

ANEXO

ÁGUAS & ÁGUAS

3ª EDIÇÃO ATUALIZADA e REVISADA

JORGE ANTÔNIO BARROS DE MACÊDO

Bacharel em Química Tecnológica
Especialização em Análise de Traços e Química Ambiental
“Magister Scientiae” em Ciência e Tecnologia de Alimentos
“Doctor Scientiae” em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Professor Titular Faculdades Integradas Vianna Jr.
Professor Convidado do NEC – Núcleo de Educação em
Ciência, Matemática, Tecnologia – U.F.J.F
Professor Titular do Instituto Estadual de Educação / JF

Email: j.macedo@terra.com.br
Site: www.jorgemacedo.pro.br ou www.aguaseguas.ufjf.br

Copyright© 2007 by Jorge Antônio Barros de Macêdo

Todos os direitos reservados. É vedada a duplicação ou reprodução deste volume, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação, fotocópia, ou outros), sem permissão expressa do Autor.

Editoração do Texto: Jorge Macedo

Capa: Daniela de Oliveira Brito

FICHA CATALOGRÁFICA

MACÊDO, JORGE ANTÔNIO BARROS DE

ÁGUAS & ÁGUAS / Jorge Antônio Barros de Macêdo – Belo Horizonte -
MG: CRQ-MG, 2007.

Bibliografia

1. Água, História, Consumo, Conservação, Quantidade, Qualidade
2. Água Comportamento Anormal, Reuso
3. Água Potável, Tratamento, Usos
4. Águas Caldeira, Resfriamento
5. Águas Estabelecimento da Área de Saúde
6. Água de chuva
7. Águas Indústria de Alimentos - Detergentes e Sanificantes
8. Doenças de veiculação hídrica

CDU- 628.1.034

Índices para catalogação sistemático

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Águas – História, Comportamento anormal, Reuso: | Tecnologia 664.028 |
| 2. Águas - Potável, Industrial, Estabelecimento de Saúde: | Tecnologia 664.028 |
| 2. Águas Caldeira, Resfriamento: | Tecnologia 664.028 |
| 3. Águas da Indústria de Alimentos –
Detergentes e sanificantes: | Tecnologia 664.028 |
| 4. Doenças de veiculação hídrica: | Tecnologia 664.028 |
| 5- Aproveitamento de água de chuva: | Tecnologia 664.028 |

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

ISBN-10: 85-90156-89-0

ISBN-13: 978-85-90156-89-5

12

CAPÍTULO

João Ricardo Albanez

Zootecnista, M.Sc., Técnico da EMATER-MG;
albanez@vicoso.ufv.br

Antonio Teixeira de Matos

Engenheiro Agrícola, D.Sc.
Professor do Depto. de Eng. Agrícola e Ambiental/UFV
atmatos@ufv.br

AQÜICULTURA

12.1- A atividade da aqüicultura

A aqüicultura brasileira começou a despontar, sob o ponto de vista do cultivo comercial, na década de 70, com a piscicultura, e na década de 90, com o cultivo do camarão marinho.

Os sistemas de produção adotados pelos aqüicultores variam do extensivo ao super-intensivo havendo aumento da adição de insumos e de tecnificação à medida que se aumenta o requerimento de produção por unidade de área.

No sistema de cultivo extensivo, o crescimento do peixe é limitado pela disponibilidade de alimento (produção natural) no tanque, que pode ou não ser fertilizado. Não há controle das espécies, sistema de drenagem para renovação da água, sendo mínima a intervenção do homem. No sistema de cultivo semi-intensivo há utilização de fertilizantes ou esterco animal exógeno associado à dietas suplementares com rações à base de farelo de soja e milho, sendo muito utilizado em policultivo. O sistema de cultivo intensivo é, por sua vez, caracterizado por apresentar alta densidade de estocagem de peixes, geralmente de elevado valor comercial, cujo crescimento ocorre em função do fornecimento de ração balanceada, de alta qualidade. Este sistema é, também, caracterizado pelo monocultivo de espécies e por empregar frequente renovação de água dos viveiros.

A disponibilidade de milhões de hectares de águas represadas confere ao Brasil condição favorável também para produção de pescado cultivado em tanques-rede, situação em que a criação é efetuada em volumes de água delimitados por redes,

que são inseridas dentro de grandes reservatórios de água doce ou no mar.

A instalação de um empreendimento aquícola requer do aquícultor conhecimento da dinâmica do sistema produtivo a ser explorado, sendo a água o mais importante insumo, uma vez que é neste ambiente que o peixe obtém elementos indispensáveis à sua sobrevivência, à sua proteção e à sua reprodução.

O ecossistema aquático abriga uma comunidade biótica (viva) composta de produtores primários (fitoplâncton, perifiton e macrófitas aquáticas), heterótrofos (além dos peixes introduzidos, o zooplâncton, vermes, larvas de insetos, anfíbios etc), e decompositores (bactérias e fungos) que colonizam o ambiente à medida que vai se desenvolvendo o cultivo para a produção de proteína animal. Desta forma, as partes vivas de um ecossistema qualquer podem ser divididas em três grupos:

- produtores: plantas que captam a energia irradiada do sol e convertem esta energia física em alimento e energia química;
- consumidores: animais herbívoros ou predadores de animais herbívoros;
- decompositores: seres que se alimentam de organismos mortos e, ou, excrementos orgânicos, devolvendo para o ambiente minerais e outras substâncias nutritivas.

A condição básica para a manutenção da vida aquática é a presença do fitoplâncton (produtores), dada a sua capacidade de sintetizar compostos orgânicos que servem de alimentos para toda a fauna. BRANCO (1970b) cita que essa síntese de alimentos depende da presença de luz, gás carbônico e alguns nutrientes minerais em solução na água, especialmente os compostos inorgânicos nitrogenados e fosfatados. Esses compostos são fatores limitantes para o desenvolvimento do fitoplâncton. No entanto, o excesso desses nutrientes no ambiente proporciona a proliferação acentuada de organismos os quais irão causar um impacto negativo ao ecossistema.

Os detritos orgânicos (matéria orgânica não viva, inclusive a matéria orgânica dissolvida) decompostos pelas bactérias heterotróficas são o principal alimento dos protozoários que, por sua vez, são alimento do zooplâncton e/ou “meio faunal”. A parcela restante, não decomposta, do material orgânico é quebrada pela bactéria fermentativa, na zona “sem oxigênio” dos sedimentos.

A otimização do ecossistema na produção de proteína depende da manutenção da qualidade da água. Embora o meio aquático possa ser, aparentemente, estável, a água, por apresentar grande capacidade como solvente (BRANCO, 1970a) e de transporte de materiais em suspensão, está sujeita a inúmeros tipos de interferências e alterações de sua qualidade.

Recentemente tem sido observada uma mudança no perfil dos aqüicultores, quando à utilização de rações comerciais. O setor de alimentos para organismos aquáticos (peixes tropicais, carnívoros, rãs e camarões), que em 1997 representava apenas 0,2% do total de rações fabricadas no Brasil, assume atualmente um importante papel neste cenário, tendo fechado o ano de 2001 como responsável por 4,26% do total de rações produzidas no País (162 mil toneladas). Este volume de ração produzido é distribuído: 65,41% para peixes tropicais (tilápia, pacu, tambaqui, tambacu, etc), 4,93% para peixes carnívoros, 29,62% para camarões e 0,04% para rãs. A previsão do Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, para o ano 2002, é de um aumento na produção de ração para os organismos aquáticos de 20,4% em relação ao ano de 2001. Um perfil bem diferente do sistema utilizado no Brasil no início década de 70, o qual teve como base uma piscicultura consorciada (peixe x suíno, peixe x marreco de Pequim), modelos esses, que buscavam a utilização de subprodutos ou a coexistência de sistemas de produção. Práticas de cultivos que permitiam a produção de proteína a baixo custo (TACON, 1996), mas com elevada deposição de matéria orgânica nos corpos de água.

Os modelos de produção de pescado consorciados ou com uso de adubação orgânica foram difundidos com objetivo de atender aos pequenos produtores com baixo poder aquisitivo. No entanto, independentemente, do tamanho da propriedade rural e do aporte de capital aplicado na aqüicultura, o aqüicultor deve ter como premissa as Boas Práticas de Construção e Manejo preconizadas por QUEIROZ (2002) e OSTRENSKY (2002).

Neste capítulo, pretendeu-se apresentar e discutir a importância de alguns parâmetros relacionados à qualidade da água para uso em aqüicultura, objetivando-se alcançar a máxima produtividade com a manutenção da qualidade do meio. Busca-se, também, apresentar informações básicas sobre aspectos legais

que norteiam a utilização dos recursos hídricos para essa atividade.

12.2- Qualidade da água na aqüicultura

A produção de um tanque de cultivo de peixes está relacionada com a qualidade da água que o abastece. Embora sejam raros os mananciais que não possam ser aproveitados para a piscicultura, a carga de contaminantes presentes na água pode prejudicar o desenvolvimento dos peixes, tornando-os mais vulneráveis ao estresse e às doenças.

O estresse pode causar mudança no comportamento, crescimento reduzido, redução no potencial reprodutivo, redução da tolerância a enfermidades e redução da tolerância a outros fatores estressantes.

Os microrganismos do meio líquido têm importância fundamental na atividade da aqüicultura, interferindo na produtividade, ciclagem de nutrientes, nutrição animal, qualidade da água, controle de doenças e impacto ambiental do efluente. As principais razões para essa essencialidade são, segundo MORIARTY (1997):

- a concentração de oxigênio dissolvido na água é governada pela atividade das algas e bactérias;
- as bactérias podem ser alimento direto para as espécies cultivadas, ou para pequenos animais que alimentarão as espécies cultivadas;
- as bactérias são capazes de decompor o material orgânico presente na água, disponibilizando nitrogênio (N) e fósforo (P) para estimular a produção primária.

Os processos microbianos, aeróbios e anaeróbios também afetam outros fatores da qualidade da água, como pH e concentração de amônia que é um gás altamente tóxico para os peixes.

A qualidade necessária da água para uso na aqüicultura está próxima à requerida para água potável, embora a turbidez possa ser um pouco maior, a qualidade química deve ser muito bem preservada, sob pena de tornar inviável a atividade (MATOS, 2001).

Diversos parâmetros de qualidade da água têm influência na produtividade de sistemas aqüícolas, entretanto alguns

apresentam maior importância e, por esta razão, devem ser monitorados. Os parâmetros físicos mais importantes são: temperatura, sólidos suspensos, transparência, turbidez e condutividade elétrica, enquanto os químicos são a presença de gases dissolvidos, alcalinidade, pH, além da concentração de macronutrientes e de poluentes.

Em sistemas superintensivos de criação de peixes, os fatores limitantes da qualidade da água são a concentração de amônia e CO₂ e o pH [COLT, MONTGOMERY (1991) citados por CYRINO et al., 1998].

12.2.1- Parâmetros físicos

12.2.1.1- Sólidos suspensos

Os sólidos suspensos são constituídos por partículas de alimento não consumido, fezes ou sólidos inorgânicos (frações mais grosseiras do solo que podem chegar até as águas em decorrência de processos erosivos). Os sólidos suspensos podem prejudicar os peixes de duas formas:

- provocando ferimentos ou acúmulo nas guelras e, dessa forma, afetando a respiração do animal.
- possibilitando menor penetração de luz na água e, com isso, reduzindo a produtividade natural do viveiro.

Considera-se que a concentração ideal de sólidos suspensos nas águas de viveiros de criação de peixes deva estar situada abaixo de 2 g.L⁻¹.

12.2.1.2- Transparência e turbidez

A turbidez de um líquido é a medida da interferência à passagem da luz através do meio sendo proporcionada pela presença de partículas em suspensão (MATOS, 2001). Os materiais em suspensão que podem alterar a turbidez ou transparência das águas são as partículas de solo e resíduos orgânicos, que geralmente entram no corpo hídrico em razão da ocorrência de processos erosivos no solo; material orgânico e inorgânico presente em razão do lançamento de esgotos

domésticos ou industriais na água e a presença de algas e pequenos animais.

A turbidez, determinada com um aparelho denominado turbidímetro, pode ser expressa por meio de unidades de Jackson ou nefelométricas - UNT. Valores normais em águas naturais são de 3 a 500 UNT, enquanto que o padrão de potabilidade da água é de 1 UNT.

