da partícula de ração e tamanho da boca do peixe



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Imagens de domínio público (Creative Commons).

Exceto para as rações iniciais, praticamente todas as propriedades mais tecnificadas, adquirem rações à granel e as estocam em silos próximos aos tanques.

FIGURA 6.2 – Diferentes granulometrias de ração de acordo com as fases de cultivo



FONTE: elaborada por Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo. Fotos: Gessi Koakoski, Universidade de Passo Fundo.

FIGURA 6.3 – Silos de recepção e armazenagem de ração à granel



FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

6.3.2 Horários

Estudos mostram que, em peixes diurnos como a tilápia, a atividade de alimentação não ocorre a noite e também

foi reduzida na fase de luz (dia), observaram-se dois picos de alimentação, um ao amanhecer e outro ao entardecer (FORTES-SILVA et al., 2010).

Recomendação técnica:

No período de engorda, alimente os peixes com 3 ou 5 arraçoamentos diários, distribuídos das 9h da manhã as 17h da tarde.

6.3.3 Quantidade

A quantidade de ração ofertada varia com a temperatura e com o sistema de cultivo. É geralmente expressa em percentual da biomassa. A melhor forma de determinar, é baseada em biométricas periódicas para verificar o peso

e o crescimento dos peixes. Importante também manter registros de mortalidade e determinar a granulometria e a taxa de arraçoamento adequadas. Estudos mostram que, na fase de engorda, a taxa de arraçoamento que resultou em melhor conversão alimentar foi a de 2% da biomassa.

Recomendação técnica:

Os peixes comem mais quando na presença de adequada concentração de O_2D . Em alto O_2D , os peixes consomem mais no período da tarde em relação ao da manhã. Em baixo O_2D , os peixes comem menos, mesmo em temperatura adequada. Assim, acione os aeradores de 30 a 60 minutos antes dos horários de alimentação!

6.3.4 Frequência

A frequência de alimentação é um ponto chave do cultivo de peixes, especialmente dos mais intensivos. Se alimentarmos em baixa frequência, corremos o risco de reduzir o crescimento, além de criar disputas pelo alimento. Por outro lado, se alimentarmos muitas vezes ao dia, corremos o risco de alimentarmos peixes com o estômago ainda repleto, prejudicando o adequado fluxo dos alimentos no trato gastrointestinal. Assim, o parcelamento da quantidade diária de alimentos tem como objetivos: 1) aproveitar a maior velocidade de passagem do alimento no trato gastrointestinal, especialmente em altas temperaturas; 2) reduzir a competição por alimentos (também relacionado com a distribuição dos alimentos); 3) reduzir comportamento de dominância dos sítios de alimentação exercido por peixes de maior tamanho; 4) prevenir o total enchimento estomacal, otimizando o processo digestório e; 5) reduzir o desperdício de ração.

Em cultivos intensivos de tilápia-do-Nilo, recomenda-se alimentar de cinco à nove vezes por dia, dependendo da fase de cultivo. Alevinos em fase inicial de crescimento (0,5 a 1g) devem receber alimento seis vezes ao dia, reduzindo-se para cinco alimentações entre 1 e 15g,

para quatro vezes entre 15 e 175g, e depois mantendo em 3 a 5 arraçoamentos diários até o final do cultivo (ROMANO, 2013; SANTOS, 2008). Importante alimentar nos momentos mais quentes e sempre acionar a aeração de 30 a 60 min antes do acionamento dos alimentadores. Os piscicultores mais cuidadosos, oferecem um pouco de alimento manualmente antes dos arraçoamentos para verificar o apetite dos peixes.

6.3.5 Forma de distribuição do alimento

Varia desde da tradicional distribuição manual “à lanço”, até o uso de alimentadores automáticos controlados por computador.

O método tradicional de distribuição de ração manualmente tem como objetivo sempre garantir o consumo alimentar, evitar perdas e reduzir mão-de-obra. Para isso, é importante caminhar por todo o talude durante a distribuição e até utilizar botes para homogeneizar a oferta quando os viveiros são grandes ou o cultivo é em gaiolas (Figura 6.4). Deve-se ainda evitar oferta muito próxima dos taludes. O sistema manual a lanço tem como vantagem a observação mais detalhada dos peixes.

Pode-se ainda alimentar a lanço com o uso de alimentadores acoplados à tratores (Figura 6.5), tendo-se os mesmos cuidados de ampla distribuição da ração. Esse sistema permite alimentar eficientemente tanques maiores, mas limita o contato do tratador com os peixes.

