

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

JULIANA ANTUNES GALVÃO

Rastreabilidade da cadeia produtiva do pescado:  
avaliação de parâmetros ambientais e sua influência na qualidade da matéria-  
prima destinada à indústria

Piracicaba

2011

JULIANA ANTUNES GALVÃO

Rastreabilidade da cadeia produtiva do pescado:  
avaliação de parâmetros ambientais e sua influência na qualidade da matéria-  
prima destinada à indústria

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na  
Agricultura da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de doutor em Ciência

Área de Concentração: Química na Agricultura e no  
Ambiente

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marília Oetterer

Piracicaba

2011

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP**

Galvão, Juliana Antunes

**Rastreabilidade da cadeia produtiva do pescado: avaliação de parâmetros ambientais e sua influência na qualidade da matéria-prima destinada à indústria / Juliana Antunes Galvão; orientadora Marília Oetterer. - - Piracicaba, 2011.**

202 p.: il.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Alimentos de origem animal 2. Aquicultura de água doce 3. Cyanophyta  
4. Eutrofização 5. Pesca sustentável 6. Qualidade da água 7. Tilápia-do-Nilo  
I. Título

CDU 637.05:(639.31+639.2.053)

## DEDICATÓRIA

Mãe, de você herdei a força, honestidade e determinação... seu olhar me enche de amor, suas palavras me acalmam, sua serenidade me dá segurança e me faz acreditar que tudo vai dar certo.... nas horas difíceis me sinto novamente em seu ventre, você me acolhe.... seu amor incondicional de mãe me faz entender o que realmente é o amor....através do exemplo de sua vida, pude conhecer Deus e hoje Ele guia minha vida.

Pai, de você herdei a alegria e a descontração, o bom humor, o gosto pelo novo, pela aventura e viagens, você profetizou sonhos a serem realizados em minha vida, vibrando com minha história como se fosse a sua; você consegue fazer ficar colorido mesmo nos momentos cinzas....

Kiko, aprendi com você que mulheres pequenas e delicadas podem ser grandes e fortes...que a rigidez pode esconder o mais puro amor....

Bóbi, mãe duplamente...de você herdei a sensibilidade e a habilidade de amar demais....minha alma gêmea....sentimos intensamente tudo.... sou o seu termômetro, sei o quanto você sofreu comigo a cada dificuldade e frustração, vibrou com cada vitória...e o quanto me ama....

Dedico a vocês, que estiveram comigo a cada palavra escrita neste trabalho, este título!

## OFERECIMENTO

Àquelas que me presentaram com a vida: Vó Ilídia, Vó Lourdes, Vó Carmelina e Mamãe;

Àquelas que acompanharam meu crescimento; tias demasiadamente presentes...

À irmã tão desejada, pedaço de mim, a quem eu queria dar o nome de “Getúlio”, aquela que eu segurei tão fortemente, quando fui buscá-la na maternidade, que veio trazer alegria a minha vida.

Às minha primas que cresceram, brincaram, choraram, riram comigo, sendo minhas primeiras amigas.... e por continuarem tão presentes na minha vida.

Às minhas amigas pela constante caminhada, pela vida compartilhada.

À Mali exemplo de mulher, profissional...às vezes mãe, outras...amiga, minha conselheira e parceira de trabalho.

Às maravilhosas mulheres da minha vida, mulheres sensíveis e fortes que me inspiraram, me amaram e foram amadas, servindo de exemplo em minha vida...a vocês ofereço este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

- A Deus meu Pai, que tem me conduzido e me abençoado na construção da história da minha vida, uma história cheia de colorido, da qual me orgulho muito!
- Aos mestres que passaram pela minha vida, desde a escolinha do Dengoso, na qual fui a primeira aluna matriculada com 3 anos até o doutorado 30 anos depois.
- À Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo à qual devo todas as oportunidades profissionais de estudo e trabalho.
- À Mestre Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marília Oetterer pelo exemplo profissional, amor incondicional à vida, trabalho e família, pelo acolhimento e oportunidades, por generosamente compartilhar comigo sua vivência como professora, pesquisadora, mulher e a quem eu devo meu crescimento pessoal e profissional.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria de Fátima Nepomuceno, minha professora de Bioquímica da graduação, pelo encantamento que suas aulas me proporcionavam, e por me servir de exemplo profissional, do professor que eu gostaria de ser.
- À chefia do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pelo apoio ao meu trabalho e pesquisa.
- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo que me proporcionou bolsa de estudo em iniciação científica (1996) e agora meu título de doutor.
- Ao Programa de Pós-Graduação em Energia Nuclear na Agricultura, pela oportunidade de obtenção deste título através da realização de disciplinas de excelente qualidade, elaboração da tese, bem como pelos auxílios financeiros para participação em congressos nacionais e internacionais.
- À Pró-reitoria de pesquisa da Universidade de São Paulo pelo auxílio financeiro para participar do Annual World Congress of Marine Biotechnology – 2011 em Dalian, China.
- Ao Grupo de Treinamento e Desenvolvimento da ESALQ/USP pelo financiamento de cursos e congressos.
- À USP, FAPESP, CNPq, CAPES/DAAD PROBAL, MAPFRE , FINEP/MCT/MPA, EMBRAPA pelo financiamento e suporte a este projeto de pesquisa.
- Ao Ministério da Pesca e Aquicultura, representados por Eric Arthur Bastos Routledge e Abraão Oliveira pelo apoio técnico e financeiro concedidos.

- A todos os integrantes do projeto em rede AQUABRASIL pelo apoio técnico e financeiro recebido, principalmente a Emiko Kawakami de Resende e Jorge Lara.
- À Universidade de Jena, Alemanha, pela realização de parte das análises toxicológicas.
- Ao Marine Research Institute e United Nation University – Fisheries Training Programme (UNU/FTP) da Islândia, especialmente Dr. Tumi Tomasson, Mr. Thor Asgeirsson, Mr Gudni Magnus Eiriksson e Ms. Sigridur Kr. Ingvarsdottir por tudo que fizeram por mim.
- Aos meus orientadores do MATIS – Icelandic Food Research Sveinn Margeirsson, Cecilia Garate and Jonas Runar Viðarsson.
- Aos amigos e companheiros da United Nation University – Fisheries Training Programme (UNU-FTP) 2007: Henry Mwangi Mbugua, Simon Wahome Warui e Dedan Mwangi Mungai (Quênia); Juliet Kigongo Nattabi e Lillian Chebet (Uganda); Giselle Cruz Nuñez e Mercedes Isla Molleda (Cuba); Yovita John Mallya (Tanzânia); Pada Anak Bijo (Malásia); Masud Ara Mome e Hasan Ahmmed (Bangladesh); Margo Reminisse Deiye (Nauru); Puthy Em (Camboja); Dawn Margotte Ann Maison (Guiana); Munugoda Hewage Soma Ariyaratne, Mariyanuge Dileepa Samika Thanuksha De Croos e Sujeewa Sisira Kumara Haputhantri (Sri Lanka); HongYan Gao (China); Vãn Minh Nguyễn, Lam Anh Nguyen (Vietnã); June Henrietta Charmaine Masters Gordon (Jamaica) e Deepak Kumar Gulati (Índia), por toda história que vivemos juntos, pelos momentos de aprendizado, respeito as diferenças, intercâmbio cultural, felicidade, amizade e muita neve compartilhada, nunca me esquecerei de vocês!
- À Dora Gisladdottir pelo auxílio na coleta de dados nas empresas de processamento islandesas.
- Ao Bjorn Audunsson e Monica Roisman pelas correções do Inglês.
- À coordenadora do PPG/CENA Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Pinheiro Martinelli pelo profissionalismo singular, amizade, apoio e por fazer parte das mulheres maravilhosas da minha vida.
- A todos os servidores docentes e não docentes e alunos do LAN pelo companheirismo, amizade, profissionalismo e pelos 13 anos de convivência.
- A todos os servidores docentes e não docentes e colegas de pós-graduação do CENA/USP, especialmente a secretaria de Pós-Graduação.
- À Biblioteca Central e do LAN (ESALQ/USP) pelo apoio prestado e acesso as referências, especialmente a Midiam Gustinelli e Beatriz Giongo pela amizade, apoio e imprescindível ajuda durante todos esses anos.