Em água com elevada turbidez é dificultada a penetração da luz, comprometendo-se o desenvolvimento de microrganismos e a produção aqüícola. Além disso, os sólidos em suspensão na água podem causar danos diretos aos peixes, quando pequenas partículas ficam aderidas às guelras e aos ovos, podendo haver, até, mortandade de peixes e embriões.

A transparência da água tem sido mais usada na caracterização das condições das águas de viveiros de piscicultura, por ser mais facilmente obtida e não depender do uso de equipamentos mais sofisticados. Além disso, pode ser utilizada como um indicativo da densidade da população planctônica no viveiro e, por conseqüência, permite uma estimativa dos riscos da ocorrência de concentrações críticas de oxigênio dissolvido durante o período noturno.

As medidas de transparência com o disco de Secchi devem ser realizadas em dias calmos, entre 10:00 horas e 14:00 horas; sempre pelo mesmo observador e com o disco posicionado à sombra. Quando não houver sombra, o observador deve projetar a sua própria sombra sobre o disco para fazer a leitura. O disco deve ser abaixado lentamente dentro da água na vertical até desaparecer, devendo ser registrada, então, a profundidade máxima com que se percebe os desenhos presentes no disco. O disco é abaixado mais uma pouco e depois erguido lentamente até se possa perceber os desenhos, devendo ser anotada, também, essa profundidade. A média destas duas profundidades é a medida da transparência MELO (1988).

Sob condições de transparência maiores que 40 cm, medida com o disco de Secchi, KUBITZA (1998) cita que é muito rara a ocorrência de concentrações de OD abaixo de 2 mg.L^{-1} em viveiros estáticos com biomassa ao redor de 4.500 kg.ha^{-1} . Águas com transparência maior que 60 cm possibilitam a penetração de suficiente quantidade de luz em profundidade, favorecendo o

crescimento de plantas aquáticas submersas e algas filamentosas.

CYRINO, KUBITZA (1995) sugerem que, como regra geral, a transparência do disco de Secchi entre 30 e 60 cm esteja associada com boa produtividade de peixes e com bom sombreamento do ambiente, adequado para o controle do crescimento de plantas aquáticas. Transparências inferiores a 30 cm estão associadas a problemas de falta de oxigênio no período noturno devido ao excesso de algas.

12.2.1.3- Temperatura

Atividades fisiológicas vitais dos peixes, tal como a respiração, digestão, excreção, alimentação e movimentação, são fortemente influenciadas pela temperatura da água, uma vez que os peixes não têm a capacidade de manter a temperatura interna de seus corpos, ficando a mesma governada pela temperatura do meio aquático. Além de ser uma variável importante no desenvolvimento do peixe, a temperatura influencia, também indiretamente, a produtividade aqüícola, uma vez que interfere na maioria dos processos que trazem alteração na qualidade da água e do solo em contato com a água dos viveiros (BOYD, 1997).

A temperatura da água é considerada um dos fatores de maior importância para a definição da espécie a ser criada pelo aqüicultor. O conhecimento da zona de conforto térmico de cada espécie é fundamental para que se possa selecionar espécies capazes de manifestarem todo o seu potencial genético e, com isso, proporcionarem maior produtividade.

Espécies tropicais apresentam melhor desenvolvimento em uma faixa de temperatura da água que vai de 25 a 32°C (CYRINO, KUBITZA, 1995). Segundo ONO, KUBITZA (1997), sob temperaturas em torno de 18°C, essas espécies de peixes diminuem, sensivelmente, a quantidade de alimentos ingeridos e, por conseqüência, têm diminuída a sua taxa de crescimento, podendo ocorrer estabilização ou até redução do seu peso vivo, conforme apresentado no Quadro 1. Por essa razão, no período do inverno, os piscicultores devem reduzir o fornecimento de ração, evitando perdas pelo excesso de alimento e a perda de qualidade da água.

QUADRO 1 – Temperatura da água e desempenho esperado para os peixes tropicais.

Temperatura (°C)	Desempenho esperado
28 a 32	Ótimo crescimento
< 24	Consumo de alimento reduzido
< 18	Consumo de alimento cessa
10 a 15	Letal para a maioria dos peixes tropicais

Fonte: ONO, KUBITZA, 1997.

12.2.1.4- Condutividade elétrica

A condutividade elétrica expressa a capacidade do meio em transmitir corrente elétrica, devida à presença de ânions e cátions em solução; uma vez que o aumento da concentração iônica na solução proporciona aumento na capacidade de condução de corrente elétrica (MATOS, 2001). O parâmetro é um indicativo da concentração total de substâncias ionizadas em solução na água ou, de outra forma, de sua salinidade.

As unidades que têm sido usadas para condutividade elétrica, são mhos ou S (Siemens) por unidade de comprimento. A água destilada tem uma condutividade elétrica entre 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 2,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, águas naturais entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em águas poluídas >1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em viveiros de piscicultura, TAVARES (1994) observou uma variação de 23 a 71 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo ser a condutividade elétrica usada para avaliar a disponibilidade de nutrientes nos viveiros de piscicultura.

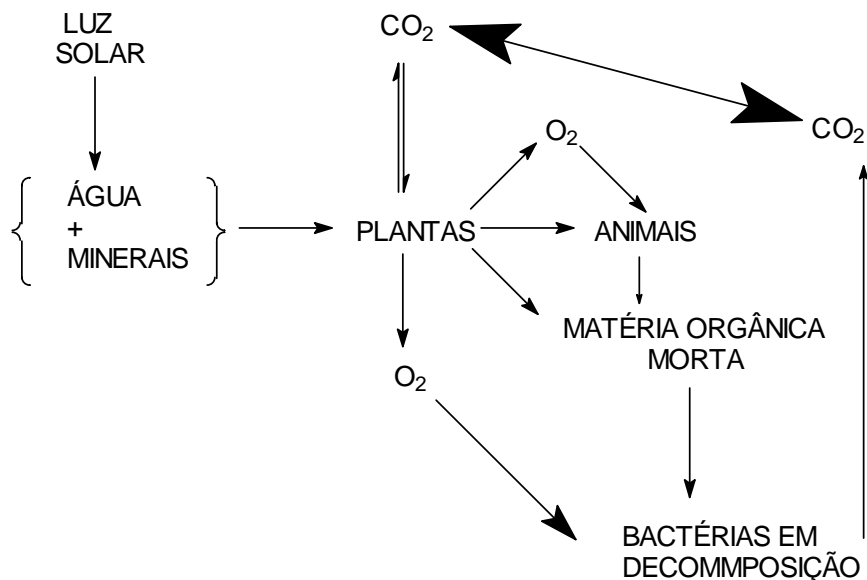
12.2.2- Parâmetros químicos

12.2.2.1- Gases dissolvidos

Dentre os gases que podem estar, em maior ou menor quantidade, dissolvidos na água, o mais importante é o oxigênio, indispensável para a respiração de todos os seres aeróbicos. O gás carbônico, produzido no processo de respiração dos seres vivos e de decomposição da matéria orgânica é, também, indispensável para os vegetais aquáticos, que o utilizam para a síntese da glicose.

a) Oxigênio

Oxigênio dissolvido (OD) na água é de fundamental importância para que os peixes possam realizar suas funções vitais. De forma simplificada, BOYD (1990) esquematizou o ciclo do oxigênio em um ecossistema aquático (Figura 1).



Fonte: BOYD, 1990.

FIGURA 1 – Ciclo do oxigênio no meio aquático.

As fontes de oxigênio para a água são o ar atmosférico e a fotossíntese dos organismos vegetais aquáticos. A entrada de oxigênio atmosférico na massa líquida se dá, principalmente, por meio de processos difusivos, embora o vento e a ação mecânica de agitação das águas também sejam formas naturais de oxigenação do meio. A atividade fotossintética de algas é, entretanto, a principal forma de entrada de disponibilização de oxigênio no meio líquido.

Embora exista grande disponibilidade de O_2 na atmosfera, a difusão de ar atmosférico no meio líquido não é um processo muito eficiente devido, principalmente, às dificuldades impostas pela tensão superficial existente na interface líquido-atmosfera

(CASTAGNOLLI, 1997). Além desta barreira, outros fatores como a temperatura, a salinidade e a pressão atmosférica afetam a capacidade da água em reter o oxigênio gasoso.

A penetração de luz nos tanques de criação de peixes é governada pela turbidez da própria água e pela biomassa de algas presente. A produtividade de O_2 durante a fotossíntese é igual ou superior ao consumo de O_2 pela respiração dos microrganismos atuantes na zona fótica. Entretanto, onde a biomassa de algas é alta ou a água é turva, a zona fótica ocorrerá muito superficialmente, e somente uma pequena proporção de algas estará produzindo oxigênio durante o dia. Abaixo da zona fótica, algas e outros organismos, respiram oxigênio, podendo ocorrer situações em que a quantidade de O_2 liberado na superfície do tanque seja menor que a quantidade consumida na respiração nas camadas inferiores do tanque. Por essa razão, o ideal é que a zona fótica se estenda sobre o máximo possível da coluna d'água.

A concentração de oxigênio dissolvido na água varia com a altitude local, temperatura e a salinidade da água, havendo aumento da solubilidade do oxigênio na água com a redução da altitude local, temperatura e salinidade da água. Os efeitos da variação da temperatura e da salinidade na solubilidade do oxigênio na água, em condições de equilíbrio com a atmosfera, estão registrados no Quadro 2.

QUADRO 2- Solubilidade do oxigênio (mg.L^{-1}) em função da temperatura e salinidade da água.

Temperatura (°C)	Salinidade da água (mg.L^{-1})				
	0	10	20	30	40
0	14,60	13,64	12,74	11,58	11,11
2	13,81	12,91	12,07	11,29	10,55
4	13,09	12,25	11,47	10,73	10,04
6	12,44	11,05	10,91	10,22	9,57
8	11,83	11,09	10,40	9,75	9,14
10	11,28	10,58	9,93	9,32	8,75
12	10,77	10,11	9,50	8,92	8,38
14	10,29	9,68	9,10	8,55	8,04
16	9,86	9,28	8,73	8,21	7,73
18	9,45	8,90	8,38	7,90	7,44
20	9,08	8,56	8,06	7,60	7,17
22	8,73	8,23	7,77	7,33	6,91
24	8,40	7,93	7,49	7,07	6,68
26	8,09	7,65	7,23	6,83	6,46
28	7,81	7,38	6,98	6,61	6,25
30	7,54	7,14	6,75	6,39	6,05
32	7,29	6,90	6,54	6,19	5,87
34	7,05	6,68	6,33	6,01	5,69
36	6,82	6,47	6,14	5,83	5,53
38	6,61	6,28	5,96	5,66	5,37
40	6,41	6,09	5,79	5,55	5,22

Fonte: KUBITZA (1998).

Em águas naturais, a concentração de OD está, geralmente, em constante mudança, em razão da ocorrência de processos biológicos, físicos e químicos no meio aquático. Embora o O_2 possa difundir-se entre o ar e a água, os processos biológicos são os de maior influência na concentração de OD nos viveiros.

A variação diária do OD está ligada ao processo de fotossíntese, de respiração e de decomposição da matéria orgânica, tendo o fitoplâncton papel dominante na dinâmica do oxigênio nos viveiros (fotossíntese/respiração). Em sistemas lacustres, a concentração de oxigênio é, geralmente, baixa pela manhã, podendo alcançar a supersaturação à tarde, como resultado do processo de fotossíntese das algas. A supersaturação de oxigênio nas águas não tem, no entanto, relação direta com a eficiência alimentar e produtividade piscícola (KUBITZA, 1998). Como a concentração de OD é dependente da intensidade do processo fotossintético, a concentração de OD nas

águas deve diminuir à noite, pela ausência de luz e pelo consumo de O_2 no processo respiratório de organismos aeróbios e algas.

A concentração de OD é maior nas camadas superficiais da coluna d'água de viveiros, devido à maior presença de fitoplâncton, em decorrência da penetração de luz, decrescendo à medida que se aprofunda na água.