Independentemente se for manual ou motorizada, o importante é nunca alimentar em excesso ou subalimentar e, para isso, acompanhar o consumo da ração pelos peixes.

FIGURA 6.4 – Alimentação a lanço em tanques-rede utilizando barco





FIGURA 6.5 - Alimentação a lanço utilizando trator

FONTE: Leonardo José Gil Barcellos, Universidade de Passo Fundo.

6.3.6 Uso de sistema de alimentadores automáticos

Como visto anteriormente, o curto tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal dos peixes, implica em uma alta frequência alimentar, de até 5 a 9 vezes ao dia, dependendo da fase de criação.

Nesse contexto, o uso de alimentadores automáticos (Figura 6.6), propicia melhor aproveitamento da ração, diminuição de sobras, diminuição de poluição ambiental, maior consumo e melhor conversão alimentar.

Em muitas propriedades, já é comum o uso de silos de aço inoxidável, conectados ao sistema de alimentadores automáticos, com total automação do sistema (Figura 6.6).

Por fim, o que define a qualidade de uma ração é a presença de ingredientes adequados, que contenham os nutrientes necessários para o crescimento das espécies cultivadas; a combinação adequada de nutrientes; a estabilidade que apresenta na água; a capacidade de atrair os

peixes (palatabilidade) e, a granulometria uniforme. Assim, por maiores que sejam os custos relacionados à ração, a produção de rações caseiras leva a um desbalanceamento nutricional, que é nitidamente percebido em cultivos intensivos. Em um cenário de constante evolução e profissionalização da piscicultura, a produção de rações na propriedade não é uma alternativa viável, representando um retrocesso no sistema de produção.

FIGURA 6.6 - Alimentadores automáticos ligados aos silos de ração



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABDEL-KHALEK, N. K. et al. Antibacterial and antioxidant activity of clove oil against *Streptococcus iniae* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its effect on hepatic hepcidin expression. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 104, p. 478-488, 2020.

ABDEL-TAWWAB, M.; AZZA, N. A. R.; ABDEL-RAHMAM, M. Immunostimulatory effect of dietary chitosan nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Fish Shellfish Immun.*, v. 88, p. 254-258, 2019.

ABDEL-TAWWAB, M. et al. Effects of dissolved oxygen and fish size on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.): growth performance, wholebody composition, and innate immunity. *Aquacult. Int.*, v. 23, p. 1261-1274, 2015.

ABREU, M. S. et al. Acute exposure to waterborne psychoactive drugs attracts zebrafish. *Comp Biochem Physiol C*, v. 179, p. 37-43, 2016.

AGUIAR, L. H.; KALININ, A. L.; ARNTIN, F.T. The effects of temperature on the cardio-respiratory function of the neotropical fish *Piaractus mesopotamicus*. *J. Thermal. Biol.*, v. 27, p. 299-308, 2002.

AICHA, N. et al. Tilapia Lake Virus (TiLV) disease: Current status of understanding. *Aquacult. Fish.*, in press. 2021.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA PISCICULTURA PEIXE BR 2019. Veículo oficial da Associação Brasileira da Piscicultura, 2019.

ARAGON-FLORES, E. A. et al. Effect of Stocking Density on Growth, Survival, and Condition of the Mexican Cichlid *Cichlasoma beanii*. *J. World Aqua. Soc.*, v. 45, n. 4, p. 447-453, 2014.

ARAÚJO, F. C. T. et al. Could serum glucose be a selection criterion in Nile tilapia breeding programs? *Aquaculture*, v. 548, n. 1, p. 737573, 2022.

ASHLEY, P. J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl Anim Behav Sci.* 2007, v. 104, n. 3, p. 199-235.

BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada a piscicultura*. Santa Maria: Ed. UFSM. p. 212, 2002.

BARCELLOS, H. H. A. et al. The effects of auditory enrichment on zebrafish behavior and physiology, *PeerJ.*, v. 6, p. 1-17, 2018.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Influence of color background and shelter availability on jundiá (*Rhamdia quelen*) stress response. *Aquaculture*, v. 288, p. 51-56, 2009.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture*, v. 237, p. 229-236, 2004.

BARCELLOS, L. J. G. et al. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, v. 300, p. 231-236.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress. *Aqua. Res.*, v. 30, p. 437-444, 1999.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Comparative Analysis of Different Fish Polyculture Systems. *J World Aqua Scy*, v. 43, n. 6, p. 778-789.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Can zebrafish *Danio reirio* learn about predation risk? The effect of a previous experience on the cortisol response in subsequent encounters with a predator. *J. Fish Biol.* v. 76, p. 1032-1038, 2010a.