- A equipe de apoio do LAN: Wilson, Gil, Fábio, Jefferson e Edimundo pelos serviços prestados.
- À bibliotecária do CENA/USP Marília Henyei pelas correções das referências bibliográficas bem como formatação da tese.
- Aos pesquisadores Érica Fabiane Furlan e Antonio Olinto (APTA-IPESCA) pelo auxílio com os dados da pesca brasileira.
- Ao Prof. Dr. Ernani Pinto da Faculdade de Ciências Farmacêuticas/USP pelo apoio nas análises toxicológicas.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paula Kujbida da Universidade Federal do Rio Grande do Norte por todo apoio nas análises toxicológicas, escrita e condução dos artigos, pelos bons momentos de descontração e pelo presente de sua amizade.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Bittencourt – Oliveira da ESALQ/USP por ser a grande responsável pela teia de contatos deste projeto, por abrir as portas do seu laboratório para o meu trabalho, pelas sugestões e correções, bem como, pela amizade.
- Aos alunos do Laboratório de Cianobactérias – Departamento de Biologia – ESALQ/USP (Rapel, Lóli, Erika, Lama, Bruna, Danilo, Thalita) pela acolhida, amizade e toda ajuda.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ariadne Moura da Universidade Rural de Pernambuco, pela realização das análises biológicas, por estar sempre disposta a ajudar, pelas correções, sugestões e amizade.
- Ao Helder Soriano da Universidade Rural de Pernambuco pela identificação e contagem das microalgas.
- Ao secretário do PPG em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fábio Benedito Rodrigues pelo profissionalismo e competência, pela assistência técnica com os arquivos e computador, e pela amizade.
- Às secretárias do LAN Márcia Regina Bertarelli, Regina Marafon e Gislaine Nóbilo, pela assistência técnico administrativa, apoio e amizade.
- Ao DRH da ESALQ/USP representado por: Leni, Alexandre, Ivan e Marlene pelo profissionalismo, amizade e por estarem sempre dispostos a ajudar.
- Ao Prof. Dr Ernani Porto da ESALQ/USP pela ajuda na condução das análises microbiológicas, pelas correções, troca de experiências e amizade
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marisa Regitano D´arce pelo exemplo profissional a ser seguido, pela torcida e apoio, por fazer parte de toda a minha trajetória no LAN, e pela amizade.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gilma L. Sturion por se fazer presente em momentos importantes da minha vida, pelo apoio, amizade e troca de experiências profissionais.

- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Thaís Vieira pela agradável parceria, ajuda e amizade.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Spoto pelo apoio e amizade.
- Ao GETEP - Grupo de Estudos e Extensão em Inovação Tecnológica e Qualidade do Pescado da ESALQ/USP pelo coleguismo, e troca de experiências: Luciana, Ligianne, Erika, Lia, Ricardo, Douglas, Maria Fernanda, Ingridy, Werner, Lika, Adriana, Priscila, Amanda, Íris, Luiz Gustavo, Tamires, Thiago, Júlia, Maria Ana, Vítor, Eduardo, Marcela e Diana.
- Aos bolsistas de Iniciação Científica do projeto Rastrear: Tiago Tóllolia, Clarissa Pacheco, Michelle Teixeira e Marina Marquezi pela ajuda nas coletas e no desenvolvimento deste trabalho.
- À Dr<sup>a</sup> Lia Ferraz de Arruda pelo auxílio nas coletas do projeto Rastrear enquanto eu estava à trabalho na Islândia.
- Ao Marcelo Alves pelo auxílio e consultoria quanto ao tratamento estatístico dos dados deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. Severino Matias Alencar e à técnica de laboratório Ivani M. Moreno pelo auxílio quanto ao uso do cromatógrafo.
- Aos pesquisadores e analistas da Embrapa Meio Ambiente, pela utilização dos laboratórios de análise, bem como pelo uso do CG/MS.
- Ao Dr. Jair Pinto pela assessoria e realização das análises cromatográficas, pela troca de experiências constantes e amizade que surgiu em função da cromatografia.
- À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regina Monteiro do CENA/USP pelas sugestões durante a banca de qualificação, e empréstimo do oxímetro.
- Ao Prof. Dr Eurico P. Cyrino da ESALQ/USP pela valiosa troca de experiências, sugestões, por estar sempre disposto a me ajudar, amizade, e pelo humor singular.
- Ao Dr Júlio Queiroz da Embrapa Meio Ambiente pelas sugestões a este trabalho durante a banca de qualificação, por facilitar meu acesso aos laboratórios da Embrapa, pela amizade, troca de experiências e boas risadas.
- Ao Prof. Dr. Valdemar Tornisiello pelas aulas e ensinamentos.
- Ao Dr Francisco Leão por possibilitar este trabalho em sua fazenda.
- Às Famílias Galvão, Antunes, Cecare, Lara, Fávero pelo bem terreno mais precioso que tenho, por estarem comigo sempre e me fazerem ser o que sou, compartilho com vocês esta vitória.
- A tia Ismerinha pelo amor que nos une, pelo carinho, atenção constante e orações.
- Aos meus avós, tios e primos pelo amor.

- Aos amigos verdadeiros, bem mais que precioso.
- Às pessoas que passaram pela minha vida, pelo aprendizado.
- Ao Danilo Pedro Streit Jr pelo companheirismo, cumplicidade, admiração, amizade, amor, paciência e por fazer deste trabalho algo ainda mais prazeroso.
- À querida amiga Roselane Matos - Balán, por se fazer tão presente em minha vida no momento que mais precisei, pela dedicação, amizade, amor, e por tantas coisas que passamos juntas.
- À grande amiga e companheira de trabalho Luciana Kimie Savay da Silva, por estar ao meu lado em toda e qualquer situação, por dividir comigo angústias, frustrações, alegrias e planos futuros, por me escutar, pela troca de experiências que sempre permitiram meu crescimento profissional e pessoal, pela sintonia que me propicia ainda mais prazer pela pesquisa, pelo profissionalismo ímpar, pela sinceridade e amizade, infelizmente tão raras nos dias de hoje.
- À Érika Furlán pela amizade e torcida.
- À Érika Maciel pela caminhada, amizade, momentos de reflexão e aprendizado.
- À Ingridy Ribeiro Cabral pela vibração e amizade.
- À Roberta Tereza Rizzo Benato, por estar presente em toda a minha vida acadêmica e pela amizade.
- Ao amigo Estevão Vicaris pela confiança, amizade, idéias compartilhadas e longas horas de conversa noite afora.
- Aos amigos brasileiros que vivem na Islândia que me receberam com tanto amor carinho, me fazendo sentir em casa: Mônica, Míriam, Caio, Luciano, Sônia, Santos, Éric, Valéria, e Jaque, e por esta ponte de amizade e amor construída através dos contatos das queridas Cristina Fonseca, Sandra Stefanovitz e Silmara Laetano.
- Ao amigo Felipe Tonato por estar do meu lado para o que der e vier, pela amizade, carinho, atenção amor e dedicação por todos estes anos.
- À república Pittboas: Michele, Liloka, Lúcia, Karina e Lili por todos os momentos vividos.
- À Sandra Gustinelli por toda ajuda e profissionalismo.
- À Fabiana Brunharo pela amizade desde os tempos de colégio, pelo amor e por participar integralmente da minha vida mesmo estando longe fisicamente.
- Aos amigos da casa do estudante (velha guarda) pelos encontros anuais regados a união, saudosismo e alegria, pelas experiências e tantos momentos compartilhados...
- À amiga e professora Cristina Fonseca pela amizade e ensinamentos da vida, do inglês e do espanhol.