Bactérias aeróbias, quando da decomposição de material orgânico presente no meio aquático, são os grandes consumidores do oxigênio dissolvido no meio. Além disso, algumas reações químicas se dão com consumo de oxigênio, como é o caso da nitrificação e a oxidação de sulfetos (MATOS, 2001).

O lançamento de águas residuárias ou resíduos sólidos orgânicos ou, ainda, a adubação excessiva das águas com fertilizantes minerais contendo nitrogênio e o fósforo pode gerar aumento na demanda de oxigênio, abaixando as concentrações de OD até valores abaixo daqueles necessários para a sobrevivência das populações naturais ou cultivadas de peixes [NEW (1987) e BOYD (1990) citados por CYRINO et al., 1998].

Apesar de serem fundamentais para a oxigenação do meio, algas em excesso podem, em determinadas situações, concorrerem para o decréscimo de O_2 no meio. Isso ocorre quando há fertilização excessiva da água ou logo após a alimentação dos peixes PROENÇA, BITTENCOURT (1994), com conseqüente crescimento “explosivo” de algas. A elevada massa de algas produzida poderá tornar a água de baixa transparência, em profundidades menores que 30 cm, impedindo a penetração de luz. A baixa luminosidade concorre para a diminuição da produção de O_2 e aumento do consumo desse gás pelas algas, em virtude da ausência de luz no meio, além da morte de algas. A decomposição do material orgânico se dá com consumo de O_2 por organismos aeróbios, o que leva a ainda maior depleção do O_2 do meio. O sintoma mais típico de falta de oxigênio no meio é a presença de peixes nadando com a boca aberta na superfície da água e buscando estar próximos à entrada de água do viveiro.

A concentração de oxigênio dissolvido é, provavelmente, o parâmetro mais crítico da qualidade da água para a criação de peixes [BOYD, LICHTKOPPLER (1979) e SCHMITTOU (1993) citados por CYRINO et al., 1988].

O aumento na concentração de OD nas águas proporciona aumento da precipitação de substâncias oxidáveis, favorecendo sua decantação no fundo dos tanques de criação. A ausência de OD cria condições de anaerobiose no meio, nas quais ocorre redução de elementos químicos, aumentando a solubilidade de algumas formas tóxicas e a biodisponibilidade (disponibilidade para assimilação pelos organismos) de alguns elementos tóxicos.

KUBITZA (1998) cita que os peixes se alimentam melhor, apresentam melhor condição de saúde e crescem mais rápido quando os níveis de OD estão próximos à saturação. Concentrações de OD superiores a 5 mg.L^{-1} são recomendáveis para a piscicultura (Figura 2), no entanto, algumas espécies de peixes podem tolerar concentrações menores, ainda que o seu desenvolvimento possa ser comprometido. Peixes de piracema necessitam de concentrações mínimas de $4,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

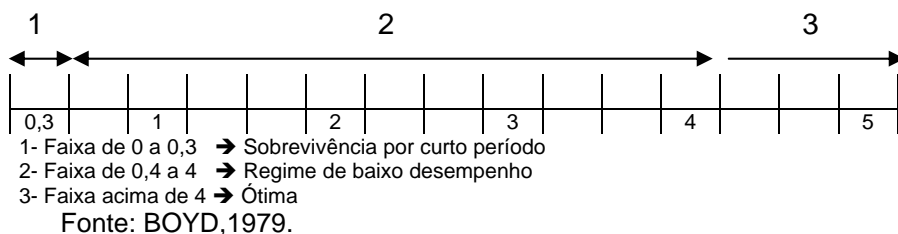


FIGURA 2- Efeito da concentração de OD na água para o desenvolvimento de peixes.

As espécies de peixes, tilápia (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpio communis*) e chinesa (*Cyprinus carpio kolaril*), são difundidas em quase todo o território nacional. Ambas são espécies bastante resistentes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido (a carpa suporta até $3,2 \text{ mg.L}^{-1}$ e a Tilápia do Nilo sobrevive em águas com um mínimo de $1,2 \text{ mg.L}^{-1}$) e em condições de pH e amônia não toleráveis por outras espécies, características químicas indicadoras de água de baixa qualidade. Deste modo, quando comparadas às outras espécies, a tilápia e as carpas apresentam-se mais tolerantes em águas contaminadas.

A melhor maneira de controlar a concentração de oxigênio dissolvido na água é a determinação da correta densidade de estocagem de peixes, uso de doses adequadas de fertilizantes e, principalmente, o monitoramento freqüente da condição das águas. Caso a concentração de OD na água seja insuficiente, chegando a comprometer o desenvolvimento dos peixes, algumas medidas são recomendadas: uso de aeradores mecânicos ou renovação parcial da água do viveiro (troca de 15 a 20% do volume total).

b) Gás carbônico

O gás carbônico (CO_2) é altamente solúvel em água, podendo ser encontrado, no meio aquático, sob três formas: CO_2 livre e HCO_3^- (íon bicarbonato), em valores de pH entre 4,5 a 8,3, e CO_3^{2-} (íon carbonato), em valores de pH superiores a 8,3.

A água pura, cujos gases em solução estão em equilíbrio com os gases da atmosfera, apresenta pH de 5,7.

À medida que o pH diminui, aumenta a concentração de CO_2 , que é tóxico aos peixes, e diminui a de CO_3^{2-} no meio. O gás carbônico (CO_2) é altamente solúvel em água, podendo vir a causar a sua acidificação.

c) Gás sulfídrico

O gás sulfídrico (H_2S) é produzido por bactérias em águas com concentração de OD extremamente baixa (condições redutoras) e baixos valores de pH, condições essas que podem estar presentes no hipolímio de lagoas ou junto ao lodo presente no fundo dos tanques de criação.

Baixas concentrações como de 0,01 mg/L podem ser letais para algumas espécies de peixes, embora algumas espécies mais tolerantes podem suportar concentrações de até 5,0 mg/L.

d) Amônia

A amônia (NH_3), também denominada amônia não ionizada, é, depois do oxigênio dissolvido, o segundo fator em importância em sistemas aquícolas, sendo muito tóxica aos peixes.

A presença da amônia no meio aquático pode ser decorrente da decomposição de material orgânico presente na água, de dejetos frescos de animais ou resíduos orgânicos lançados em sua forma bruta, de excrementos dos organismos aquáticos, de fitoplâncton que se desenvolveram em excesso no meio (“blooms”) e como subproduto de processos de desnitrificação.

A concentração de amônia está inversamente relacionada à de oxigênio dissolvido [THURS et al. (1981) citados por NUNES, 1998] sendo, também, influenciada pela temperatura [COLT, TCHOBANOGLIOUS (1976) citados por NUNES, 1998] e pH da água. Quanto maior o pH e a temperatura da água maior será a concentração de NH_3 .

A concentração da amônia na água de tanques de criação, para que não ocorram prejuízos à produção, deve ficar abaixo de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ (KUBITZA, 1999).

Para que sejam evitadas concentrações de amônia que coloquem em risco a sobrevivência de peixes deve-se agir de forma a manter elevada a concentração de OD no meio; evitar a adição de dejetos frescos de animais na água, uma vez que os mesmos são inexoravelmente ricos em amônia; manter alimentação e vazão de renovação de água em níveis adequados; monitorar e, se necessário, correção do pH, baixando-o com a adição de ácidos; realizar filtragem biológica no sistema de recirculação de água.

7.2.2.2- Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) expressa a atividade de íons H^+ no meio e, como tal, determina seu caráter ácido ou alcalino.

Os fatores que determinam o pH de um corpo d'água são vários, os mais importantes são a concentração de sais em solução que tem íntima relação com as características geológicas

(dissolução de rochas) da região e a presença de ácido carbônico, que está relacionada com a decomposição de resíduos orgânicos. Por ação antropogênica, o pH da água pode também ser alterado, principalmente pelo lançamento de despejos domésticos e industriais e por ação de poluentes atmosféricos ("chuva ácida").

O pH tem influência na distribuição das espécies iônicas de compostos químicos, por isso, alterações no pH podem provocar aumento na concentração de espécies de maior biodisponibilidade e toxicidade, além de aumento na solubilidade e concentração de algumas substâncias no meio (MATOS, 2001).

Na piscicultura, o pH na faixa de 6,5 a 9,5 são considerados aceitáveis, sendo, no entanto, ideal a variação entre 7 a 8,5 (Figura 3).



FIGURA 3 – Desenvolvimento de peixes em função dos valores de pH na água.

O pH do corpo d'água utilizado em um sistema de produção de pescado deve ser constantemente monitorado para determinação da condição de acidez da água. A alteração do pH da água pode afetar o desenvolvimento dos peixes e alguns casos ocasionando mortalidade. TAVARES (1995) cita que as espécies apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias e apresentam grandes dificuldades de respiração, podendo resultar em mortalidade dos peixes. Na fase jovem do peixe (alevino), esses são mais sensíveis à variação de pH. CASTAGNOLLI (1997) verificou que oscilações bruscas de pH na água dos viveiros provocam razoável consumo de energia para a adaptação do peixe às constantes oscilações osmóticas nos filamentos branquiais durante a respiração. O mesmo autor afirmou que condição contínua de baixo pH na água tende a

provocar estresse nos peixes, predispondo-os às doenças infecciosas e parasitárias, especialmente quando não é bom o seu estado nutricional.

O pH da água tem grande influência na produção de alimentos no meio aquático e, por essa razão, tem forte influência indireta na produtividade piscícola.

Normalmente, as águas encontradas no território brasileiro são consideradas ácidas, sendo necessário corrigi-las, para uso em piscicultura. O calcário agrícola, em razão de sua maior disponibilidade e ser relativamente baixo o seu preço no mercado, apresenta-se como o insumo mais recomendado para a correção da acidez da água, podendo ser sua adição efetuada em viveiros secos ou com água (BOYD, 1997). As doses recomendadas para aplicação de calcário agrícola em viveiros cheios estão em função da alcalinidade da água (Quadro 3).

QUADRO 3 - Recomendação da quantidade de calcário em função da alcalinidade da água do viveiro.

Alcalinidade da água (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	Calcário agrícola (kg.ha ⁻¹)
0 - 5	4.000
5 - 10	3.000
10 - 15	2.000
15 - 50	1.000
> 50	Não adicionar

Fonte: BOYD, 1997.

O procedimento mais utilizado para adicionar o calcário nos viveiros é o de lançando sobre a superfície da água do viveiro. A alcalinidade total deve ser, novamente, determinada após 2 a 3 semanas da adição do calcário, a fim de se verificar se foi alcançado o nível de alcalinidade desejado (> 50 mg.L⁻¹ CaCO₃).

Na possibilidade de determinar o pH do solo do fundo do viveiro vazio pode-se recomendar a quantidade de calcário com base na análise do solo (Quadro 4).

QUADRO 4 – Recomendação da quantidade de calcário em função do pH do solo do fundo do viveiro.

pH do solo	Calcário agrícola (kg.ha ⁻¹)
7,0 - 7,5	500
6,0 - 7,0	1.500
5,0 - 6,0	2.000
Menor que 5,0	4.000

Fonte: BOYD, 1997.

Torna-se importante a verificação do nível do pH da água nos viveiros em dois diferentes horários do dia, sendo uma determinação efetuada na parte da manhã e outra ao final do dia, uma vez que há aumento do pH da água ao longo do período claro do dia. Essa variação é decorrente do aumento da concentração de CO₂, liberado no processo respiratório, que reagindo com a molécula de H₂O forma H₂CO₃ (ácido carbônico). Como a respiração é maior durante os períodos de ausência de luz no meio aquático, logo pela manhã tem-se a água com maior concentração de ácido carbônico e, portanto, na condição mais ácida. No período de maior luminosidade, ocorre o processo de fotossíntese, quando o fitoplâncton e outras plantas aquáticas, absorvem o CO₂ dissolvido na água propiciando a elevação do pH no meio. Águas com alcalinidade total baixa podem apresentar valores de pH entre 6,0 e 7,5 no início da manhã, chegando a 10,0 ou mais ao final do período da tarde.

O pH da água é, também, influenciado pelo pH do solo e por processos de alteração da forma de alguns elementos químicos com a participação de microrganismos. A desnitrificação e a redução do sulfato são geradores de acidez para águas.