BARCELLOS, L. J. G. et al. The color of illumination affects the stress response of jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, Heptapteridae). *Ciência Rural*, v. 36, n. 4, jul./ago. 2006.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Chemical communication of handling stress in fish. *Physiol. Behav.*, v. 103, p. 372-375, 2011.

BARRETO, R. E.; VOLPATO, G. L. Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. *J. Biosci.*, v. 36, p. 851-855, 2011.

BARRETO, R. E.; VOLPATO, G. L. Ventilatory frequency on Nile tilapia subjected to different stressors. *J. Exp. Anim. Sci.*, v. 43, p. 189-196, 2006.

BARRETO, T. N.; BOSCOLO, C. N. P.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Homogeneously sized groups increase aggressive interaction and affect social stress in Thai strain Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Mar. Freshwat. Behav. *Physiol.*, v. 48, n. 5, p. 309-318, 2015.

BARRÍA, A. et al. Genetic parameters for resistance to Tilapia Lake Virus (TiLV) in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v. 522, 735126, 2020.

BEHAVIOR AND SENSORY SYSTEMS. Teaching Materials of University of Hawaii. Disponível em <https://manoa.hawaii.edu/exploringourfluidearth/behavior-and-sensory-systems-fish>. Acesso em: 24 nov. 2021.

BENTSEN, H. B. et al. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five generations of selection for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus* and the further impact of the project. *Aquaculture*, v. 468, p. 206-217, 2017.

BLOKHUIS, H. J. et al. The Welfare Quality® project and beyond: safeguarding farm animal well-being. *Acta Agric Scand A Anim Sci.*, v. 60, p. 129-140, 2010.

BOLOGNESI, M. C.; GAUY, A. C.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Tactile stimulation reduces aggressiveness but does not lower stress in a territorial fish. *Sci Rep.*, v. 9, n. 1, p. 40.

BOSCOLO, C. N. P.; MORAIS, R. N.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. C. Same-sized fish groups increase aggressive interaction of sex-reversed males Nile tilapia GIFT strain. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v. 135, p. 154-159, 2011.

BOSCOLO, W. R. et al. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 3, p. 629-633, 2006.

BRADSHAW, J. W. S.; PULLEN, A. J.; ROONEY, N. J. Why do adult dogs 'play'? *Behav. Process.*, v. 110, p. 82-87, 2015.

BRAMBELL COMMITTEE. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Livestock Kept under Intensive Conditions; Command Paper 2836; Her Majesty's Stationery Office: London, UK, 1965.

BREED, M.; SANCHEZ, L. Both Environment and Genetic Makeup Influence Behavior. *Nat. Educ. Know.*, v. 3, n. 10, p. 68, 2010.

BREUER, K. et al. Heritability of clinical tail-biting and its relation to performance traits. *Livest. Prod. Sci.*, v. 93, n. 1, p. 87-94, 2005.

BRITO, J. D. et al. Desempenho zootécnico de juvenis de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com cepas probióticas e submetidos a desafio sanitário. *Cienc. Anim. Bras.*, v. 20, n. 1-9, e-37348, 2019.

BROOM, D. M. Animal-welfare - concepts and measurement. *J. Anim. Sci.* 69, p. 4167-4175. 1991.

BROOM, D. M.; JOHNSON, K. G. *Stress and animal welfare* (2nd ed.). Berlin, Germany: Springer. 2019.

CABELLO, F.C. et al. Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environm. Micobiol.*, v. 15, n. 7, p. 1917-1942, 2013.

CANOVA, R. et al. Oligodeoxynucleotides CpGs increase silver catfish (*Rhamdia quelen*) resistance to *Aeromonas hydrophila* challenge. *Aquaculture*, v. 473, p. 278-282, 2017.

CARVALHO, K. V. et al. A. Poultry byproducts and swine liver used in diets for Nile tilapia juveniles. *Lat. Am. J. Aquat. Res*, v. 48, n. 5, p. 895-900, 2020.

CASTANHEIRA, M. F. et al. Coping styles in farmed fish: consequences for aquaculture. *Rev. Aquacult.*, v. 9, p. 23-41, 2017.

CHATURVEDI, P.; BHAT, R. A. H.; PANDE, A. Antimicrobial peptides of fish: innocuous alternatives to Antibiotics. *Rev. Aquacult.*, v. 12, p. 85-106, 2020.

CHEN, C. et al. N-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Quantification of optimum requirement of dietary linolenic acid in juvenile fish. *Aquaculture*, v. 416-417, p. 99-104, 2013.