- Ao Tetê (*in memorian*), Frida, Siggie e Xico anjos caninos em vida, pelo amor independente da circunstância, por alegrarem minha vida e por estarem sempre ao meu lado... como temos que aprender com os erroneamente chamados “animais irracionais”!
  - À Silvana Jacinto pela amizade e cumplicidade de todos estes anos, e por cuidar de mim e do meu lar com tanto amor, carinho, fidelidade e dedicação.
  - À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Bacellar, por compartilhar com o mundo o que tem de mais precioso e genuíno, pela amizade e pelos ensinamentos da língua inglesa.
  - À Turma do Inglês avançado da ESALQ/USP (Zé Mário, Isabel, Helena e Coelho), pelos momentos de aprendizado e alegria, amizade e também por sinceramente torcerem por mim.
  - À Rochane Caran pela amizade, bons momentos e pela ajuda com os dados de caracterização ambiental.
  - Aos amigos, Adriana da Silva, Flávio (Sapo) Cristiane Feltre, Priscila Casarin, André Bastos (Principri) por deixarem minha vida mais leve e feliz, pelos inúmeros momentos compartilhados regados a bom papo e boas risadas.
  - Ao SESI-Piracicaba representado pelo diretor local Marcelo Astolphi Mazzei e a supervisora Elaine Regina Carpin de Souza por me apoiar e permitir minha licença para desenvolver parte deste trabalho na Islândia, bem como a realização de cursos e participação em congressos nacionais e internacionais, essenciais para a minha formação profissional.
  - A todos os funcionários, professores e alunos do SESI CE-164 por todo o apoio, feliz convivência, verdadeira amizade, aprendizado, alegria e por permitir o meu crescimento em todos os aspectos, principalmente à Efigênia Bernardino, Angélica Raya, Marta Cristina Felizalitti, Adalgisa Fortunato, Erika Eugênio, Gislei Lima, Fabiana Lopes, Alessandra Zambon, Renata Purcini, Vivian Trivelim, Marcelino Tavares, Tânia Tezza, Renê Pinto e Lucas Barel.
  - Às “pedras” no caminho que me tornaram mais forte, permitindo meu aprendizado e evolução....
- Não se faz um trabalho sozinho..... todos vocês são coadjuvantes desta conquista! Não há como agradecer todo o amor, carinho, apoio, amizade.....

Homenageio com este trabalho o querido Jankees van der Poel pela dedicação aos estudos e à pesquisa, na certeza de que ela está concluindo seu doutorado em outro local .... dissertando sobre o amor...

## RESUMO

GALVÃO, J.A. **Rastreabilidade da cadeia produtiva do pescado:** avaliação de parâmetros ambientais e sua influência na qualidade da matéria-prima destinada à indústria. 2011. 202 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

Um sistema de rastreabilidade possibilita a localização do alimento em todos os elos da cadeia, da matéria-prima ao varejo, podendo prover informação quanto à natureza, origem e qualidade do produto permitindo ao consumidor decidir, conscientemente no momento da compra, e ao produtor/industrial retornar a um procedimento problema, encontrando e solucionando uma inconformidade através de rápidos mecanismos de localização. Na cadeia produtiva do pescado, o meio ambiente se configura no primeiro entrave à produção com qualidade, devido a problemas que possam advir da água de cultivo e captura. Esta pesquisa visou levantar parâmetros a serem analisados gerando dados que possam ser rastreados visando a qualidade total do pescado, tendo como objeto de estudo a captura do *cod fish* islandês e a Tilápia do Nilo advinda da aquicultura brasileira, visando o desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade passíveis de serem aplicados à cadeia produtiva do pescado brasileiro, bem como estudar as variáveis técnicas e ambientais que podem contribuir para melhorar a qualidade da matéria-prima destinada à indústria. Implementar um sistema de rastreabilidade requer o desenvolvimento de padrões que produzam dados objetivos para serem compilados e disseminados visando melhorar a integração da informação vertical da cadeia produtiva. Na pesca extrativa, devido ao declínio dos estoques pesqueiros e, conseqüente, diminuição do volume pescado, o desafio é estudar as variáveis ambientais que possam interferir na qualidade do produto final, bem como conhecer as áreas de pesca, extraíndo delas pescado de melhor qualidade e maior rendimento para a indústria. No caso da aquicultura, um dos maiores desafios é a busca pela produção sustentável, mantendo o equilíbrio entre a água e o pescado, pois a água, se em condições inadequadas em relação aos parâmetros de qualidade, além de prejudicar o crescimento, reprodução, saúde e sobrevivência do pescado, interfere em sua qualidade, sendo que, parâmetros físicos, químicos e biológicos adequados determinam a qualidade da água nos viveiros de cultivo. Devido a eutrofização de ambientes aquáticos, a literatura já tem relatado problemas com incidência de *off flavor* em pescado, bem como ocorrência de cianotoxinas na água e no pescado. Há necessidade de que as regiões de cultivo, façam monitoramento das espécies de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas, substâncias que causam *off flavor*, como a geosmina bem como pontuar e estudar fatores ambientais e de manejo que levam à ocorrência de algumas espécies de cianobactérias, buscando o desenvolvimento social, ambiental, econômico e sustentável do setor pesqueiro.

Palavras-chave: Controle de qualidade. Pesca. Aquicultura.

## ABSTRACT

GALVÃO, J.A. **Traceability in the fish sector:** evaluation to the environmental parameters and the influence in the raw material to the processing companies. 2011. 202 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

A traceability system allows the location of food in all parts of the chain, from raw material to marketing, providing information regarding the nature, origin and quality of the product allows the consumer to decide, consciously at the time of purchase, and producers return to a procedure if is necessary, find and resolve a disagreement through rapid localization mechanisms. In the productive chain of the fish, the environment is configured in the first obstacle to production with quality, due the problems that may arise from the cultivation and capture. This research aimed to assess the parameters to be analyzed by generating data that can be traced in order to improve the quality of the fish, having as object to study the icelandic cod fish from caught and nile tilapia coming from the brazilian aquaculture, to develop traceability systems which can be applied to the productive chain of Brazilian fish, as well the technical and environmental variables that can contribute to improving the quality of the raw material for the industry. Implement a tracking system requires the development of standards that produce data to be compiled and disseminated to improve the vertical integration of information in the supply chain. In fishing and quarrying, due to the decline of fish stocks and, consequently, a reduction in the volume fish, the challenge is to study the environmental variables that can affect the quality of the final product as well as know the fishing grounds, extracting the best quality fish and higher yield for the industry. In the aquaculture, is necessary that the production be sustainable, maintaining the balance between water and fish. In inadequate conditions in relation to quality parameters, the water can affecting the growth, reproduction, health and survival of fish and interferes in their quality, being, physical, chemical and biological processes determine the appropriate water quality in ponds for cultivation. Due to eutrophication of aquatic environments, the literature has already reported problems with an incidence of off flavor in fish, as well as the occurrence of cyanotoxins in water and fish. It is necessary making the monitoration of cyanobacteria species potentially producing toxins, and substances that cause off flavor like geosmin as well as scoring and study management and environmental factors that lead to the occurrence of some species of cyanobacteria, seeking the social, environmental, economic and sustainable fishing sector.

Keywords: Quality control. Fishing. Aquaculture.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
1.1 REVISÃO DE LITERATURA .....	22
1.1.1 Rastreabilidade na cadeia produtiva de alimentos.....	22
1.1.1.1 Requisitos para a rastreabilidade .....	24
1.1.1.2 Legislação relativa à rastreabilidade, certificação e rotulagem.....	29
1.1.1.3 Certificação.....	31
1.1.1.4 Rotulagem e identificação eletrônica .....	32
1.1.1.5 Sistemas de rastreabilidade na cadeia produtiva do pescado .....	33
1.1.1.5.1 Sistemas de rastreabilidade no setor pesqueiro internacional .....	34
1.1.2 Indicadores da qualidade da água para a aquicultura .....	39
1.1.2.1 Parâmetros físico-químicos .....	39
1.1.2.1.1 Turbidez e cor.....	39
1.1.2.1.2 Oxigênio dissolvido e temperatura.....	39
1.1.2.1.3 pH .....	41
1.1.2.1.4 Alcalinidade total.....	42
1.1.2.1.5 Dureza total.....	43
1.1.2.1.6 Compostos nitrogenados .....	43
1.1.2.1.7 Condutividade elétrica.....	45
1.1.2.1.8 Fósforo total.....	45
1.1.2.1.9 Gás carbônico .....	46
1.1.2.1.10 Eutrofização.....	47
1.1.2.2 Parâmetros microbiológicos .....	48
1.1.2.2.1 Microrganismos indicadores da qualidade da água.....	48
1.1.2.3 Parâmetros biológicos.....	51
1.1.2.3.1 Fitoplâncton.....	51
1.1.2.4 Parâmetros sensoriais .....	52
1.1.2.4.1 Sabor e odor .....	52
1.1.2.4.2 Depuração como medida de prevenção e controle do <i>off flavor</i> .....	55
1.1.2.5 Parâmetros toxicológicos.....	55
1.1.2.5.1 Contaminantes inorgânicos em pescado – metais pesados.....	57