7.2.2.3- Alcalinidade

A alcalinidade refere-se a disponibilidade de bases no corpo d'água e a sua capacidade em neutralizar os ácidos, conferindo-lhe, dessa forma, resistência às mudanças de pH (poder tamponante de acidez). Quanto menor a alcalinidade da água, maior será a variação diária do pH no meio.

Os maiores contribuintes para a alcalinidade da água são os bicarbonatos (HCO₃⁻), quando o pH da água está entre 4,4 a

8,3; carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos, quando o pH da água está entre 8,3 a 9,4, e hidróxidos (OH^-) e carbonatos, quando o pH da água é maior que 9,4.

Conforme já foi comentado - alterações nos valores de pH - afetam o desenvolvimento dos peixes, por essa razão, um mínimo de alcalinidade é requerido na água mantida em viveiros de produção. Águas que apresentem alcalinidade menor que 20 mg/L de CaCO_3 possuem baixo poder tamponante para a acidez, enquanto concentrações entre 20 a 300 mg.L^{-1} de CaCO_3 estão na faixa ideal. Recomenda-se a utilização de calcário sempre que o nível de alcalinidade apresente-se abaixo de 20 mg.L^{-1} de CaCO_3 .

7.2.2.4- Acidez

A acidez da água pode ser definida como sendo a capacidade do meio em neutralizar bases (poder tamponante).

A acidez na água pode ser decorrente da presença de gás carbônico livre, ácidos minerais, ácidos orgânicos e sais de ácidos fortes na água.

A origem da acidez nas águas pode ser natural, com a incorporação de CO_2 atmosférico e, ou, pela decomposição de material orgânico e geração de gás H_2S , ou antropogênica, como consequência do lançamento de despejos industriais, efluente de mineração, etc.

Quando o pH apresenta-se maior que 8,3 pode-se dizer que o gás CO_2 livre não está presente no meio. No caso de pH entre 4,5 a 8,3 - a acidez é predominantemente carbônica. Valores de pH menores que 4,5 são indicativos de que a acidez da água é provocada pela presença de ácidos minerais fortes em solução, o que pode ocorrer em decorrência de lançamento de despejos industriais em corpos receptores.

7.2.2.5- Dureza

A dureza é o parâmetro que expressa a concentração de cátions multivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} e Al^{3+}). em

solução na água, devendo ser expressa em equivalente de CaCO_3 .

A origem da dureza das águas pode ser natural, por dissolução de rochas calcárias (ricas em cálcio e magnésio), ou antropogênica, com o lançamento de efluentes da mineração e industriais em corpos receptores.

KUBTIZA (1998) cita que, em águas naturais, os valores de dureza total geralmente se equiparam aos da alcalinidade total, ou seja, as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} praticamente se encontram associados aos íons bicarbonatos e carbonatos. No entanto, existem águas de alta alcalinidade e baixa dureza, nas quais parte dos íons bicarbonatos e carbonatos estão associados à presença dos íons Na^+ e K^+ , ao invés de Ca^{2+} e Mg^{2+} , em solução. Nas águas onde a dureza supera a alcalinidade, partes dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} podem estar associados a sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos.

Na Figura 4 estão apresentados, segundo TAVARES (1994), os limites e as classes de dureza de águas.



Fonte: TAVARES, 1994.

FIGURA 4- Classificação da água quanto à dureza.

7.2.2.6- Nutrientes

a) Fósforo

O fósforo, como componente importante do protoplasma celular de plantas e animais, é um dos elementos limitantes na produção aquícola, e sua ausência na água compromete toda cadeia biológica do meio aquático.

A origem do fósforo no meio aquático pode ser decorrente de processos naturais, com a dissolução de rochas ricas neste

elemento, erosão do solo ou decomposição de material orgânico, ou por ação antropogênica, com o lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas em corpos receptores.

Por ser um elemento de baixa disponibilidade natural no meio ambiente tropical (a concentração de P está entre 0,01 e 0,05 mg.L⁻¹, em águas naturais não poluídas), é comum ter-se que incorporar fósforo às águas, adicionando-se fontes solúveis de fosfato. A adubação fosfatada deve ser feita sempre que a concentração deste elemento na água for menor que 0,12 mg.L⁻¹.

O ortofosfato, que é a forma do fósforo dissolvido na água, é a principal causa de eutrofização de rios e lagos, quando os efluentes são despejados sem tratamento nesses corpos receptores (LEUNG, 1998).

b) Nitrogênio

O nitrogênio, da mesma forma que o fósforo, é macronutriente importante para a vida aquática. Além de ser constituinte do corpo dos animais, é de fundamental importância na produção de alimentos e de oxigênio no meio, por se tratar de elemento essencial no processo fotossintético.

A origem do nitrogênio no meio aquático pode ser natural, disponibilizada com a degradação do material orgânico, chuvas e difusão atmosférica, ou antropogênica, pelo do lançamento de despejos domésticos, industriais, de criatórios de animais e fertilizantes em corpos receptores, além de precipitação em “chuvas ácidas” (MATOS, 2001).

O nitrogênio pode estar presente, no meio aquático, sob as seguintes formas: nitrogênio molecular (N₂), fixado por algumas espécies de algas; nitrogênio orgânico, na forma dissolvida ou particulada (biomassa de organismos); íon amônio (NH₄⁺), que é uma forma reduzida do nitrogênio, presente em condições de anaerobiose do meio; íon nitrito (NO₂⁻), que é a forma intermediária do processo de oxidação, sendo muito instável; e íon nitrato (NO₃⁻), que é a forma oxidada de nitrogênio, presente em condições de aerobiose do meio.

A forma gasosa (NH₃) já foi discutida em item anterior e, por isso, não será considerada novamente.

Apesar do nitrito (NO_2^-) ser, normalmente, encontrado em baixas concentrações na água, por ser uma forma muito instável, produzida com a nitrificação do íon amônio, equação a seguir, ele pode vir a ser tóxico aos organismos aquáticos no caso de poluição orgânica ou quando as concentrações de OD atingem valores muito baixos.



O nitrito combina-se com a hemoglobina do sangue dando origem a metahemoglobina, que é ineficiente no transporte de oxigênio pelo sangue.

Concentrações de nitrito acima de $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$ podem trazer prejuízos à aqüicultura.

A principal forma nitrogenada para o fitoplâncton e outros vegetais aquáticos é a do nitrato, pois pode ser mais prontamente absorvida pelos vegetais, possibilitando maior disponibilidade de alimentos na base da cadeia trófica. A forma amônio pode, também, ser absorvida.

Em ambiente redutor, como é o caso do fundo de tanques de aqüicultura, o nitrato pode ser reduzido por bactérias desnitrificadoras, sendo transformado em gás N_2 , podendo produzir óxido nitroso (N_2O) ou amônia (NH_3). A amônia e o sulfato que são produzidos no fundo dos tanques podem ser, entretanto, reoxidados, ao atingirem camadas mais superficiais da água, por ação de bactérias autotróficas.

c) Cálcio

O cálcio pode estar naturalmente presente nas águas em razão da dissolução de rochas (notadamente as calcárias) ou, por ação antrópica, em razão do arraste de material de solo e fertilizantes em processos erosivos e pelo lançamento de águas residuárias e resíduos domésticos, industriais e da mineração.

O cálcio pode estar presente nas águas na forma catiônica (Ca^{2+}), ou formando sais bicarbonato (solúvel) ou carbonato (considerada insolúvel em condições normais de pH e alcalinidade do meio). A transformação de carbonatos em bicarbonatos, e vice-versa, depende da quantidade de CO_2 presente e do pH da água.

Águas ricas em cálcio são as que apresentam maior produtividade aquática, logo a adição desse elemento é recomendada se a sua concentração estiver baixa nesse meio.

d) Micropoluentes

Vários metais podem ser tóxicos aos peixes e outros organismos aquáticos, dentre eles o mercúrio, cádmio, cobre, crômio, níquel, alumínio, manganês e zinco. Apesar da baixa concentração em que podem ser encontrados, a presença de micropoluentes nas águas causa preocupação em razão do risco de ocorrência do fenômeno da “bioconcentração” ou da “biomagnificação”, que é o acúmulo e aumento da concentração desses poluentes no tecido dos organismos, à medida que se avança no nível da cadeia alimentar (MATOS, 2001).

As fontes mais comuns desses metais são os efluentes de mineração, os esgotos domésticos e industriais, lixiviados de lixões e aterros sanitários, além de precipitados atmosféricos.

Águas ácidas geralmente apresentam maiores concentrações de metais em suas formas solúveis, as quais são mais perigosas por estarem mais biodisponíveis.

Além dos metais pesados, alguns compostos orgânicos naturais ou sintéticos podem ser tóxicos aos organismos aquáticos, podendo-se citar, dentre eles, os fenóis, pesticidas agrícolas, alguns detergentes e hidrocarbonetos.

A fim de preservar a qualidade química da água dos tanques, deve-se providenciar barreiras de proteção para evitar a entrada de águas de escoamento superficial, uma vez que as mesmas podem trazer material orgânico e solo. Muitos dos poluentes orgânicos persistentes, bioacumuláveis e tóxicos, em especial os compostos clorados, incluindo muitos pesticidas, estão fortemente associados ao material de solo mais superficial, em especial, ao carbono orgânico (MATOS 2001).

7.2.3- Parâmetros microbiológicos

A qualidade bacteriológica da água para uso em aquicultura deve considerar os riscos de contaminação dos músculos dos peixes.

Os microrganismos patogênicos acumulados nas vias digestivas e no líquido intraperitoneal dos peixes podem constituir-se num risco de contaminação da carne e de outras partes comestíveis do pescado, ocorrendo a transmissão aos consumidores, se não forem observadas as devidas normas de higiene durante sua preparação, sobretudo durante a evisceração (LEON, CAVALLINI, 1999).

Peixes que crescem em tanques de criação fertilizados com excretas ou que recebam águas residuárias podem, também, contaminar-se com bactérias e vírus, transportados passivamente nas escamas ou nas brânquias, pelo líquido intraperitoneal ou, ainda, pelas vias digestivas ou pelo músculo do peixe. Dessa forma, o pescado que é consumido cru ou mal cozido pode transmitir várias infecções bacterianas ou virais.

Segundo STRAUSS, citado por LEON, CAVALLINI (1999), é possível a penetração de bactérias no músculo dos peixes quando estão sendo criados em águas com coliformes fecais (CF) e *Salmonella* em concentrações superiores a 10^4 e $10^5/100\text{mL}$, respectivamente. O mesmo autor afirmou que dados de pesquisa sugerem que ocorra pequena acumulação de organismos entéricos e de microrganismos patogênicos no interior ou na superfície do tecido comestível dos peixes, quando a concentração de CF na água for inferior a 1000/100 mL. Ainda assim, ressalta que possa ser encontrado elevado número de microrganismos patogênicos nas vias digestivas e no líquido intraperitoneal dos peixes, mesmo no caso de baixas contaminações bacteriológicas das águas.

Um padrão definitivo sobre a qualidade bacteriológica da água para a piscicultura não existe ainda, recomenda-se, no entanto, com diretriz de caráter provisório, a média geométrica de 1000 NMP/100 mL para tanques ou lagoas de criação de peixes (LEON, CAVALLINI, 1999).

Certas espécies de peixes são os hospedeiros intermediários secundários de vários outros parasitos helmínticos como, por exemplo, da espécie *Clonorchis* (trematóides). A

transmissão ocorre quando o pescado é consumido cru ou mal cozido e faz com que os cistos contidos na carne do pescado sejam incubados no intestino humano.

Os caracóis aquáticos são hospedeiros intermediários de vários helmintos humanos, inclusive o gênero *Schistosoma*. A transmissão pode ocorrer quando as pessoas tomam banho em tanques ou lagoas de peixes, onde existam caracóis infectados, pois as larvas da esquistossomose podem penetrar na pele humana.

7.3- Impactos ambientais da atividade aquícola

Em um sistema de produção o aquícultor deve projetar seu empreendimento de tal forma que a qualidade da água seja mantida em níveis que propicie máximo crescimento dos organismos cultivados, além de estar o efluente gerado da atividade dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental para lançamento em corpos receptores.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), no Art. 1^o, da Resolução N^o 01, de 23 de janeiro de 1986, caracteriza: "impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota (conjunto dos seres animais e vegetais de uma região); as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente". Para fins legais, considera-se como impacto ambiental, apenas os efeitos da ação antrópica sobre o meio ambiente, ou seja, não se considera os danos acarretados por fenômenos naturais que se processem lentamente ou na forma de catástrofes naturais.