CLIFT, D. et al. High-throughput analysis of behavior in zebrafish larvae: effects of feeding. *Zebrafish*, v. 11, p. 455-461, 2014.

COLDEBELLA, A. et al. *Effluents from fish farming ponds: a view from the perspective of its main components*. Sustainability 2018, 10, 3; doi: 10.3390/su10010003.

COLDEBELLA, A. et al. Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, e1319119699, 2020. Doi: 10.33448/rsd-v9i11.9699.

COLDEBELLA, A. et al. Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, e1319119699, 2020.

COLSON, V. et al. Maternal temperature exposure impairs emotional and cognitive responses and triggers dysregulation of neurodevelopment genes in fish. *PeerJ*, v. 7, p. e6338, 2019.

COSTA, K. C. M. et al. Zebrafish as a Translational Model: An Experimental Alternative to Study the Mechanisms Involved in Anosmia and Possible Neurodegenerative Aspects of COVID-19? *Eneuro*, v. 8, n. 3, p. 1-17, 2021.

COULON, M. et al. Effects of prenatal stress and emotional reactivity of the mother on emotional and cognitive abilities in lambs. *Develop. Psychobiol.*, v. 57, n. 5, p. 626-636, 2015.

CUNHA, J. A.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. The effects of essential oils and their major compounds on fish bacterial pathogens – a review. *J. Appl. Microbiol.*, v. 125, p. 328-344, 2018.

DAMETTO, F. S. et al. Feeding regimen modulates zebrafish behavior. *PeerJ*, v. 6, p. e5343. Doi 10.7717/peerj.5343.

DAWKINS, M. S. The Science of Animal Suffering. *Ethology* 2008, v. 114, p. 937-945.

DAWOOD, M. A. O. et al. Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. *Pathogens*, v. 10, p. 185, 2021.

DECARLI, J. A. et al. Hidrolisados proteicos na alimentação do jundiá (*Rhamdia voulezi*). *R. bras. Ci. Vet.*, v. 23, n. 3-4, p. 168-173, 2016.

DHABHAR, F. S. Effects of stress on immune function: the good, the bad, and the beautiful. *Immunol. Res.*, v. 58, n. 2-3, p. 193-210, 2014.

ELKATATNYA, N. M. et al. The impacts of seasonal variation on the immune status of Nile tilapia larvae and their response to different immunostimulants feed additives. *Fish Shellfish Immun.*, v. 96, p. 270-278, 2020.

ELLISON, A. R. et al. Transcriptomic response to parasite infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) depends on rearing density. *BMC Genom.*, v. 19, p. 723, 2018.

ERICSSON, M. et al. Long-Term and Transgenerational Effects of Stress Experienced during Different Life Phases in Chickens (*Gallus gallus*). *PLoS ONE*, v. 11, n. 4, p. e0153879, 2016.

FERREIRA, H. K. A. et al. Hidrolisados proteicos de resíduos da indústria de processamento de tilápia: caracterização centesimal, microbiológica e aminoácidos. *Braz. J. of Develop.*, v. 6, n. 8, p. 57359-57369, 2020.

FIGUEIREDO, H. C. P. et al. *First report of infectious spleen and kidney necrosis virus in Nile tilapia in Brazil*. *Transbound. Emerg. Dis.*, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1111/tbed.14217>.

FORTES-SILVA, I. R. et al. Daily rhythms of locomotor activity, feeding behavior and dietary selection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comp. Biochem. Physiol. Part A*, v. 156, n. 4, p. 445-450, 2010.

FRANKS, B.; EWELL, C.; JACQUET, J. Animal welfare risks of global aquaculture. *Sci. Adv.*, v. 7: eabg0677, 2021.

FRASER, D. et al. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Anim. Welf.*, v. 6, p. 187-205, 1997.

GALHARDO, L.; CORREIA, J.; OLIVEIRA, R.F. The effect of substrate availability on behavioural and physiological indicators of welfare in the African cichlid (*Oreochromis mossambicus*). *Anim Welfare*, v. 17, p. 239-254, 2008.