1.1.3 Controle de qualidade do pescado .....	58
1.1.3.1 A tilápia como matéria-prima alimentar.....	58
1.1.3.2 Indicadores de qualidade do pescado .....	59
1.1.3.2.1 Alterações físico-químicas .....	60
1.1.3.2.2 Alterações microbiológicas .....	62
1.1.4 Ferramentas para o controle de qualidade .....	65
Referências .....	68
2 Sistema de rastreabilidade no controle de qualidade do <i>cod fish (Gadus mohua)</i> .....	82
2.1 Introdução.....	83
2.2 Material e Métodos.....	86
2.2.1 Expedição para coleta.....	86
2.2.2 Coleta e identificação na embarcação .....	89
2.2.3 Aferição dos parâmetros: peso, parasitas e <i>gaping</i> (defeitos físicos).....	89
2.2.4 Avaliação do rendimento, presença de parasitas, <i>gaping</i> proporção da cabeça e fator de condição .....	91
2.2.5 Diagnóstico do setor pesqueiro brasileiro .....	91
2.3 Resultados e Discussão.....	91
2.3.1 Parasitas .....	91
2.3.2 <i>Gaping</i> – defeitos físicos .....	95
2.3.3 Rendimento.....	97
2.3.4 Fator de condição.....	100
2.3.5 Principais características da pesca no Brasil .....	101
2.3.5.1 Controle de qualidade e sistemas de rastreabilidade no setor pesqueiro brasileiro .....	103
2.4 Conclusões.....	105
Referências .....	106
3 Diagnóstico da qualidade e das condições toxicológicas da água de cultivo e da tilápia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) em fazenda aquícola.....	110
3.1 Introdução.....	111
3.2 Material e Métodos.....	113
3.2.1 Procedimento de coleta.....	113

3.2.2 Análises ambientais .....	115
3.2.2.1 Análises físico-químicas.....	115
3.2.2.1.1 Alcalinidade.....	115
3.2.2.1.2 Fósforo total.....	116
3.2.2.1.3 Nitrogênio Amoniacal .....	116
3.2.2.1.4 Condutividade elétrica.....	116
3.2.2.1.5 pH .....	116
3.2.2.1.6 Dureza total.....	116
3.2.2.1.7 Turbidez.....	116
3.2.2.1.8 Temperatura do ar e dados pluviométricos.....	116
3.2.2.1.9 Temperatura da água .....	116
3.2.2.1.10 Cálcio e Magnésio .....	117
3.2.2.1.11 Oxigênio Dissolvido .....	117
3.2.2.1.12 Cor .....	117
3.2.2.1.13 Análise de metais.....	117
3.2.2.1.14 Análise de geosmina.....	118
3.2.2.2 Análises microbiológicas.....	119
3.2.2.2.1 Coliformes totais e termotolerantes .....	119
3.2.2.2.2 Contagem de heterotróficos.....	119
3.2.2.3 Caracterização do fitoplâncton da água de cultivo .....	120
3.2.2.4 Análises toxicológicas .....	121
3.2.3 Análises do pescado .....	122
3.2.3.1 Análises microbiológicas.....	122
3.2.3.1.2 Coliformes totais e termotolerantes .....	122
3.2.3.1.3 Contagem de mesófilos aeróbicos .....	122
3.2.3.1.4 <i>Staphylococcus coagulare</i> positivo.....	122
3.2.3.1.5 <i>Salmonella</i> sp.....	123
3.2.3.2 Análises físico-químicas.....	123
3.2.3.2.1 pH .....	123
3.2.3.2.2 Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT).....	123
3.2.3.2.3 Perda de peso .....	124
3.2.3.3 Análises toxicológicas .....	125
3.3 Resultados e Discussão.....	126

3.3.1 Parâmetros ambientais.....	127
3.3.1.1 Características climatológicas e físico-químicas.....	128
3.3.1.2 Características microbiológicas.....	131
3.3.1.3 Levantamento do fitoplâncton da água de cultivo.....	133
3.3.1.4 Substâncias provenientes de metabólitos fitoplanctônicos.....	139
3.3.1.4.1 Cianotoxinas.....	139
3.3.1.4.2 Substâncias que causam <i>off flavor</i> .....	141
3.3.2 Parâmetros de qualidade do pescado.....	143
3.3.2.1 Análises físico-químicas.....	143
3.3.2.2 Análises microbiológica.....	145
3.3.2.3 Cianotoxinas.....	147
3.4 Conclusões.....	150
Referências.....	151

4 Monitoramento da qualidade da água de cultivo de fazendo aquícola com foco no fitoplâncton e cianobactérias, como parte de um programa de rastreabilidade da cadeia produtiva.....	162
4.1 Introdução.....	163
4.2 Material e Métodos.....	165
4.2.1 Procedimentos de coleta.....	165
4.2.2 Mensuração da qualidade da água.....	166
4.2.2.1 Análises físico-químicas.....	166
4.2.2.1.1 Alcalinidade.....	166
4.2.2.1.2 Fósforo total.....	166
4.2.2.1.3 Nitrogênio amoniacal.....	166
4.2.2.1.4 Condutividade elétrica.....	166
4.2.2.1.5 pH.....	167
4.2.2.1.6 Dureza total.....	167
4.2.2.1.7 Turbidez.....	167
4.2.2.1.8 Temperatura do ar e dados pluviométricos.....	167
4.2.2.1.9 Temperatura da água.....	167
4.2.2.1.10 Cálcio e Magnésio.....	167
4.2.2.1.11 Oxigênio Dissolvido.....	167

4.2.2.1.12 Clorofila a .....	167
4.2.2.1.13 Análise de metais.....	167
4.2.2.1.14 Análise de geosmina.....	168
4.2.2.2 Análises microbiológicas.....	169
4.2.2.2.1 Coliformes totais e termotolerantes .....	169
4.2.2.2.2 Contagem de heterotróficos .....	170
4.2.2.2.3 <i>Enterococcus</i> sp.....	170
4.2.2.2.4 Clostrídios sulfito redutores .....	171
4.2.2.2.5 <i>Salmonella</i> sp.....	171
4.2.2.3 Caracterização do fitoplâncton da água de cultivo.....	172
4.2.2.4 Análises toxicológicas .....	173
4.3 Resultados e Discussão.....	174
4.3.1 Parâmetros ambientais.....	174
4.3.1.1 Características climatológicas e físico-químicas.....	174
4.3.1.2 Características microbiológicas .....	181
4.3.1.3 Levantamento do fitoplâncton da água de cultivo.....	183
4.3.1.4 Substâncias provenientes de metabólicos fitoplanctônicos.....	191
4.3.1.4.1 Cianotoxinas .....	191
4.3.1.4.2 Substâncias que causam <i>off flavor</i> .....	191
4.4 Connsiderações gerais .....	194
4.5 Conclusões.....	195
Referências .....	196

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado global está cada vez mais exigente no que concerne à qualidade alimentar do produto e às conseqüências ao ambiente relacionadas à sua produção. A segurança é uma das características mais importantes para determinar a escolha do alimento. Os consumidores desejam transparência das condições e dos métodos de produção e se interessam por informações relativas à área onde a matéria-prima é obtida, às condições de cultivo, à qualidade organoléptica e aos programas de qualidade utilizados durante o processamento, dentre outros.

Alguns governos estão organizando ou adaptando a legislação para possibilitar a implantação de sistemas de informações relativos à rastreabilidade do pescado. A rastreabilidade é um sistema projetado visando a comunicação entre os elos da cadeia produtiva, tendo como conseqüência um alimento monitorado e no qual o consumidor pode confiar. A integridade e a transparência na cadeia alimentar são, no momento, assuntos prioritários para os consumidores, produtores, processadores, varejistas, integrantes do serviço de alimentação e para o governo.

A rastreabilidade dos alimentos se tornou expressão corrente, como conseqüência de uma série de incidentes de segurança alimentar, durante os quais, os sistemas de informação disponíveis mostraram-se inadequados, ausentes, demorados ou incapazes de assegurar aos consumidores a inocuidade dos produtos (ANAIS DA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE RASTREABILIDADE DE ALIMENTOS, 2004).

A rastreabilidade é definida pela União Européia, como a capacidade de detectar a origem e de seguir o caminho percorrido por um gênero alimentício, um alimento para animais, um animal produtor de gênero alimentício ou uma substância destinada a ser incorporada em gêneros alimentícios ou alimentos para animais, ou com probabilidade de o ser ao longo de todas as fases da produção, transformação e distribuição (CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2002).

Segundo as informações que compõem a ISO 8402:1994, rastreabilidade é a capacidade de descrever uma história e localizar um produto por meio de informação registrada (FSA - FOOD STANDARDS AGENCY, 2002). O conceito não inclui somente o principal requisito de ser capaz de localizar e identificar fisicamente o produto através da cadeia de distribuição, mas também ser capaz de prover informação sobre o que foi realizado e o que ocorreu com os produtos (CEN, 2002).