Alguns autores, baseados nesse conceito, vêm descrevendo impactos negativos da atividade aquícola. PILY (1992), citado por QUESADA et al. (1998), considera como principais impactos provocados pela aquícultura: os conflitos resultantes do uso dos corpos d'água; a sedimentação e obstrução dos fluxos da água; a hipernitrificação e eutrofização; a descarga dos efluentes de viveiros de cultivo; e a poluição por

resíduos químicos empregados. De uma outra forma, pode-se citar os impactos negativos como sendo a modificação da vazão e da temperatura da água; aumento da concentração de nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão, demanda química e bioquímica de oxigênio; diminuição da concentração de oxigênio dissolvido; contaminação com produtos químicos e antibióticos; geração de sedimentos ricos em matéria orgânica; excessiva floração de algas em águas eutrofizadas; modificação do índice biótico (comunidades de invertebrados) e do índice de integridade biótica (população de peixes); poluição e erosão genética; e aumento do risco de disseminação de doenças.

No Projeto “Formulação e Implementação de Políticas Públicas Compatíveis com os Princípios do Desenvolvimento Sustentável” (BRA/94/016) embora a aquicultura seja considerada como atividade de baixo impacto ambiental, são enumerados fatores que devem ser observados para que danos ambientais não sejam provocados. Dentre eles, são citados:

- Monitoramento da qualidade da água, principalmente se ela for drenada para cursos d’água;
- Evitar a introdução de espécies alóctones, pois essas espécies introduzidas podem atingir o ambiente natural e se estabelecerem, competindo com algumas espécies da fauna natural local e, eventualmente, podendo leva-las à extinção;
- A contaminação de espécies locais por parasitos de espécies introduzidas. Um exemplo dessa contaminação ocorreu com a introdução de carpas importadas (1986/87), infestadas com o copépodo parasita *Lernaea cyprinacea*.

Com a finalidade de nortear os procedimentos mínimos para a implantação e condução da atividade piscícola dentro do preceito de preservação ambiental, QUEIROZ (2002), propõe uma relação de praticas as quais denominadas de Boas Práticas de Manejo (BPMs) e sugere:

- Operação e manejo dos viveiros: utilizar os viveiros de produção de peixes por vários anos sem efetuar trocas d’água; reter a água da chuva para reduzir o volume de efluentes; utilizar rações de alta qualidade e métodos de alimentação eficientes; conduzir os cultivos conforme a capacidade assimilação dos viveiros, dispor de sistemas com aeração circulação adequada da água dos viveiros, posicionar os aeradores de forma correta para minimizar a erosão, e eliminar as trocas de águas.

- Drenagem e despesca: permitir a decantação dos sólidos antes da drenagem final da água; reutilizar a água proveniente da drenagem dos viveiros; efetuar o tratamento dos efluentes em áreas de inundação especialmente construídas antes da drenagem final; drenar os efluentes dos viveiros, sempre que possível, em áreas de inundação naturais; utilizar os efluentes dos viveiros para uso como fertirrigação de culturas agrícolas.
- Construção e manutenção dos viveiros: otimizar a relação entre a área da bacia hidrográfica e a área dos viveiros; desviar o excesso de escoamento superficial para longe dos viveiros; construir valetas para minimizar a erosão e plantar uma vegetação adequada nos taludes dos viveiros; proteger os taludes das valetas onde estão situados os viveiros; evitar que os viveiros fiquem vazios durante o período de inverno; fechar as saídas de drenagem quando os viveiros estiverem sendo reformados; usar os sedimentos acumulados no fundo dos viveiros para reparos dos taludes dos próprios viveiros; e escavar os viveiros durante a renovação e manutenção dos mesmos, a fim de manter sua profundidade original.

As BPMs são dependentes da situação de cada empreendimento, podendo necessitar de um número muito maior de práticas para mitigar os impactos ambientais provocados pela atividade. Os aquícultores, por meio de ações organizadas, devem buscar, junto aos órgãos governamentais, apoio no sentido de viabilizar a implantação e a certificação dos empreendimentos que se adequam aos padrões de exigência ambientais, econômica e social.

AGOSTINHO (1996) enfatizou alguns aspectos do impacto ambiental que o cultivo de peixes em tanque-rede provoca nas áreas próximas ao reservatório, dentre os quais a introdução de espécies nos corpos d'água, por danos provocados nas malhas e nas estruturas do tanque-rede, tornando inevitável os escapes de espécies alóctones ou exóticas. Outro risco é a incidência de predadores (peixes, répteis, aves e mamíferos), dado o aumento da densidade de alimentos em pequenas áreas, podendo provocar mortalidade e parasitoses. A perda da qualidade da água, devido ao acúmulo de restos de alimentos, fezes, metabólitos excretados, e o eventual uso de drogas e produtos químicos são inevitáveis em um empreendimento piscícola.

KUBTIZA (1998) enfatizou que a capacidade de suporte dos parques aquícolas em grandes reservatórios é limitada pelo potencial poluente dos alimentos utilizados e que uma forma eficaz de reduzir as perdas de nutrientes e, conseqüentemente, diminuir o impacto desse insumo na qualidade da água é a utilização de rações de alta qualidade nutricional que possibilite excelentes índices de conversão alimentar.

Visando a produção sustentável de camarões, OSTRENSKY (2002) recomenda a adoção de boas práticas de manejo, tais como:

- identificar os sítios mais adequados, tanto em termo de qualidade de água, como de solo, evitando as áreas de mangue, que, reconhecidamente, não são apropriadas para o cultivo de camarões;
- construir os viveiros de foram adequada;
- implantar sistemas de tratamento primário (tanques de sedimentação), a fim de diminuir a carga de sedimentos na água de abastecimento dos viveiros;
- utilizar densidades de animais mais adequadas às realidades regionais e ao seu nível de capacidade técnica;
- utilizar rações de grande aceitação pelo camarão, para que se possa reduzir o risco de contaminação ambiental;
- armazenar adequadamente as rações;
- utilizar técnicas de manejo que possibilitem a redução das taxas de renovação de água (tomando os cuidados necessários para prevenir a redução das taxas de crescimento dos camarões ou o surgimento de enfermidades);
- implantar, pelo menos nos novos empreendimentos, sistemas de tratamento dos efluentes, principalmente para promover a sedimentação, nitrificação e remoção de outros poluentes associados aos sólidos em suspensão descarregados durante a despesca. A água não deve ser descarregada até que as substâncias potencialmente tóxicas tenham sido decompostas em suas formas não tóxicas;
- exigir dos fornecedores de insumos (inclusive produtos químicos), que só promovam produtos que tenham sido testados e aprovados cientificamente e que sejam apresentadas todas as informações pertinentes (contração dos ingredientes ativos, rotina

de tratamento, doses, cuidados e riscos ambientais, espécies e estágio de vida a serem tratados) aos produtos comercializados;

- não utilizar pós-larvas de procedências duvidosa ou desconhecida; e
- adotar procedimentos de biossegurança, como procedimentos de rotina nas fazendas.

A importância da adoção destas Boas Práticas de Manejo, pode ser evidenciado nos nutrientes e sólidos em suspensão contidos nos efluentes gerados, anualmente, em uma fazenda de cultivo de camarão, que adote um sistema semi-intensivo (455 kg.ha^{-1} de nitrogênio, 238 kg.ha^{-1} de fósforo e $196.000 \text{ kg.ha}^{-1}$ de sólidos em suspensão). No caso de sistemas de produção intensivos os valores podem ser de três vezes maiores, pondera OSTRENSKY (2002).

Espera-se para atividade aqüícola, o crescimento sustentável, com geração de riqueza, empregos, impostos, produção de proteína de alto valor biológico, lazer, equidade social e prudência ecológica. O ordenamento legal da atividade deve ser visto pelos aqüicultores e técnicos não como penalidade ao sistema de produção mas como um arcabouço jurídico que tem como objetivo fazer valer a grande responsabilidade delegada à sociedade no que concerne à manutenção dos ecossistemas para as presentes e futuras gerações.

7.4- Legislação ambiental pertinente à atividade da aqüicultura

A partir da década de 70, a piscicultura no Brasil teve grande impulso com a organização e com o aperfeiçoamento de várias estações de pesquisas e produção de alevinos e, desde 1934 os instrumentos legais que apresentam relação direta com a atividade estão presentes no Código de Águas, no Código da Pesca e no Código Florestal etc. No entanto, somente nos últimos anos iniciou-se uma cobrança maior com relação à condução legal dos empreendimentos tanto piscícola quanto àqueles empreendimentos ligados à agropecuária de uma maneira geral.

A Resolução do CONAMA Nº 020, de 18 de junho de 1986, foi substituída pela Resolução do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, de nº 357, de 17 de março de 2005, publicada no Diário Oficial da União (D.O.U) de 18 de março de 2005 (BRASIL, 2005).

Na Resolução do CONAMA de nº 357, em seu Artigo 1º esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Em seu Art. 3º as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade. Em Parágrafo único, ressalta que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Para cada classe são estabelecidos limites e/ou condições de qualidade a serem respeitados, de modo a assegurar seus usos preponderantes, sendo mais restritivo quanto mais nobre for o uso pretendido. Para a utilização na aquicultura, é necessário que as características da qualidade da água estejam enquadradas nas classes 1 ou 2 das águas doces, classe 1 das águas salinas e salobras, no entanto, várias espécies de interesse comercial podem ser cultivadas em águas de qualidade inferior, desde que essas águas apresentem concentrações de metais pesados, agrotóxicos ou biocidas abaixo dos limites máximos recomendáveis para a atividade.

Como na produção de pescados o uso de rações, adubos (orgânicos e inorgânicos) e as fezes dos organismos cultivados, alteram a qualidade da água, para lançamento de efluentes da piscicultura nos corpos de água deve se observar às condições impostas pela Resolução CONAMA de nº 357 (BRASIL, 2005):

Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20 mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn

Continuação TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES

PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4- aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Recentemente, a produção de pescado em tanques-rede nas águas represadas de posse da União, vem sendo bastante discutida pelos técnicos da área ambiental e de concessionárias de energia elétrica e órgãos governamentais. O Decreto Lei Nº 1.695, de 13 de dezembro de 1995, regulamentado pelo Decreto Nº 2.869, de dezembro de 1998, vem autorizar esta prática que pode ser exercida por pessoa física ou jurídica, em caráter temporário e pessoal e com direito intransferível, no todo ou em parte, sem prévia anuência do órgão cedente (Art. 1º).

Os interessados na exploração da aquicultura em águas públicas da União devem fazer uma consulta prévia, em formulário próprio, ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento, que terá um prazo de sessenta dias para acolher ou rejeitar o pedido, após ouvidos os Ministérios da Defesa, do Planejamento, Orçamento e Gestão, da Integração Nacional e do Meio Ambiente, que terão trinta dias para se manifestarem a respeito. Caso os Ministérios não se manifestem no prazo estipulado, será considerado o parecer do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

Os projetos a serem instalados em corpos de água sob administração do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODESVAF ou de companhias hidrelétricas serão analisados pelas próprias entidades.

É responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente a definição dos ambientes aquáticos, objetos da prática da aquicultura, e pelo monitoramento da qualidade da água nesses ambientes.

Os órgãos e entidades envolvidas no processo de autorização de uso de águas públicas de domínio da União deverão estabelecer, em ato conjunto, o plano de criação de

parques aquícolas (espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, que compreende um conjunto de áreas aquícolas afins, em cujos espaços físicos intermediários podem ser desenvolvidas outras atividades compatíveis com a prática da aquícultura) e suas respectivas áreas aquícolas (espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, destinado a aquícultura).