- GALHARDO, L.; VITAL, J.; OLIVEIRA, R. F. The role of predictability in the stress response of a cichlid fish. *Physiol Behav.*, v. 102, n. 3-4, p. 367-372, 2011.
- GAUY, A. C. et al. Preference and motivation tests for body tactile stimulation in fish. *Animals*, v. 11, n. 7, p. 2042, 2021.
- GHOLOUPOURKANANI, H.; BULLER, N.; LYMBERY, A. In vitro antibacterial activity of four nano encapsulated herbal essential oils against three bacterial fish pathogens. *Aqua. Res.*, v. 50, p. 871-875, 2019.
- GIACOMINI, A. C. V. V. et al. Environmental and pharmacological manipulations blunt the stress response of zebrafish in a similar manner. *Scientific Reports*, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2016.
- GODINHO, P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. *Revista Brasileira Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 351-360, jul./set. 2007.
- GONÇALVES-DE-FREITAS, E. et al. Social Behavior and Welfare in Nile Tilapia. *Fishes*, v. 4, p. 23, 2019.
- GRANT, J. W. A. et al. Influence of food abundance on competitive aggression in juvenile convict cichlids. *Anim. Behav.*, v. 63, p. 323-330, 2002.
- GREEN, M. R. *Transgenerational Effects of Structural Enrichment in Danio rerio*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Liverpool John Moores University, 2021.
- GRZELAK, A. K. et al. Stress Leukogram Induced by Acute and Chronic Stress in Zebrafish (*Danio rerio*). *Comp. Med.*, v. 67, n. 3, p. 263-269, 2017.
- GUARDABASSI, L.; KRUSE, H. Princípios da Utilização Prudente e Racional de Antimicrobianos em Animais. In: GUARDABASSI, L.; JENSEN, L. B.; KRUSE, H. (Eds). *Guia de antimicrobianos em veterinária*. Porto Alegre: Artmed, p. 17-30, 2010.
- HORBACK, K. Nosing Around: Play in Pigs. *Ani. Behav. Cogn.*, v. 1, n. 2, p. 186-196, 2004.
- HOU, Y. et al. Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, v. 8, p. 24, 2017.
- KIRSTEN, K. et al. Acute and chronic stress differently alter the expression of cytokine and neuronal markers genes in zebrafish brain. *Stress*, v. 24, n. 1, 2020.
- KIRSTEN, K. et al. Characterization of sickness behavior in zebrafish. *Brain Behav. Immun.*, v. 73, p. 596-602, 2018.

KUBTIZA, F. *Qualidade de água na produção de peixes*. Panorama da Aquicultura, 1998.

LAURSEN, D. C. et al. High oxygen consumption rates and scale loss indicate elevated aggressive behaviour at low rearing density, while elevated brain serotonergic activity suggests chronic stress at high rearing densities in farmed rainbow trout. *Physiol. Behav.*, v. 122, p. 147-154, 2013.

LEAL, C. A. G. Doenças na produção x descarte no frigorífico: Impacto, importância e o que sabemos a respeito. *Panorama da Aquicultura*, v. 30, n. 178, v. 22-29, 2020.

LIA, Z. et al. Purification and characterization of a novel immunomodulatory hexapeptide from alcalase hydrolysate of ultramicro-pretreated silkworm (*Bombyx mori*) pupa protein. *J. Asia-Pacific Entomol.*, v. 22, p. 633-637, 2019.

LOOFT, T. et al. In-feed antibiotic effects on the swine intestinal microbiome. *PNAS*, v. 109, n. 5, p. 1691-1696, 2012.

LUGERT, V.; STEINHAGEN, D.; REISER, S. Lack of knowledge does not justify a lack of action: the case for animal welfare in farmed fish. *J. Sustain. Organ. Agric. Syst.*, v. 70, n. 1, p. 31-34, 2020.

MADARO, A. et al. Effect of predictability on the stress response to chasing in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr. *Physiol Behav.* v. 153, p. 1-6, 2016.

MAGANHA, S. R. L. et al. Molecular detection and phylogenetic analysis of megalocytivirus in Brazilian ornamental fish. *Arch. Virol.*, v. 163, p. 2225-2231, 2018.

MAJOLO, C. et al. Antimicrobial activity of some essential oils against *Streptococcus agalactiae*, an important pathogen for fish farming in Brazil. *J. Essent. Oil Res.*, v. 30, n. 5, p. 388-397, 2018.

SANDOVAL Jr., Paulo (Coord.) *Manual de criação de peixes em tanques-rede*. Elaboração de texto de Thiago Dias Trombeta e Bruno Olivetti de Mattos. 3. ed. Brasília: Codevasf, 2019. 80p.

MANUAL TÉCNICO - *Biossegurança e resposta a emergência sanitária para a produção de animais de aquicultura*. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/documentos-tecnicos/manual-tecnico-biosseguridade-e-resposta-a-emergencia-sanitaria-para-a-producao-de-animais-de-aquicultura>. Acesso em: 21 out. 2021.

MARCHETTO, L. et al. Auditory environmental enrichment prevents anxiety-like behavior, but not cortisol responses, evoked by 24-h social isolation in zebrafish. *Behav. Brain Res.*, v. 404, p. 113-169, 2021.