O conceito de produto rastreado, desde sua origem até o consumidor, não é uma idéia recente. Muitas indústrias tem seus produtos rastreados em suas operações internas, como por

exemplo, a indústria de carros e eletrônicos, que são identificados com um número seriado único. Entretanto, a introdução da rastreabilidade no setor de produtos alimentícios é uma concepção relativamente nova, que vem ganhando força, particularmente na comunidade européia.

Para enfrentar as barreiras técnicas, que estão sendo erguidas em nome da segurança alimentar, o atendimento às exigências preconizadas, principalmente pela Europa, representa o passaporte *sine qua non* para inserção e consolidação do Brasil no mercado mundial. A compreensão sobre essa nova realidade, neste processo de adequação do comércio internacional ao contexto globalizado do século XXI, é o ponto de partida para usufruto das vantagens competitivas de um país fornecedor de alimentos no universo mundial (ANAIS DA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE RASTREABILIDADE DE ALIMENTOS, 2004).

A relação entre qualidade da água e ocorrência de *off flavor*, tem sido relatada em muitos estudos. Em geral, condições limnológicas específicas permitem o surgimento de espécies variadas de actinomicetos e cianobactérias, sintetizando compostos capazes de alterar, negativamente, o sabor e o odor de filés de peixes que passam a apresentar sabores descritos como “terra” ou “mofo” (PERSSON, 1995; PLOEG; BODY, 1992; SCHRADER et al., 1998; TUCKER; PLOEG, 1999).

As florações de cianobactérias causam amplos impactos sociais, econômicos e ambientais. A decomposição dessas florações leva à desoxigenação, alterando a composição química da água e afetando a capacidade de sobrevivência de muitos organismos aquáticos. A produção de metabólitos secundários bioativos, com propriedades altamente tóxicas pode afetar, direta ou indiretamente a saúde de muitos animais e do ser humano (CARMICHAEL, 1996).

A presença de algas, em alta concentração, em reservatórios com elevado grau de eutrofização, pode causar problemas de gosto e odor através de dois mecanismos; o primeiro está diretamente relacionado à morte das algas e subsequente liberação para a fase líquida, de compostos metabólicos, dentre eles o metil-isoborneol (MIB) e a geosmina (GEO); o segundo mecanismo está relacionado à degradação do material celular morto, que pode servir como substrato para outros microrganismos, notadamente os actinomicetos produtores de compostos causadores de gosto e odor.

A GEO confere ao filé do peixe o “gosto de barro” ou “cheiro de terra molhada”. Esta substância é produzida por cianobactérias dos gêneros *Anabaena*, *Lyngbya* e *Microcystis*, bem como, por bactérias da ordem dos actinomicetos, entre estas, as dos gêneros *Streptomyces* e *Nocardia*. O MIB também é produzido por cianobactérias, mais especificamente, as do gênero *Oscillatorias*: *Oscillatoria chalybea*, *Oscillatoria perornata*, *Oscillatoria agardhii*, *Oscillatoria tenuis*, bem como, pelos actinomicetos. O MIB provoca “odor de mofo”, mesmo em baixas

concentrações. Essas substâncias, se presentes na água de cultivo são absorvidas e acumulam-se no pescado (TUCKER; MARTIN, 1991).

Para o *catfish* cultivado nos Estados Unidos, os prejuízos anuais causados pelo *off flavor* constituem sério problema econômico. O cálculo dos prejuízos considera a redução no crescimento e na eficiência alimentar, e o aumento na mortalidade decorrentes de problemas de qualidade da água, além das doenças ocorridas em função da retenção dos peixes nos viveiros até a dissolução da condição do *off flavor* (BOYD et al., 2003).

Ainda não foram identificadas estratégias eficazes para evitar a ocorrência de GEO e MIB nos peixes. No entanto, os produtores de *catfish*, nos Estados Unidos, adotaram algumas práticas de manejo que tem auxiliado na minimização deste problema, como a adoção de sistema de produção com múltiplas colheitas, avaliação sensorial de amostras de peixes dos viveiros e colheita imediata dos peixes, em viveiros sem *off flavor* (BOYD et al., 2000; BOYD et al., 2003).

Houve um crescente aumento no número de registros de danos causados à saúde da população e do ambiente, pelo desenvolvimento de populações de cianobactérias, dentre eles, casos graves de intoxicação humana ocorridos no Canadá (DILLENBERG; DEHNEL, 1960), Austrália (BYTH, 1980; PILOTTO et al., 1997) no Reino Unido (TURNER et al., 1990) e no Brasil (JOCHIMSEN et al., 1998; CARMICHAEL, 1996).

Há, portanto, a necessidade de se localizar, por *feed back*, os causadores da contaminação do alimento e então, agir corretivamente, retirando ou recolhendo os produtos que não são seguros. Este procedimento exige a constante aplicação de Boas Práticas Agropecuárias (BPA), Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (BPHO), Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e a implantação do sistema de rastreabilidade.

Particularmente, a segurança do alimento é um fator fundamental no setor de alimentos, uma vez que, anualmente, cerca de 7 milhões de pessoas são afetadas por doenças transmitidas por alimentos, tornando a implantação da rastreabilidade essencial no mundo globalizado (REGATTIERI; GAMBERI; MANZINI, 2007).

A causa de muitos dos recentes problemas de segurança do alimento está no setor de produção primária, embora os problemas manifestem-se na fase final da cadeia produtiva. Conseqüentemente, há a necessidade de localizar as causas dos problemas e então, agir corretivamente, retirando ou recolhendo todos os produtos que não são seguros. Através da rastreabilidade podem ser realizadas estas ações, contudo, a rastreabilidade ainda ocupa pequeno espaço tanto nas atividades de captura, quanto de cultivo do pescado. As dificuldades estão, em grande parte, na diversidade dos recursos pesqueiros e na complexidade da comercialização.

Em termos ambientais, a abrangência da rastreabilidade envolve o monitoramento das condições de produção (cultivo e captura), passando pelo registro das operações de processamento, utilização integral do resíduo agroindustrial e controle das condições de comercialização, até alcançar o consumidor final.

O impacto social se reflete na possibilidade de tornar o produtor, um industrial, gerador de produtos de valor agregado, colaborando para a inserção social do aquicultor e do pescador.

Há potencial para o aumento da produção de pescado brasileiro, inclusive no quesito qualidade, para atender ao mercado interno e externo, porém, o setor pesqueiro brasileiro necessita implantar sistemas adequados e eficientes de controle de qualidade que adicionem a rastreabilidade.

Paradoxalmente, enquanto o Brasil desponta como um importante produtor de pescado cultivado, atividade com índice de crescimento jamais observado na produção de outros recursos alimentícios de origem animal no país, a comercialização do pescado brasileiro, sempre se constituiu em um entrave para o consumidor desse alimento de alto valor nutricional e que seria muito bem vindo como fonte protéica à população (OETTERER; GALVÃO, 2005).

Um sistema de rastreabilidade para o pescado brasileiro, além de ser uma ferramenta de extrema necessidade, é uma inovação tecnológica, visto que poucos países no mundo avançaram nesta direção. A rastreabilidade da cadeia produtiva do pescado nacional pretende equiparar o Brasil a este contingente, fato que caracteriza o impacto tecnológico no setor (OETTERER; GALVÃO, 2005).

O desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade informatizado para o pescado brasileiro terá, dentro de poucos anos, elevada importância comercial por se constituir em um processo com agilidade e segurança e que agregará valor à cadeia produtiva do pescado. É preciso acompanhar esta tendência, principalmente, devido à importância deste mercado para a sociedade brasileira (OETTERER; GALVÃO, 2005).

Buscou-se realizar um levantamento bibliográfico sobre o estado da arte e a importância da rastreabilidade na cadeia produtiva do pescado, como forma de assegurar a qualidade dos produtos do pescado e permitir a participação futura do Brasil no mercado internacional.

A legislação vigente em vários países e as tendências para unificação dos sistemas de rastreabilidade são discutidas, bem como os parâmetros ambientais de importância a serem monitorados e compilados.

A oferta de pescado, com qualidade, deverá colaborar principalmente para o atendimento do mercado externo, possibilitando o aumento da competitividade do pescado brasileiro a ser

exportado, além de incrementar o aumento de consumo no mercado interno e, conseqüentemente, contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos consumidores.