Na exploração aquícola em águas doces, será permitida somente a utilização de espécies autóctones de bacia em que esteja localizado o empreendimento e de espécies exóticas que já estejam comprovadamente estabelecidas no ambiente aquático, sendo necessária a utilização de “sementes” originárias de laboratórios registrados no Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

Nos reservatórios hidrelétricos, a exploração aquícola deverá resguardar a plena operação do respectivo reservatório e a preservação ambiental. A concessionária operadora do reservatório e o aquícultor assinarão termo de ajuste de seus interesses, incluída, quando for o caso, a obrigatoriedade de realização da sinalização náutica recomendada pelo Ministério da Marinha, com vistas em manter a segurança da navegação e o livre tráfego de embarcações.

Ao Departamento de Pesca e Aquícultura do Ministério da Agricultura e do Abastecimento foi delegada a competência (Decreto Nº 3.527, de 28 de junho de 2000) de elaborar estudos e propor procedimentos e normas, com vistas no aproveitamento dos recursos pesqueiros, além de supervisionar e implementar ações de povoamento de águas públicas da União.

7.5- Bibliografia

AGOSTINHO, A. A. A questão ambiental dos tanques-rede. **Panorama da Aquícultura**. Vol. 6, nº 35., 12p., Maio/junho de 1996.

BORBA. M G.; THOMPSON. M.M.; SILVA. A. L.N. Influência do emprego de tanques-rede sobre a qualidade da água em um viveiro de piscicultura. In: AQUICULTURA BRASIL'98, Recife, 1998. **Anais....**, Recife, p.449-461, 1998.

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

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aqüicultura**. Associação Americana de Soja (ASA), Campinas (Tradução: Eduardo Ono). 55p., 1997.

BRANCO, S. M. **O peixe em relação ao ambiente**. In: Poluição e Piscicultura. Notas sobre poluição ectiologia e piscicultura, p.25-32., 1970a.

BRANCO, S. M. Poluição – Alteração na composição física, química e biológica do meio ambiente. In: **Poluição e Piscicultura**. Notas sobre poluição ectiologia e piscicultura, p.37-44., 1970b.

BRASIL. Leis, decretos, etc... Resolução n 357, de 17 de março de 2005, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 18 de março de 2005.

CASTAGNOLLI, N. Piscicultura Intensiva e sustentável de espécies nativas brasileiras. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, Piracicaba, 1997. **Anais...**, Piracicaba, p.117-130., 1997

CYRINO J. E. P. et al., Desenvolvimento da criação de peixes em tanque-rede: Uma análise dos fundamentos, viabilidade e tendências, baseadas em experiências bem sucedidas no sudeste do Brasil. In: AQÜICULTURA BRASIL'98, 1998. **Anais ...**, Recife, p.416., 1998.

CYRINO, J. E. P. e KUBITZA, F. **Curso de atualização em piscicultura**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 100p., 1995.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes –Parte III. **Panorama da Aqüicultura**, Vol.8, Nº 47., 35-43p., Maio/junho-1998.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixe**. Piracicaba: ESALQ/USP, 107p., 1999.

LÉON S., G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento de águas residuárias**; trad. de GHEYEI, H. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. Q.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 110p., 1999.

LEUNG, R. Qualidade de água em sistema de cultivo super intensivo de Brycon orbignyanos. In: AQUICULTURA BRASIL'98, Recife, 1998. **Resumos ...**, Recife, p. 416., 1998.

MATOS, A.T. **Poluição ambiental e seus efeitos**. Brasília: ABEAS; Viçosa: DEA/UFV. 2001. 121p (ABEAS. Curso Uso Racional dos Recursos Naturais e seus Reflexos no Meio Ambiente. Módulo 6).

MELO, J. S. C. **Água e construções de viveiros na piscicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 115p., 1998.

MORIARTY, D.J.W. **The role of microorganisms in aquaculture ponds**. Austrália, 1997.

NUNES, A.J.P., Interaction of diel water quality variations with the feeding rhythms and growth of the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* in a semi-intensive culture system. In: AQUICULTURA BRASIL'98, Recife, 1998. **Anais...**, Recife, p. 194. 1998.

ONO. E.A. & KUBITZA, F. **Técnicas de produção de peixes em tanques-rede**. Piraciaba: Promoção Brazilian Sport Fish. 32p., 1997.

OSTRENSKY, A. Aqüicultura brasileira e a sua sustentabilidade. Anais..., XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, Goiânia-GO, junho de 2002. **Anais....**, Goiânia, p 4-10., 2002.

PROENÇA, C.E.M. & BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA. 196p., 1994.

QUEIROZ, J.F. Código de melhores práticas de manejo para a aqüicultura. In: XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, Goiânia, 2002. **Anais...**, Goiânia, p 12-22., 2002.

QUESADA, J.E., COELHO, M.A., AQUINI, E. N., CURIACOS, A. P. J.; et al. Aqüicultura sustentável: construindo um conceito. In: I Congresso Sul - Americano de Aqüicultura, X Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, V Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão e II FERIA de Tecnologia e Produtos para Aqüicultura. Recife, 1998, **Trabalhos Científicos...**, Recife, p.515–525., 1998.

TACON, A. Feeding tomorrow's. **World Aquaculture**. 26(3):20-23p, 1996.

TAVARES, L.H.S. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 70p., 1994.

ANEXO

Os quadros que constituem este anexo foram adicionados a este capítulo pelo autor principal do livro, apenas como forma de complementar as informações deste capítulo e apresentar mais dados sobre um assunto de fundamental importância.

QUADRO 1- Espécies de peixe produzidos comercialmente e/ou experimentalmente no Brasil.

Espécie	Nome comum	Espécie	Nome comum
<i>Arapaima gigas</i>	Piracucu	<i>Micropterus salmoides</i>	Black bass
<i>Aristichthys nobilis</i>	Carpa-cabeça-grande	<i>Mugil cephalus</i>	Tainha
<i>Astronotus ocellatus</i>	Apaiari	<i>Myleus sp.</i>	Pacu
<i>Astyanax sp</i>	Lambari	<i>Odontheistis bonariensis</i>	Peixe-rei
<i>Brycon cephalus</i>	Matrinxã	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Truta-arco-íris
<i>Brycon hilarii</i>	Piraputanga	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia
<i>Brycon lundii</i>	Matrinxã	<i>Oxydoras niger</i>	Cuiú-cuiú
<i>Brycon orbignyanus</i>	Piracanjuba	<i>Paqui (híbrido)</i>	Paqui
<i>Centropomus paralellus</i>	Robalo	<i>Patinga (híbrido)</i>	Patinga
<i>Cichla ocellaris</i>	Tucunará	<i>Piaractus brachypomum</i>	Piratitinga
<i>Clarias gariepinus</i>	Bagre-africano	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	Pacu-caranha
<i>Colossoma braquipomum</i>	Pirapitinga	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescado-do-piauí
<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	<i>Prochilodus argenteus</i>	Curimatã pacu
<i>Ctenopharingodon idella</i>	Carpa-capim	<i>Prochilodus cearensis</i>	Curimatã-comum
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa-comum	<i>Prochilodus linneatus</i>	Curimbatá
<i>Hypophthalmictys molitrix</i>	Carpa-prateada	<i>Prochilodus margrivi</i>	Curimbatá
<i>Hipostomus sp.</i>	Cascudo	<i>Prochilodus scrofa</i>	Curimbatá
<i>Hoplias lacerdae</i>	Trairão	<i>Prochilodus nigricans</i>	Curimatá
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Cachara
<i>Hoplosternum sp.</i>	Camboatá	<i>Rhamdia quelen</i>	Jundiá
<i>Ictalurus punctatus</i>	Bagre-americano	<i>Salminus maxillosus</i>	Dourado
<i>Leporinus macrocephalus</i>	Piapara	<i>Schizodon sp.</i>	Piau
<i>Leporinus macrocephalus</i>	Piaçu	<i>Semaprochilodus sp.</i>	Jaraqui
<i>Lophiosilurus alesandri</i>	Pacamã	<i>Tambacu (híbrido)</i>	Tambacu

Fonte: HILSDORF, MOREIRA, 2004.

QUADRO 2- Quantidade de pescado advindo da pesca e aquicultura, de 1996 a 2001.

		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Produção Água doce	Pesca	7,4	7,5	8,0	8,5	8,8	8,8
	Aquicultura	15,9	17,5	18,5	20,1	21,4	22,4
	Sub-total	23	25	26,5	28,6	30,2	31,2
Produção Marinha	Pesca	86,1	86,4	79,3	84,7	86,0	82,5
	Aquicultura	10,8	11,1	12,0	13,3	14,2	15,1
	Sub-total	96,9	97,5	91,3	98,0	100,2	97,6
Total	Pesca	93,5	93,9	87,3	93,2	94,8	91,3
	Aquicultura	26,7	28,6	30,5	33,4	35,6	37,5
	Produção	120,2	122,5	117,8	126,6	130,4	128,8
Utilização	Consumo humano	88,0	90,8	92,7	94,4	96,7	99,4
	Outros usos	32,2	31,7	25,1	32,2	33,7	29,4
	População (bilhões)	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,1
	Suprimento per capita de pescado (kg)	15,3	15,6	15,7	15,8	16,0	16,2

Produção e utilização em milhões de toneladas

Fonte: FAO (2003) citado por HILSDORF, MOREIRA, 2004.

QUADRO 3- Tipos de efeitos dos efluentes oriundos de pisciculturas e o número de ocorrências na Finlândia.

Efeitos	Nº de ocorrências	%
Eutrofização	22	24,4
Aumento de compostos fosfóricos	15	16,7
Crescimento de populações bacterianas	11	12,2
Queda na quantidade de oxigênio	9	10,0
Florações de algas	8	8,9
Deposição de detritos de fungos e de sólidos	5	5,6
Aumento de clorofila-a	4	4,4
Aumento de macrófitas	3	3,3
Aumento da turbidez da água	2	2,2
Odores anormais	2	2,2
Peixe com gosto ruim	2	2,2
Água não potável	2	2,2
Restrições no uso da água potável	1	1,1
Mortandade de peixes	1	1,1
Mudanças na fauna bêntica	1	1,1
Poliuição em armadilhas de pesca	1	1,1
Deterioração de pescas	1	1,1
Total	90	100

Fonte: BARDACH (1997) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 4- Considerações sobre os impactos ambientais em sistemas de aquícultura.

Natureza do sistema	Considerações sobre os impactos ambientais
Tanques	
Ambiente projetado especificamente para aquícultura. Oxigenação e nutrição ocorrem principalmente por processos lênticos naturais.	Grandes volumes de água são requeridos para atingir e manter os níveis de água requeridos. Efluentes podem impactar as águas receptoras.
Sistemas recirculatórios	
Água retirada deste sistema fechado é filtrada e relançada ao sistema.	Apresentam pouca probabilidade de produção de impactos.
Tanques-rede e cercados em águas públicas	
Criação de organismos vivos através de tanques-rede e cercados em grandes corpos de água (lagos, baías, fiordes, etc). A qualidade da água é mantida por processos naturais.	Principais impactos são a matéria fecal produzida e a parcela de alimentos não ingerida pelo organismos cultivados, sobre a qualidade de água e dos bentos local. Impactos estéticos negativos podem ser considerados em áreas populosas.
Sistemas que usam derivações de águas lólicas	
Sistemas em que os organismos criados em açudes, tanques ou "raceways" são mantidos com um fluxo constante de água derivada de um ambiente aquático lótico. O efluente retorna ao sistema lótico.	Requerem constante derivação de grandes quantidades de água superficial. A qualidade dos efluentes é usualmente pior do que da água recebida na captação.

Fonte: BRUNE e TOMASSO (1991) citados por TIAGO, 2002.

QUADRO 5- Produção aquícola mundial em toneladas métricas por tipo de recurso hídrico, no ano de 1986.

Recurso hídrico	Água	Peixes	Moluscos	Crustáceos	Algas
Lagos de água doce	125,00	-	-	-	-
Rios e canais	1,25	4.820.880	9.682	117.200	-
Água subterrânea	8.250,00	-	-	-	-
Lagos salinos e Mares internos	105,00	-	-	-	-
Umidade de solo	65,00	-	-	-	-
Atmosfera	13,00	-	-	-	-
Calotas polares, geleiras e neve	29.200,00	-	-	-	-
Mares e oceanos	1.320.000,00	375.267	3.199.452	266.193	2.626.572

Fonte: PHILLIPS et al (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 6- Impactos ambientais e sócio-econômicos na aquíicultura.