MARCON, M. et al. Environmental enrichment modulates the response to chronic stress in zebrafish, *J. Exp. Biol.*, v. 221, p. 176735, 2018.

MARTINS, C. I. M. et al. Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiol. Biochem.*, v. 38, p. 17-41, 2008.

MARTOS-SITCHA, J. A. et al. Editorial: Welfare and Stressors in Fish: Challenges Facing Aquaculture. *Front. Physiol.* v. 11, p. 162, 2020.

MELLOR D.; BEAUSOLEIL N. Extending the “Five Domains” model for animal welfare assessment to incorporate positive welfare states. *Anim. Welf.*, v. 24, n. 3, p. 241-253, 2015.

MELLOR, D. J.; REID, C. S. W. Concepts of animal well-being and predicting the impact of procedures on experimental animals. In: BAKER, R.; JENKIN, G.; MELLOR, D. J. (Eds.) *Improving the Well-being of Animals in the Research Environment*, p. 3-18. Australian and New Zealand Council for the Care of Animals in Research and Teaching: Glen Osmond, SA, Australia, 1994.

MELLOR, D. J. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the ‘Five Freedoms’ towards ‘A Life Worth Living’. *Animals*, v. 6, p. 21, 2016.

MELLOR, D. J. et al. The 2020 Five domains model: including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals*, v. 10, p. 1870, 2020.

MENDONÇA, F. Z.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Nest deprivation and matting success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zool.*, v. 25, n. 3, p. 413-418, 2013.

MILLA, S. et al. How domestication alters fish phenotypes. *Rev. Aquacult.*, v. 13, p. 388-405, 2021.

MOLENTO, C. F. M. *Repensando as cinco liberdades*. 2006. Disponível em: <http://www.labea.ufpr.br>. Acesso em: 15 out. 2021.

MOREIRA, L. M. et al. *Fundamentos da moderna aquicultura*. Canoas: Ed. Ulbra, p. 200, 2001.

MOREIRA, P. S. A.; VOLPATO, G. L. Conditioning of stress in Nile tilapia. *J. Fish Biol.*, v. 64, n. 4, p. 961-969, 2004.

MOURA, G. S. et al. Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilo submetidas a diferentes temperaturas. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1609-1615, nov. 2007.

MURGAS, L. D. S. et al. Manipulação do ciclo e da eficiência reprodutiva em espécies nativas de peixes de água doce. *Revista Brasileira Reprodução Animal Supl*, Belo Horizonte, n. 6, p. 70-76, dez. 2009.

MURTAZA, M. U. H. et al. Influence of early rearing environment on water-borne cortisol and expression of stress-related genes in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Mol Biol Rep.*, v. 47, n. 7, p. 5051-5060, 2020.

NETO, J. F.; GIAQUINTO, P. C. Environmental enrichment techniques and tryptophan supplementation used to improve the quality of life and animal welfare of Nile tilapia. *Aquaculture Reports*, n. 17, p. 100-354, 2020.

NG, W. K.; ROMANO, N. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, n. 4, p. 220-254, 2013.

OLIVEIRA, A. F. S. et al. Play behaviour in nonhuman animals and the animal welfare issue. *J. Ethol.*, v. 28, p. 1-5, 2010.

OLIVEIRA, T. A. et al. Death-associated odors induce stress in zebrafish. *Hormones and Behavior*, v. 65, n. 4, p. 340-344, 2014.

ONO, E. A.; CAMPOS, J.; KUBITZA, F. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes. *Panorama da Aquicultura*, v. 72, p. 15-29, 2005.

ORGER, M. B.; DE POLAVIEJA, G. G. Zebrafish behavior: opportunities and challenges. *Annu. Rev. Neurosci.*, v. 40, p. 125-147, 2017.

OSTRENKY, A.; BOEGER, W. *Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo*. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1998.

PALAGI, E.; CORDONI, G.; TARLI, B.S.M. Immediate and delayed benefits of play behaviour: new evidence from chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Ethology*, v. 110, p. 949-962, 2004.

PAPOUTSOGLU, S. E. et al. Effect of Mozart's music (Romanze-Andante of "Eine Kleine Nacht Musik," sol major, K525) stimulus on common carp (*Cyprinus carpio* L.) physiology under different light conditions. *Aquacultural Engineering*, v. 36, n. 1, p. 61-72, 2007.