## **1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1.1 .RASTREABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DE ALIMENTOS**

O conceito de produto rastreado “da origem ao consumidor” já tem sido utilizado por muitas indústrias por décadas, sendo, a rastreabilidade incorporada em operações de âmbito interno. Pode-se constatar isto em empresas automobilísticas e de equipamentos eletrônicos, cujos produtos são etiquetados recebendo um número de série e rastreados, permitindo que os diversos elos desta cadeia produtiva sejam identificados individualmente. Todavia, a introdução da rastreabilidade no setor de alimentos é um conceito incipiente, que continua a ganhar impulso, particularmente na Comunidade Européia.

Em 1994, a Organização Internacional de Normalização definiu o primeiro conceito de rastreabilidade como sendo: "a capacidade para descrever a história e localizar um produto através de informações previamente registradas" (ISO,1994). A rastreabilidade foi enunciada através da norma ISO 8402, que sofreu modificações até transferir todo o seu conteúdo, em matéria de qualidade, para a ISO 9000, sendo que o termo evoluiu para a seguinte definição: " a capacidade de rastrear os antecedentes e localizar um produto por meio de identificações registradas". Assim, estabelece-se uma previsão sobre a produção, mas não necessariamente exigindo um conhecimento exaustivo das operações no ciclo total de produção até a venda do produto final. Na primeira colocação apenas algumas operações são asseguradas, mas na segunda, faz-se necessário articular um processo normalizado e documentado de todas as fases, desde a produção até a posterior distribuição comercial.

A União Européia estabeleceu um marco regulador sobre o assunto, mediante seu regulamento (CE) 104/2000 (EU, 2000) relativo à rotulagem, higiene dos alimentos e rastreabilidade, complementado com o Regulamento (CE) 2065/2001, que entrou em vigor em 1º de janeiro de 2002 (EU, 2001).

A rastreabilidade não pode ser vista como uma forma de garantir a qualidade na produção de alimentos (ALFARO; RABADE, 2009) uma vez que é um sistema de registro que

objetiva identificar e localizar, rapidamente, produtos para o consumo humano ou animal desde sua origem até qualquer ponto dentro de uma cadeia alimentícia.

Deve-se manter documentos que comprovem o histórico de seus produtos; todos os envolvidos devem estar comprometidos. No caso da indústria de alimentos, o produtor é o primeiro envolvido na implantação da rastreabilidade, cuja tarefa é realizar a identificação de seus produtos.

É necessário que as empresas mantenham uma base de dados informatizada de todos os elos da cadeia de produção, principalmente da etapa de manipulação, que é a fase do processo em que ocorrem mais perigos como, por exemplo, a contaminação por microrganismos, que podem causar toxinfecções alimentares.

A rastreabilidade permite a localização de produtos e a determinação de suas origens e destinos. É essencialmente utilizada no *recall* e descarte, porém não é um sistema de controle de qualidade como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle ou normas ISO.

Entretanto, a rastreabilidade auxilia na melhoria dos processos e dos produtos e no atendimento às necessidades dos consumidores. Um sistema de rastreabilidade permite a localização de uma falha qualitativa, minimizando os impactos causados em produtos com problemas.

A rastreabilidade é o processo pelo qual se correlaciona, de maneira clara e rápida, o lote de um insumo com o do produto terminado, bem como é localizado o lote de produto terminado nos pontos de venda (PELLEGRINI; GALHARDI; CASTRO, 1996).

Para enfrentar as barreiras técnicas que estão sendo erguidas em nome da segurança alimentar, principalmente pela Europa, a rastreabilidade representa passaporte *sine qua non* para inserção e consolidação do Brasil no mercado mundial.

A compreensão sobre essa nova realidade, neste processo de adequação do comércio internacional ao contexto globalizado do século XXI é o ponto de partida para o país assumir vantagens competitivas como fornecedor de alimentos no universo mundial (ANAIS DA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE RASTREABILIDADE DE ALIMENTOS, 2004).

Fica evidente, portanto, que o esforço conjunto dos setores produtivos e do governo para implementar e viabilizar o processo de rastreabilidade é um passo fundamental para garantir ao Brasil uma posição de destaque no cenário internacional do agronegócio.

### **1.1.1.1. Requisitos para a rastreabilidade**

A nova realidade exige dos agentes do agronegócio uma visão de conjunto e uma ação articulada das cadeias produtivas, através de alianças mercadológicas estratégicas, com nítida preocupação com a qualidade do produto em todas as fases do processo, tendo como alvo a segurança e a satisfação plena do consumidor (PALADINE, 1995).

Boas Práticas de Fabricação (BPF), ISO 9000, e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) são ferramentas que tem sido usadas normalmente na indústria de alimentos, enfatizando, desta forma, a necessidade de utilização de um sistema efetivo de rastreabilidade.

Sistemas como o APPCC são obrigatórios para a indústria de alimentos, sendo utilizados para inspecionar e controlar perigos biológicos, químicos e físicos durante o processamento. A APPCC, entretanto, não é um sistema de rastreabilidade, pois não integra as informações para os demais elos da cadeia (GALVÃO et al., 2010); sendo que as funções do APPCC são eliminar e minimizar os riscos de ocorrência de algum problema (HERNANDEZ, 2001).

No Brasil, o Ministério da Saúde instituiu, através da portaria 1428/93 (BRASIL, 1993), a utilização de BPF e do APPCC como sistemas de controle da qualidade sanitária de alimentos. Boas Práticas de Fabricação são um conjunto de normas básicas de higiene aplicáveis a todos os estabelecimentos de alimentos. São regras de higiene pessoal, higiene das máquinas e instalações e cuidados na produção de alimentos. Sua implantação é condição primária de funcionamento, sob o risco de, caso o estabelecimento não o faça, gerar um problema de saúde pública, com produção de alimentos inseguros.

O sistema APPCC é uma proposta sistematizada de identificação e controle de perigos no processo industrial, sendo desenvolvido especificamente para cada processo. Os perigos são definidos como sendo características de natureza física, química ou biológica que podem tornar um alimento inseguro para o consumo. Dessa forma, o sistema APPCC restringe-se a controlar o processo de fabricação para o qual ele foi concebido, no aspecto de segurança do alimento (MUJICA, 2006).

A filosofia do APPCC é justamente a de agir com prevenção. Assim, evita-se perdas de matéria-prima ou de produto e a indústria ganha, uma vez que deixa de perder (TORRES, 2004).

A rastreabilidade funciona como um complemento no gerenciamento da qualidade; quando aplicada isoladamente não propicia segurança ao produto, nem ao processo. Deve estar

agregada a outros sistemas de controle de qualidade, como o APPCC e as BPF. O APPCC é um processo que enfatiza os riscos e previne a contaminação alimentar através de medidas corretivas e de controle na indústria de alimentos. Esse sistema é parte integrante da norma “Código Internacional de Práticas Recomendadas para Princípios Gerais de Higiene Alimentar”, do *Codex Alimentarius*, como forma de garantir a inocuidade alimentar (IBA et al., 2003).

A rastreabilidade é um sistema de interações entre fluxos físicos e de informação; representa o elo entre o produto e todas as informações. Os participantes das cadeias devem, inicialmente, compreender que em um ambiente competitivo, há necessidade de se criar novos nichos de mercado com produtos seguros que garantam a sua sobrevivência. O governo tem papel fundamental nesse contexto, devendo fornecer incentivos e subsídios, treinamentos específicos e orientações adequadas sobre o assunto, particularmente com foco na questão de segurança alimentar.

A Food Standards Agency (FSA), da União Européia, reconhece dois níveis de rastreabilidade dentro da indústria de alimentos. O primeiro nível, chamado de “rastreabilidade interna” é restrito a um elo da cadeia, localiza produtos em operações internas, sendo a informação que segue para o próximo elo, pequena ou nula. A dificuldade está na necessidade de se projetar e implementar um sistema de rastreabilidade que englobe a complexidade de todos os elos (FSA, 2002).

A rastreabilidade aparenta ser um conceito relativamente simples, entretanto, o processo para criar um sistema de informação articulado entre a origem de materiais, processos e distribuição é complexo, especialmente devido à quantidade de produtos alimentícios que existem na feira global (THOMPSON et al., 2005).

A rastreabilidade não pode ser alcançada sem a integração vertical do conhecimento e pode requerer a participação de todas as partes envolvidas na indústria de pescado, inclusive pescadores, processadores, atacadistas, transportadores e varejistas.