Atividades	Impactos possíveis
Conversão de mangues em tanques para aquíicultura	Redução de produtos do mangue Redução na produção pesqueira Erosão da costa Desemprego causado por falta de especialização de mão-de-obra Crescimento da oferta de produtos aquícolas
Conversão de áreas agrícolas em tanques para aquíicultura	Redução da oportunidade de produção agrícola Desemprego causado por falta de especialização de mão-de-obra Escassez de alimentos essenciais Crescimento da oferta de produtos aquícolas
Uso de água de superfície e subterrânea	Redução na irrigação de plantações Recalque do solo Intrusão de água salgada em corpos aquáticos e em áreas agrícolas Salinização de aquíferos de água doce
Uso de descarga de efluentes	Redução de produção aquícola a jusante Autopoliuição Poluição da água
Uso de produtos químicos, antibióticos e hormônios	Risco à saúde pública
Introdução de espécies exóticas	Alteração da biodiversidade Introdução de doenças
Aquíicultura intensiva em larga escala	Conflitos com aquícultores de pequena escala Distribuição desigual de renda Desemprego causado por falta de especialização de mão-de-obra
Aquíicultura em tanques-rede e cercados	Redução de pressão sobre áreas terrestres e água Redução da produção pesqueira na mesma área devido a poluição Conflitos relativos a pesca, navegação, recreação, paisagem, etc.
Demanda por alimento e fertilizante	Competição resultando em alta de preços desses insumos para outras atividades Crescimento de empregos nas empresas produtoras de insumo
Maricultura	Preservação de estoques naturais Redução de pressão sobre áreas terrestres e água Crescimento de produção de espécies marinhas

Continuação QUADRO 6

Aqüicultura de peixes ornamentais	Preservação de estoques naturais Aumento de exportações Aumento do número de empregos
Aumento da produção geral da aqüicultura	Mais produtos aquícolas e queda de preços desses produtos Aumento do número de empregos nas áreas de produção, mercado, processamento, etc. Aumento de lucros em moedas estrangeiras Conflitos com outras atividades econômicas

Fonte: SHANG e TISDELL (1997) citados por TIAGO, 2002.

QUADRO 7- Estimativas de perda de alimentos em criações intensivas de salmonídeos.

Sistema	Espécie	Tipo de alimento	Método de alimentação	Perda (%)	Referência
Tanque	Truta arco-íris	Restos de peixes	Manual	10-30	Warren-Hansen, 1982
Tanque	Truta arco-íris	“pellets” úmidos	automático	5-10	Warren-Hansen, 1982
Tanque	Truta arco-íris	“pellets” secos	automático	1-5	Warren-Hansen, 1982
Tanque-rede de água doce	Salmão atlântico	“pellets” secos e húmidos	Não mencionado	30	Penczak et al., 1982
Tanque-rede marinho	Salmão atlântico	“pellets” secos e úmidos	Não mencionado	20	Braaten et al., 1983
Tanque-rede marinho	Salmão atlântico	“pellets” secos	Não mencionado	15-20	Gowen e Bradburny, 1983

Fonte: BEVERIDGE et al. (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 8- Relação entre consumo de água e porcentagem de reciclagem de água em sistemas intensivos de produção de salmonídeos.

% de reciclagem de água	Água requerida (m ³ /TM)
0	200.000
80	40.000
90	20.000
95	10.000
99	2.000

Fonte: PHILLIPS et al. (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 9- Relação entre produção aquícola em toneladas métricas e água requerida por espécies cultivadas e sistemas de produção.

Espécie e sistema	Produção (TM/ha/ano)	Água requerida (m ³ /TM)	Referência
Bagre africano (<i>Clarias batrachus</i>) em sistema intensivo de tanques (Tailândia)	100-200	50-220	MUIR, 1981
Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) em sistema extensivo de tanques	0,05-0,3	3.000-5.000	MUIR e BEVERIDGE, 1987
Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) em sistema de fluxo mínimo de água e alimentada com detritos (Tailândia)	6,8	1.500-2.000	EDWARDS et al., 1987
Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) em sistema intensivo de tanques com aeração mecânica (Tailândia)	17,4	21.000	HEPHER, 1985
Carpa comum, tilápia, tainha e carpa prateada em sistema extensivo de tanques (Israel)	3	12.000	SARIG, 1988
Carpa comum, tilápia, tainha e carpa prateada em sistema semi-intensivo de tanques (Israel)	9	5.000	SARIG, 1988
Carpa comum e tilápia em sistemas intensivos de tanques (Israel)	20	2250	SARIG, 1988
Carpa comum em sistema intensivo de tanques de derivação (Japão)	1.443	740.000	KAWAMOTO (1957) apud HEPHER, 1985
Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>) em sistema intensivo de tanques (USA)	3	6.470	BOYD, 1982
Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>) em sistema intensivo de tanques de derivação (USA)	-	14.500-29.000	BELEAU, 1985
Aquículturas européias variadas	-	15.768 - 5.544.029	ALABASTER, 1982
Truta arco-íris (<i>Salmo gairdneri</i>) em sistema intensivo de tanques de derivação (USA)	150	210.000	BARDACH et al, 1972
Salmonídeos em sistema de tanques-rede e de tanques (Inglaterra)	-	252.000	SOLBE, 1982
Salmonídeos em sistema de tanques-rede (Escócia)	40-200	2.260.000	Present study
Camarões peneídeos em sistema semi-intensivo de tanques (TAIWAN)	4,2-11	11.000-21.430	WICKINS, 1986 e CHIEN et al., 1988
Camarões peneídeos em sistema intensivo de tanques (TAIWAN)	12,6-27,4	29.000-43.000	WICKINS, 1986 e CHIEN et al., 1988
Camarões peneídeos em sistema intensivo de tanque de derivação (México)	11,8	55.125	SALSER et al, 1978

TM: toneladas métricas = 1000 Kg 1T (USA) = 1,023 TM

Fonte: PHILLIPS et al. (1981) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 10- Taxas de excreção de nitrogênio, amônia e uréia por espécie aquática cultivada

Espécie	Composto	Produção	Referências
Moluscos			
<i>Mytilus edulis</i>	N total	0,07-3,8 mg N.Kg ⁻¹ . h ⁻¹	Kautsky e Wallentinus, 1980
Crustáceos			
<i>Penaeus esculentus</i>	N NH ₃	17-27 µg N.g ⁻¹ .dia ⁻¹ 6-40 µg NH ₃ g ⁻¹ .dia ⁻¹	Dall e Smith, 1986
Peixes			
<i>Salmo gairdneri</i>	NH ₃	20-78,5 g N ⁻¹ .kg ⁻¹ . dia ⁻¹	Meade, 1985
	NH ₃	433-895 mg NH ₃ .kg ⁻¹ .dia ⁻¹	Kaushik, 1980
	Uréia	73-474 mg uréia.kg ⁻¹ .dia ⁻¹	
	Total	511-958 mg N.kg ⁻¹ . dia ⁻¹	
<i>Salvelinus fontinalis</i>	NH ₃	3,2-3,6 mg NH ₃ -N kg ⁻¹ .h ⁻¹	Paulson, 1980
<i>Oncorhynchus nerka</i>	NH ₃	8,2-35 mg N.Kg ⁻¹ .h ⁻¹	Brett e Zala, 1975
<i>Anguilla anguilla</i>	NH ₃	5-50 mg N.kg ⁻¹ .h ⁻¹	Knights, 1985
	Uréia	0-25 mg N.kg ⁻¹ .h ⁻¹	
<i>Anguilla rostrata</i>	NH ₃	7-17 mg N.kg ⁻¹ .h ⁻¹	Gallager e Mathews, 1987
<i>Gadus morhua</i>	NH ₃	12,3-41,2 mg N.kg ⁻¹ .h ⁻¹	Ramnarine et al., 1987
<i>Cyprinus carpio</i>	NH ₃	110-581 mg N.kg ⁻¹ .dia ⁻¹	Kaushik, 1980
<i>Oreochromis mossambicus</i>	NH ₃	1,72 mg N. kg ⁻¹ .h ⁻¹	Musisi, 1980
<i>Oreochromis niloticus</i>	NH ₃	1,7-9,4 mg N.kg ⁻¹ .h ⁻¹	Mckinney, sd.
<i>Sparus aurata</i>	NH ₃	25,2-70 mg N. kg ⁻¹ . h ⁻¹	Porter et al.,1987

Fonte: BEVERIDGE et al. (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 15- Água requerida por sistemas de produção aquícola e sistemas de produção industrial e agropecuária com os respectivos valores de produto e de água.

Produto	Água requerida (m ³ /TM – m ³ /m ³)	Valor nominal produto (US\$)	Valor da água (US\$/m ³)
Álcool	125-170	2.000/m ³	12-16
Papel	9-450	300/TM	0,7-33
Petróleo	21,6-810	500/m ³	0,6-23
Aço	8-250	200/TM	0,8-25
Algodão	90-450	1.000/TM	2,2-11
Criação de gado	42	2.000/TM	48
Criação de porco	54	2.000/TM	37
Aquíicultura			
Tanques de camarão	11.000-55.000	6.000-12.000/TM	0,1-1,1
Salmonídeos	252.000	1.650-4.000/TM	0,006-0,018
Tanques de bagres/ Channel Catfish	6.470	1.650/TM	0,25
Tanques de bagres <i>Clarias</i>	50-200	1.000/TM	5-20

TM: toneladas métricas = 1000 Kg - 1T (USA) = 1,023 TM

Fonte: PHILLIPS et al. (1981) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 16- Produtos químicos e terapêuticos usados na aquicultura.

Tipo	Comentários
Terapêuticos	
Parasiticidas (ex. neguvon®, formalina, verde de malaquita)	Amplamente utilizados; muitos são controlados por legislação.
Antimicrobianos (e.g. exitetraciclina, furazolidona)	Muito comercializados e disponíveis para doenças de salmonídeos.
Vacinas	
Hormônios (ex. metiltestosterona, LHRH, HCG)	Amplamente utilizados em larvicultura de carpa e tilápia.
Pigmentos (e.g. carotenóides sintéticos)	Na Europa, o uso desses pigmentos está sendo revisto.
Anestésicos (e.g. MS222, benzocaína, CO ₂)	Amplamente utilizado em pequenas quantidades.
Desinfetantes (ex. compostos de iodo, hipoclorito)	Amplamente utilizados.
Químicos para tratamento de água	
Oxidantes (ex. permanganato de potássio)	Não muito utilizados
Reguladores de pH (ex. limão, ácidos)	Usados ocasionalmente na captação de água.
Herbicidas e algicidas (ex. sulfato de cobre)	Amplamente utilizados
Pesticidas (ex. dipterex)	Usados em aquicultura tropical
Controle de predadores (ex. torta de sementes de chá, rotenona)	Usados em carcinicultura
Antiincrustantes (ex. tributyltin, cobre)	Usados em tanques-rede e cercados
Aditivos plásticos (ex. estabilizantes, pigmentos, absorvedores de UV)	Presentes em plásticos e isopor

Fonte: BEVERIDGE et al. (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 17- Taxa de ingestão de água por peixes teleósteos em ambientes marinhos.

Espécie	Taxa de ingestão
Enguia americana (<i>Anguilla rostrata</i>)	2,77 mL/h/Kg
Truta arco-íris (<i>Salmo gairdneri</i>)	5,37 mL/h/Kg
Linguado (<i>Paralichthys lethotigma</i>)	10,00 mL/h/Kg
Tilápia (<i>Tilápia mossambica</i>)	234,00 mL/h/Kg

Fonte: TIAGO, 2002.

QUADRO 18- Valores de toxicidade aguda representativa para amônia (NH₃) para algumas espécies de peixe.