PAPOUTSOGLU, S. E. et al. Common carp (*Cyprinus carpio*) response to two pieces of music ("Eine Kleine Nachtmusik" and "Romanza") combined with light intensity, using recirculating water system. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 36, n. 3, p. 539-554, 2010.

PEDRAZZANI, A. S. et al. Tilapia On-Farm Welfare Assessment Protocol for Semi-intensive Production Systems. *Front. Vet. Sci.* v. 7 :606388, 2020.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos a qualidade da água. Uma revisão. *Boletim Instituto de Pesca*. São Paulo, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

PETIT, B. Et al. Stress during pregnancy alters dendritic spine density and gene expression in the brain of new-born lambs. *Behav. Brain Res.*, v. 291, p. 155-163, 2015.

PETTERSEN, J. M. et al. Salmon welfare index model 2.0: an extended model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon, based on a review of selected welfare indicators and intended for fish health professionals. *Rev. Aquac.*, v. 6, p. 162-179, 2014.

PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

POLI, B. M. et al. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquac Int.*, v. 13, n. 1, p. 29-49, 2005.

POLI, B. M. Farmed fish welfare-suffering assessment and impact on product quality. *Ital. J. Anim. Sci.*, v. 8, n. 1, p. 139-160, 2009.

POLI, C. R. et al. *Aquicultura experiências brasileiras*. Florianópolis: Multitarefa Editora Ltda. p. 456, 2004.

POTTINGER, T. G.; CARRICK, T. R. Modification of the plasma cortisol response to stress in rainbow trout by selective breeding. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v. 116, p. 122-132, 1999.

RAMBO, C. L. et al. Gender differences in aggression and cortisol levels in zebrafish subjected to unpredictable chronic stress. *Phys. Beh.*, v. 171, p. 50-54, 2017.

RAMOS, J.; BALASCH, J. C.; TORT, L. About Welfare and Stress in the Early Stages of Fish. *Front. Vet. Sci.*, v. 8, 634434, 2021.

RAMPE, M. C. C. et al. Adição de lisina digestível em rações experimentais para juvenis de tilápia-do-Nilo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 66, n. 5, p. 1557-1566, 2014.

REOLON, G. K. et al. Sex and the housing: effects on behavior, cortisol levels and weight in zebrafish. *Behav. Brain Res.*, v. 336, p. 85-92.

RODRIGUES, M. L. et al. Probiotic effects (*Bacillus cereus* and *Bacillus subtilis*) on growth and physiological parameters of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquac. Nutrit.*, v. 27, p. 454-467, 2021.

RODRIGUES, M. L. et al. Reproductive physiology of *Rhamdia quelen* is improved by dietary inclusion of probiotics. *Aquac. Nutrit.*, v. 52, n. 4, p. 1677-1687, 2020.

ROSA, J. G. S. et al. Fish Aversion and Attraction to Selected Agrichemicals. *Arch Environ Contam Toxicol*, v. 71, p. 415-422, 2016. Doi 10.1007/s00244-016-0300-x

ROZAESILVA, M. L. et al. Effects of water flow on ventilation rate and plasma cortisol in Nile tilapia introduced into novel environment. *Aquac Rep.*, v. 18, p. 100-531, 2020.

RSPCA - *Welfare Standards for Farmed Atlantic Salmon*. 2018. Available online at: <https://www.berस्पcaassured.org.uk/media/1290/rस्पcawelfare-standards-for-salmon-february-2018.pdf>. Accessed: October 16, 2021.

SANTOS, J. G. A. *Frequências e formas de fornecimento de ração para tilápia-do-Nilo criada em sistema Raceway*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás. 45p., 2008.

SANTOS, V. B.; MARECO, E. A.; SILVA, M. D. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 35, n. 3, p. 235-242, July-Sept., 2013.

SARAIVA, J. L. et al. Domestication and Welfare in Farmed Fish. In: TELECHEA, F. (Ed.). *Animal Domestication*. IntechOpen Limited, London. 2019. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/6053>. Acesso em: 28 out. 2021.

SARAIVA, J. L. et al. The effect of tank cover on welfare of farmed Nile tilapia. *Appl Anim Behav Sci.*, v. 241, p. 105396, 2021.

SARMIENTO, M. O. P. et al. The in-utero experience of piglets born from sows with lameness shapes their life trajectory. *Scientific Reports*, v. 11, p. 130-152, 2021.

SCALDAFERRI, L. G. et al. Formas de resistência microbiana e estratégias para minimizar sua ocorrência na terapia antimicrobiana: Revisão. *PUBVET*, v. 14, n. 8, a621, p. 1-10, 2020.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. *Piscicultura: criação de tilápias em tanques-rede*. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Brasília: Senar, 2018. 108 p., il. (Coleção Senar, 208).