O primeiro passo para estabelecer um sistema documentado é, portanto, analisar e identificar os registros que trazem informações sobre os produtos; o próximo passo é verificar como o sistema atual vai permitir efetivamente a rastreabilidade do produto na empresa (CARVALHO, 2006).

Os três tópicos cruciais ao sucesso de qualquer sistema de rastreabilidade são: compatibilidade, padronização de dados e definição de uma unidade de recurso rastreado, TRU – *traceable resource unit*.

Uma TRU é definida como uma unidade de comércio, podendo esta ser um peixe inteiro ou um lote de pescado. Esta unidade, invariavelmente, mudará durante o processamento e novas TRU devem ser nomeadas em cada passo de transformação e adição de ingredientes, sendo que a TRU inicial deve seguir cada peixe ou lote, por todos os passos do processamento, distribuição e varejo. Este processo se torna complexo especialmente durante o processamento, quando o produto é composto de lotes distintos de matéria-prima, ingredientes adicionais e processos diferenciados (THOMPSON et al., 2005).

A rastreabilidade interna envolve quatro itens, a saber, identificação de insumos, identificação do produto em processo, identificação do produto terminado e responsabilidades departamentais. No primeiro item todas as unidades de venda de insumos devem possuir datas e números de lote impressos pelo fornecedor do insumo. Afim de assegurar a solidez e a confiança, é essencial que todos os identificadores e as trocas de informações estejam padronizadas, sem pontos fracos. Um sistema de rastreabilidade para ser efetivo precisa registrar as informações de forma padronizada e acessível, visando facilitar o rápido e correto reuso destas informações (BERTOLINI et al., 2006).

No recebimento da matéria-prima, o cliente deverá utilizar em seus registros a mesma identificação, ou alguma outra relacionada com a do lote de origem. Nos registros do cliente deverá constar o nome do produto, data de recebimento, quantidade recebida, nome do fornecedor, data de fabricação ou número de identificação do lote do fornecedor e o do cliente; a identificação deve ser legível e de difícil remoção. Deve haver distinção entre lote em análise, lote rejeitado e lote aprovado (PELLEGRINI; GALHARDI; CASTRO, 1996).

Lote é um conjunto de unidades de venda de um gênero alimentício produzido, fabricado ou acondicionado em circunstâncias praticamente idênticas, com referência codificada ou não, que traduza informação condensada como, por exemplo, a data de fabricação, relativa aos ingredientes, insumos e produtos acabados.

O conceito de dimensão do lote, em rastreabilidade, deve ser entendido, considerando os vários aspectos da respectiva definição, como o monitoramento e acompanhamento do lote sob controle de qualidade e na possibilidade de retirada do produto do mercado em caso de alerta a respeito de provável falha na qualidade.

Na identificação do produto em processo, os lotes de insumos e de produtos semi-processados devem ser registrados nos relatórios de processo, incluindo a data e o lote de processamento. No terceiro item relacionado com a identificação de produto terminado, este deve ser identificado na menor unidade de venda com o prazo de validade indicado por dia, mês

e ano e o número do lote, sempre correlacionados com as identificações dos lotes registrados em processo (PELLEGRINI; GALHARDI; CASTRO, 1996).

Quanto à responsabilidade dos departamentos, o de compras deve adquirir os insumos de acordo com as especificações, as quais devem conter a identificação do lote. O almoxarifado deve registrar os números dos lotes. No departamento de controle de qualidade, o registro do número do lote analisado deve correlacionar-se com o do lote identificado pelo almoxarife. O setor de processamento deve registrar e correlacionar o número dos lotes. O departamento de distribuição deve correlacionar o número do lote do produto terminado enviado para o cliente, em todos os pontos de distribuição. Os registros devem ser arquivados até um ano após o final do prazo de validade do produto. Todos os departamentos envolvidos devem registrar as ocorrências e anomalias relativas aos insumos e ao processamento (PELLEGRINI; GALHARDI; CASTRO, 1996).

A rastreabilidade externa envolve os fluxos de comunicação da anormalidade, onde é necessário identificar a fonte de origem das anormalidades e classificá-las segundo a grandeza de risco que podem oferecer ao cliente. O plano de ação contingencial, elaborado a partir de um comitê formado por representantes de outros departamentos da empresa, deve contemplar um fluxo de ação contingencial com ações definidas para possíveis problemas nos produtos. Outro fluxo importante é da comunicação, que deve demonstrar a integridade da companhia, garantir a confiança do consumidor e dar ao público o máximo de segurança; o que exige perfeita coordenação desta fase, assim como definir o melhor canal de comunicação, tanto externo como interno. As informações devem ser claras e objetivas e chegar a todos de maneira rápida e uniforme. Por fim, deve existir um programa de simulação periódica do sistema de rastreabilidade para verificar a eficiência do mesmo (PELLEGRINI; GALHARDI; CASTRO, 1996).

Os termos “produto rastreado” (*product tracking*) e “produto localizado” (*product tracing*) tem significados distintos. O primeiro refere-se ao registro de informação sobre os procedimentos através da cadeia alimentícia e a habilidade para identificar, em tempo real, onde o produto está e que processos sofreu. O segundo recorre à habilidade de seguir os processos de um produto finalizado retornando para a sua origem (THOMPSON et al., 2005).

A compatibilidade é o primeiro componente no sucesso de um sistema de rastreabilidade e refere-se à capacidade do sistema em rastrear uma TRU de um elo ao outro. Esta ação requer que todos os elos da cadeia sejam capazes de se comunicar e transmitir dados

eficientemente. A habilidade para transmitir e receber dados não garante, por si só, a rastreabilidade sendo somente um meio para obtê-la (THOMPSON et al., 2005).

Os avanços na tecnologia de informação e o aumento da compatibilidade dos sistemas operacionais disponíveis oferecem as ferramentas necessárias para otimizar a integração na informação vertical. Protocolos unificados de transmissão de dados e novas aplicações computacionais estão disponíveis com a habilidade para carregar e disponibilizar dados entre diferentes sistemas operacionais e bancos de dados (THOMPSON et al., 2005).

A padronização de dados requer identificação de quais parâmetros durante a manipulação, processamento e armazenamento, são importantes na preservação da identidade do produto e de seus atributos de qualidade. O grau desejado de detalhamento de informação, invariavelmente, mudará de acordo com o propósito e a entidade; algumas empresas podem requerer mais informação que outras. Além disso, os requerimentos de dados dentro de um setor irão diferir entre os setores da indústria; processadores requerem informação diferente em conteúdo e quantidade daquelas requeridas por varejistas. Outro fator complexo é a adição de informação de novos produtos que surgem com o movimento dos produtos pela cadeia alimentícia. Os produtos podem sofrer manipulação e processos adicionais, incluindo transformações, adição de valor, embalagem, transporte e estocagem (THOMPSON et al., 2005).

Um grande entrave no gerenciamento da qualidade em um processamento de pescado para que se efetive a rastreabilidade, está na habilidade para seguir o produto com precisão, através de todas as etapas de transformação. É vital que um sistema de rastreabilidade tenha um conjunto mínimo de dados, para restringir o número de variáveis que devem ser registradas e transmitidas ao próximo elo. Podem ser coletadas informações adicionais em qualquer passo da cadeia alimentícia com objetivo de oferecer dados para análise e otimização das práticas de produção (HERNANDEZ, 2001).

Ao propor um modelo de implementação de sistema de rastreabilidade, através do registro das informações na *web*, Ruiz-Garcia, Steinberger e Rothmund (2010), constataram que o protótipo desenvolvido apresentou uma série de padrões que possibilitaram precisão nas informações disponíveis, desde a produção até a comercialização e distribuição, sendo o sistema elaborado em linguagem simples e padronizada, para permitir a integração entre os diferentes elos da cadeia produtiva.

A análise dos sistemas de rastreabilidade existentes tem demonstrado que apenas algumas cadeias agroindustriais estão utilizando *softwares*. A integração da cadeia devido às diferentes

linguagens e aos diversos sistemas de registro tem se mostrado complexa (BECHINI et al., 2005).

A transmissão das informações para fins de rastreabilidade pode ser feita através de registros em papel ou de forma eletrônica por meio da transferência de arquivos gravados em CD, *e-mail* ou *site* na *internet*, ou ainda, código de barras e, mais recentemente, RFID-transmissão de dados ou identidades (ID), via frequência de rádio, por meio de *chips* presentes na embalagem (CARVALHO, 2006). Porém, é necessário, também, estabelecer limites de tempo para estas informações estarem disponíveis à cadeia alimentícia, ao governo e aos consumidores (THOMPSON et al., 2005).