Espécies	96h LC50 (mg/L NH ₃)	Referência
Salmão rosa (<i>Oncorhynchus gorbusha</i>)	0,08-0,10	RICE e BAILEY, 1980
"Mountain whitefish" (<i>Prosopium williamsoni</i>)	0,14-0,47	THURSTON e MEYN, 1984
Truta marrom (<i>Salmo truta</i>)	0,50-0,70	THURSTON e MEYN, 1984
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,16-1,10	BRODERIUS e SMITH, 1979 DeGRAEVE et al, 1980 CALAMARI et al, 1981 THURSTON e RUSSO, 1983
"Largemouth bass" (<i>Micropterus salmoides</i>)	0,90 – 1,40	ROSEBOMM e RICHEY, 1977
"Smallmouth bass" (<i>Micropterus dolomieu</i>)	0,69 – 1,80	BRODERIUS et al, 1985
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	2,20	HASAN e MACINTOSH, 1986
"Red Shiner" (<i>Notropis lutrensis</i>)	2,80 – 3,20	HAZLE et al, 1979
"Fathead minnow" (<i>Pimephales promelas</i>)	0,75 – 3,40	THURSTON et al, 1983
"Channel catfish" (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0,50 – 3,80	COLT e TCHOBANOGLIOUS, 1976 ROSEBOOM e RICHEY, 1977 ARTHUR et al, 1987
"BLUEGILL" (<i>Lepomis macrochirus</i>)	0,55 – 3,00	EMERY e WELCH, 1969 ROSEBOOM e RICHEY, 1977

Fonte: RUSSO e THURSTON (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 19- Valores de toxicidade aguda representativa para nitrato (NO₃-N) por espécie de peixe.

Espécie	96h LC50 (mg/L NO ₃ -N)	Referências
"Guppy" (<i>Poecilia reticulada</i>)	180,00 – 200,00	RUBIN e ELMARAGHY, 1977
"Guadalupe bass" (<i>Micropterus treculi</i>)	1260,00	TOMASSO e CAMICHAEL, 1986
Salmão "chinook" (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	1310,00	Westin, 1974
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	1360,00	WESTIN, 1974 TCHOBANOGLIOUS, 1976
"Channel catfish" (<i>Ictalurus punctatus</i>)	1400,00	COLT e TCHOBANOGLIOUS, 1976
"Bluegill" (<i>Lepomiss macrochirus</i>)	420,00-2000,00	TRAMA, 1954

Fonte: RUSSO e THURSTON (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 20- Valores de toxicidade aguda representativa para nitrito (NO₂-N) por espécie de peixe.

Espécie	48 ou 96h LC50 (mg/L NO ₂ -N)	Referência
Truta arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0,19 – 0,39	RUSSO et al, 1974 BROWN e MacLEAY, 1975
Truta "cutthroat" (<i>Salmo clarki</i>)	0,48 – 0,56	THURSTON et al, 1978
Salmão "chinook" (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	0,88	WESTIN, 1974
Carpa comum (<i>Cyprinus carpio</i>)	2,60	HASAN e MACINTOSH, 1986 KONIKOFF, 1975
"Channel catfish" (<i>Ictalurus punctatus</i>)	7,10 – 13,00	COLT e TCHOBANOGLIOUS, 1976 PALACHECK e TOMASSO, 1984
"Labyrinth catfish" (<i>Clarias lazera</i>)	28,00 – 32,00	HILMY et al, 1987
"Fathead minnow" (<i>Pimephales promelas</i>)	2,30 – 3,00	RUSSO e THURSTON, 1977
Peixe dourado (<i>Carassius auratus</i>)	43,00 52,00	PALACHECK e TOMASSO, 1984 TOMASSO, 1986
"Bluegill" (<i>Lepomis macrochirus</i>)	80,00	TOMASSO, 1986
"Largemouth bass" (<i>Micropterus salmoides</i>)	140,00	PALACHECK e TOMASSO, 1986
"Smallmouth bass" (<i>Micropterus dolomieu</i>)	160,00	TOMASSO, 1986
"Green sunfish" (<i>Lepomis cyanellus</i>)	160,00	TOMASSO, 1986
"Guadalupe bass" (<i>Micropterus treculi</i>)	190,00	TOMASSO, CARMICHAEL, 1986

Fonte: RUSSO e THURSTON (1991) citado por TIAGO, 2002.

QUADRO 21- Quantidade de espécies utilizadas na aquicultura mundial.

Grupo animal	Nº de espécies utilizadas na aquicultura mundial	Espécies responsáveis por 95% da produção aquícola mundial	
		Número	%
Peixes	102	17	16,7
Crustáceos	21	6	28,6
Moluscos	41	8	19,5
Total	164	31	18,9

Fonte: FAO (1996) citado TIAGO, 2002.

QUADRO 22- Estudos de cultivo de peixes com esgoto sanitário.

País	Espécies	Características do sistema	Observações
África do Sul	Tilápia (<i>Oreochromis mossambicus</i> , <i>Tilapia sparraman</i>)	Tanques alimentados com efluente secundário (filtros biológicos)	Produtividade: 1,0 t/ha.ano
África do Sul	Tilápia (<i>Oreochromis mossambicus</i> , <i>Tilapia rendalli</i>), Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), carpa-prateada (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>), bagre, blackbass (<i>Micropterus salmoides</i>)	Reservatório (25 ha) alimentado com efluente secundário	Bagres e blackbass mantidos como controle de reprodução das tilápias: 1,0 t/ha.ano
Estados Unidos	Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>), tilápia, truta (<i>Salmo gairdneri</i>)	Tanques para pesca esportiva alimentados com efluente de lodos ativados filtrado	Pequena sobrevivência de trutas, produtividade de bagres e tilápias: 0,8 t/ha.ano
Estados Unidos	Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>), tilápia, truta (<i>Oreochromis aureus</i>)	Quatro lagoas de estabilização em série alimentadas pelo efluente de lagoas aeradas	Tilápias: bom crescimento, porém com mortalidade considerável no inverno. Bagres: bom crescimento apenas nos estágios iniciais de desenvolvimento.
Hong Kong	Tilápia (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	Dois tanques alimentados com efluente secundário (lodos ativados)	Bom crescimento e sobrevivência, produtividade: 2,0 t/ha.ano
	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), carpa-cabeça-grande (<i>Aristichthys nobilis</i>), carpa-capim (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	Dois tanques em série como os anteriores	Bom crescimento da carpa-comum, carpa-cabeça-grande e carpa prateada (produtividade: 2,0 t/ha.ano); mortalidade elevada de carpa-capim
Índia	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	Tanque alimentado com efluente de lagoas de estabilização (TDH 2 dias)	Produtividade: 7,7 t/ha.ano
	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	Dois tanques em série alimentados com efluente de lagoas de estabilização (TDH 3 dias)	Produtividade: 11,5 t/ha.ano
	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), carpa-prateada (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Tanque alimentado com efluente primário	Produtividade: 7,6-9,4 t/ha.ano

Continuação QUADRO 22

França	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), carpa-cabeça-grande (<i>Aristichthys nobilis</i>), carpa- prateada (<i>Hypophthalmichthys</i> <i>mplitrix</i>) tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Tanque alimentado, em batelada, com efluente de lagoa de estabilização	Bom crescimento; ocorrência de mortalidade em razão de amônia e OD.
Hungria	Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>), carpa-prateada (<i>Hypophthalmichthys</i> <i>mplitrix</i>), carpa- cabeça-grande (<i>Aristichthys nobilis</i>), carpa- capim (<i>Ctenopharyngodon</i> <i>idella</i>)	Tanques alimentados por aspersão de efluente primário	Produtividade: 4,4- 6,1 t/ha.ano

Fonte: EDWARDS (1992) citado por BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003.

QUADRO 23- Faixas de concentração de OD e seus efeitos na piscicultura.

Concentração OD (mg / L)	Condição
0-1	Letal
1-3	Sub-letal
4-6	Ideal

Fonte: BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003.

QUADRO 24- Massa de cal hidratada necessária para realizar a calagem para correção do pH.

pH da água	Cal hidratada (Kg / ha)
3-4	8.000
4-5	5.000
5-6	2.000
6-7	1.000

Fonte: BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003.

QUADRO 25- Formas de nitrogênio na água e sua toxicidade.

Forma de nitrogênio	Concentração (mg / L)
Amônia	0,6 – 2,0
Nitritos	0,5
Nitratos	5,0

OBS.: Na prática, o critério para cultivo de peixes não deve ser baseada na concentração de amônia não ionizada, que é extremamente dependente de pH e temperatura, a Equação a seguir (Thurston et al., 1981), mas em um limite de amônia total, com base nas condições desfavoráveis de temperatura. Por exemplo, se para garantir a produção de determinada espécie deve ser estabelecido um limite de 0,4 mg/L de amônia não ionizada e serem identificadas as condições críticas em 30°C e pH 9,0 (44,6% NH₃), deve-se procurar manter a concentrações de amônia total em torno de 0,9 mg/L.

$$\% NH_3 = \frac{1}{1 + 10^{[0,0918 + 2729,92 / (T + 273,20)] - pH}}$$

A toxicidade das espécies de nitrogênio, principalmente da amônia, também varia com outros parâmetros determinantes da qualidade da água, como: pH, OD, temperatura, salinidade e composição iônica. Os efeitos tóxicos refletem-se, dentre outros aspectos, na falta de apetite e na dificuldade de respiração [VINATEA (1997) citado por BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003].

Fonte: BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003.

QUADRO 26- Temperatura de cultivo e tamanho de algumas algas verdes utilizadas como alimento.

Gênero	Temperatura (°C)	Tamanho (µm)
<i>Chlorella</i>	25	3 – 15
<i>Scenedesmus</i>	25	4 – 50
<i>Ankistrodemus</i>	26	2 – 50
<i>Chlamydomonas</i>	24	2 – 10

Fonte: TAVARES, ROCHA (2001) citados por BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003.

QUADRO 27- Características, hábito alimentar e manejo de algumas espécies.

Espécie	Hábito alimentar	Manejo
Bagre (<i>Ramdhia sp.</i>)	Onívoro	Fácil manejo, rústico, pouco exigente em OD.
Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i> , <i>Tilapia rendalli</i> , <i>Sarotherodon sp.</i>)	Fitoplanctófoga, herbívora e onívora	Fácil manejo, rústica, tolerante a variações de pH, pouco exigente em OD.
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	Onívora	Fácil manejo, rústica, tolerante a variações de pH, pouco exigente em OD.
Curimba (<i>Prochilodus sp.</i>)	lilófoga	Fácil manejo, rústica, tolerante a variações de pH, pouco exigente em OD.
Truta (<i>Salmo gairdneri</i>)	Carnívora e insetívora	Manejo delicado, sensível, exigente de OD.
Lambari (<i>Astyanax sp.</i>)	Onívoro	Fácil manejo, rusticidade acentuada, pouco exigente em OD
Sardinha de água doce (<i>Triportheus angulatus</i>)	Fitoplanctófoga	Manejo moderado, rusticidade mediana, pouco exigente em OD.
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	Onívoro	Fácil manejo, rústico, pouco exigente em OD.
Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	Onívoro	Fácil manejo, rústico, pouco exigente em OD.

Fonte: TEIXEIRA FILHO (1991) citados por BASTOS, PEREIRA, PIVELLI, et al., 2003.

QUADRO 28- Principais exemplos de utilização de excretas e esgotos sanitários na piscicultura.

País	Excretas	Esgotos sanitários	País	Excretas	Esgotos sanitários
África			Oriente Médio		
África do Sul		X	Israel		X
Malawi		X	Europa		
Quênia		X	Alemanha		X
Zimbábue		X	Polônia		X
Ásia			Rússia		X
China	X	X			
Cingapura	X				
Índia	X	X			
Indonésia	X	X			
Malásia	X				
Tailândia	X				
Vietnã	X				

Fonte: EDWARDS (1992) citado por BASTOS, NETO, CORAUCCI FILHO, MARQUES, 2003.

BIBLIOGRAFIA

BASTOS, R. K. X., PEREIRA, C. M., PIVELLI, R. P., et al. **Utilização de esgotos sanitários em piscicultura.** In: Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Viçosa: ABES / PROSAB (Programa de pesquisa em saneamento básico). 253p., 2003.

BASTOS, R. K. X., NETO, C. O. A., CORAUCCI FILHO, B., MARQUES, M. O. **Introdução.** In: Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Viçosa: ABES / PROSAB3 - Programa de pesquisa em saneamento básico. 253p., 2003.

HILDSDORF, A. W. S.; MOREIRA, R. G. Aqüicultura retoma desafios da revolução verde. **Scientific American - Brasil.** a.2, n.22, março de 2004.

TIAGO, G. G. **Aqüicultura, meio ambiente e legislação.** São Paulo: Annablume Editora. 161p. 2002.