SHERIF, A. H.; MAHFOUZ, M. E. Immune status of *Oreochromis niloticus* experimentally infected with *Aeromonas hydrophila* following feeding with 1, 3 β -glucan and levamisole immunostimulants. *Aquaculture*, v. 509, p. 40-46, 2019.

SILVA, L. B. et al. Alternative species for traditional carp polyculture in southern South America: initial growing period. *Aquaculture*, v. 255, p. 417-428, 2006.

SILVA, L. B. et al. Introduction of jundia *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) increases the productivity of carp polyculture in southern Brazil. *Aquaculture Research*, v. 39, p. 542-551, 2008.

SILVA, T. C. et al. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 52, n. 7, p. 485-492, 2017.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Limnologia aplicada à aqüicultura. *Boletim Técnico do Caunesp*, n. 1, Jaboticabal: Editora Funep, p. 70. 1994.

SOARES, S. M. et al. Sex segregation affects exploratory and social behaviors of zebrafish according to controlled housing conditions. *Physiol. Behav.*, v. 222, p. 112-944, 2020.

SOUZA, S. M. G.; LUCION, A. B.; WASSERMANN, G. F. Influence of $17\alpha,20\beta$ -dihydroxy-4-pregnen-3-one Injected into a Post-ovulatory Female on the Reproductive Behavior of Male Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comp. Biochem. Physiol. Part A*, v. 119, n. 3., p. 759-763, 1998.

STIEN, L. H. et al. Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Rev Aquac.*, v. 5, p. 33-57, 2013.

TATEMOTO, P. et al. Living with low environmental complexity increases fear indicators in Nile tilapia. *Animal Behaviour*, v. 174, p. 169 e 174, 2021.

TORREZANI, C. S. et al. Structural enrichment reduces aggression in *Tilapia rendalli*. *Mar Freshw Behav Physiol*. v. 46, n. 3, p. 183-190, 2013.

TORT, L. Stresse and immune modulation in fish. *Develop. Comp. Immunol.*, v. 35, n. 12, p. 1366-1375, 2011.

VAN DAM, A. A. et al. The potential of fish production based on periphyton. *Rev Fish Biol Fish.*, v. 12, n. 1, p. :1-31, 2002.

VOLPATO, G. L.; BARCELLOS, L. J. G.; ABREU, M.S. Behavior and Wefare. In: BALDISSE-ROTTA, B.; URBINATI, E.C.; CYRINO, J. E. P. *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. London: Academic Press, 346p. 2007.

VOLPATO, G. L.; BARRETO, R. E. Environmental blue light prevents stress in the fish Nile tilapia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 34, p. 1041-1045, 2001.

WAIBLINGER, S. et al. Play and social behaviour of calves with or without access to their dam and other cows. *J. Dairy Res.*, v. 87, n. S1, p. 144-147, 2020.

WARD, I. D. et al. Transgenerational programming of maternal behaviour by prenatal stress. *BMC Pregnancy and Childbirth*, v. 13, n. 1, p. S9, 2013.

WEBSTER, J. *Assessment of animal welfare: the five freedoms*. In *Animal Welfare: A Cool Eye Towards Eden*; Oxford - UK: Blackwell Science: 1994; p. 10-14.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. *Physiol Rev*, v. 77, p. 591-625, 1997.

WOODFORD, N.; TURTON, J. F.; LIVERMORE, D. M. Multiresistant Gram-negative bacteria: the role of high-risk clones in the dissemination of antibiotic resistance. *FEMS Microbiol. Rev.* v. 35, p. 736-755, 2011.

WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH (OIE). *Aquatic Animal Health Code*, 2021. Aquatic Code Online Access. Disponível em: <https://www.oie.int/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/aquatic-code-online-access/>. Acesso em: 28 out. 2021.

XAVIER, D. T. O. et al. Proteína hidrolisada líquida de frango e mucosa suína em dietas para juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Agr. Acad.*, v. 3, n. 2, p. 54-62, 2020.

YOUSEFIAN M.; MOUSAVI, S. E. A review of the control of reproduction and hormonal manipulations in finfish species. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 7, p. 1643-1650, abr. 2011.

ZANIBONI FILHO, E.; WEINGARTNER, M. Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. *Revista Brasileira Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 367-373, jul./set. 2007.

ZHAO, Y. et al. Antibiotic resistome in the livestock and aquaculture industries: Status and solutions. *Crit. Rev. Environm. Sci. Technol.*, v. 51, n. 19, p. 2159-2196.

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