Hsu, Chen e Wang (2008), propuseram um sistema de rastreabilidade utilizando RFID na cadeia de fornecimento de peixes vivos. A etiqueta RFID foi colocada em cada peixe contendo informações desde a produção ao varejo, e, desta forma, possibilitando aos consumidores, a identificação do histórico daquele indivíduo. As informações de rastreabilidade foram adicionadas a um sistema disponível na web e acessível aos diferentes agentes do setor produtivo e também, aos consumidores. O sistema mostrou-se eficiente para as exigências específicas desta cadeia, sendo adaptável para pequenas e médias empresas.

### **1.1.1.2 LEGISLAÇÃO RELATIVA À RASTREABILIDADE, CERTIFICAÇÃO E ROTULAGEM**

Tendo em vista os vários acontecimentos relativos à segurança alimentar que provocaram discussões em todo o mundo, bem como, o questionamento sobre segurança na exportação e comercialização de alimentos, alguns governos estão organizando ou adaptando a legislação para exigir a rastreabilidade de produtos alimentícios, principalmente os de origem animal.

Embora não exista um sistema de rastreabilidade universal, algumas nações já possuem legislação para a rotulagem obrigatória e, em alguns casos, para a rastreabilidade de todos os produtos alimentícios.

A segurança do alimento é prioridade nos Estados Unidos e, embora não haja nenhuma exigência legal para o estabelecimento da rastreabilidade na cadeia alimentícia, a lei obriga qualquer empresa que vende ou comercializa produtos alimentícios a prover a garantia de que o alimento que está sendo vendido é seguro.

As empresas que atuam no setor produtivo estão sujeitas a um conjunto de mudanças e variações provenientes da turbulência atual do contexto globalizado. Um conjunto de normas é importante tanto em nível econômico como jurídico. Mundialmente, percebe-se que há a tendência para o desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade unificados.

A Legislação geral europeia (LEGISLACIÓN..., 2005), em seu Regulamento (CE) nº 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro de 2002, estabelece os requisitos de caráter geral, em matéria de legislação alimentícia, que afetam todos os países da União Europeia.

O artigo 18 deste regulamento requer que a rastreabilidade dos alimentos ou animais que se destinem à alimentação, ou qualquer outra substância, para as quais pretende-se ou espera-se, que sejam incorporados ao alimento, seja estabelecida em todas as fases de produção, processo e distribuição. Também requer a identificação do fornecedor e cliente para cada transação de canal de mercado e a providência de documentação pertinente em todo processo (LEGISLACIÓN..., 2005).

O artigo 19 remete às responsabilidades dos operadores empresariais de alimentos em retirar do mercado e informar aos consumidores e autoridades competentes, a respeito de alimentos não conformes. Neste regulamento são estabelecidos os requisitos de caráter geral, em matéria de legislação alimentícia, que afetam todos os países da União Europeia. O Conselho Europeu de Segurança Alimentícia tem poder suficiente para aplicar as sanções aos países que não cumprirem a norma (LEGISLACIÓN..., 2005).

A norma relativa ao mencionado comitê no que diz respeito à sua esfera de atuação e capacidade de sanção é descrita nos artigos 58, 59 e 60 do regulamento (CE) 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho, datado de 28 de janeiro de 2002 (EU, 2002).

A rastreabilidade é considerada um requisito da indústria de alimentos (ALFARO; RABADE, 2009). É exigido que as condições aplicadas aos bens, oriundos de países terceiros, deverão ser “*pelo menos equivalentes*” às condições previstas na legislação, proporcionando, assim, um grau de flexibilidade para o desenvolvimento de sistemas de controle no contexto do país terceiro. Deste modo, a interpretação e transposição de legislação da UE para os fornecedores de países terceiros deve levar em consideração este aspecto (GOULDING; PORTO, 2006).

A Legislação dos Estados Unidos, é composta pela “U.S. Farm Security and Rural Investment Act of 2002”, que requer que o país de origem identifique a carne bovina, de cordeiro, suíno, pescado, artigos perecíveis e amendoins (THOMPSON et al., 2005).

Diretrizes voluntárias foram estabelecidas em outubro de 2002, e passaram a ser obrigatórias, a partir do dia 30 de setembro de 2006, para todos os artigos, excluindo os peixes e moluscos, cuja exigência já havia sido implementada em 4 de abril de 2005 (THOMPSON et al., 2005).

O “U.S. Bio-terrorism and Response Act of 2002”, que efetivou-se em 12 de junho de 2002, requer o registro de todas as instalações de alimentos, domésticas e estrangeiras, que abastecem os Estados Unidos, além de designar registros para identificar os provedores e receptores de todos os produtos alimentícios (THOMPSON et al., 2005).

A denominada “General Food Law Regulation” (EU, 2002) entrou em vigor em janeiro de 2005, enquanto o “US Bioterrorism Act” (FDA, 2003) passou a ser exigido em dezembro de 2003 (SENNESET; FORAS; FREMME, 2007).

### **1.1.1.3 CERTIFICAÇÃO**

A certificação representa um conjunto de procedimentos pelo qual uma entidade certificadora, imparcial e independente, reconhece que o produto atende a requisitos pré-estabelecidos. Atua como uma ferramenta de qualidade e fornece as diretrizes básicas de controle. Uma produção certificada não garante que um produto seja rastreável, porém um produto a ser rastreado deve preferencialmente passar por um processo de certificação do sistema (IBA et al., 2003).

A rastreabilidade é parte da qualidade total e é base de todos os programas de certificação como a “Label Rouge”, Agricultura Orgânica, e a “Certification de Conformité Produit” (THOMPSON et al., 2005).

A certificação agrega valor ao produto e é um diferencial de qualidade; promove o fortalecimento da imagem institucional e auxilia no posicionamento da marca perante o mercado. A certificação de qualidade e procedência, transmite segurança ao consumidor (IBA et al., 2003).

Os consumidores e as redes de distribuição querem obter garantias para três pontos importantes: De onde vem o produto?; Quem é o produtor?; Como este produto é elaborado?. De fato, embora a rastreabilidade possa certificar a origem dos produtos, o mais importante é garantir que as boas práticas foram implementadas na produção, no manejo e no processamento. Por isso, a rastreabilidade é sempre um dos pontos mais importantes das diretrizes de qualidade que embasam a certificação.

#### **1.1.1.4. ROTULAGEM E IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA**

A rotulagem permite melhor identificação do produto e o acesso a informações sobre o alimento que será consumido. Tal informação deve ser idônea, pois do contrário a finalidade da rastreabilidade se tornaria inválida. Além disso, é importante que a rotulagem apresente o enfoque comercial completo, com a finalidade de proteger o consumidor, tendo importância por demonstrar registros da cadeia produtiva e assegurar a qualidade ao consumidor, fornecendo-lhe as informações requeridas (THOMPSON et al., 2005).

O rótulo deve identificar o produto, transmitindo informações para o consumidor, ajudando-o na decisão de compra, além de minimizar os riscos relacionados ao mesmo e sua utilização. Para que isso seja possível, deve existir uma correlação entre os elos da cadeia, que permita a transferência das informações de um segmento a outro, evitando que estas se percam ao longo do processo. Deverá ser estabelecido um modelo de rastreabilidade que garanta a segurança do produto final das empresas, desde a fase de produção e manejo até a distribuição comercial, visando o consumidor final. Um sistema de vigilância e identificação de pessoas e de empresas que vendem os produtos e administram as matérias-primas, só pode ser efetivo através de um modelo homogêneo de rotulagem (THOMPSON et al., 2005).

De acordo com os padrões do “Tracefish” para pescado capturado, a chave da operação de rastreabilidade de produtos pesqueiros é a rotulagem a partir da etiquetagem, em cada unidade de mercadoria comercializada, desde a matéria-prima até o produto final, com um único ID (número de identificação) (CEN, 2002). Esta informação é importante para a implementação da rastreabilidade, pois ter informações desde o princípio, da origem do produto, é básico para a efetiva atuação de um sistema de rastreabilidade (LIU, 2005).

As informações requeridas para o processo de rotulagem, bem como o nome científico da espécie de pescado, devem ser fornecidos em todos os estágios da cadeia de comercialização (GALVÃO et al., 2010). Estas informações podem ser dadas através de etiquetas, embalagens, ou então através de documentos comerciais que acompanhem o lote do produto. Por exemplo, no Reino Unido entende-se que, as notas de vendas e faturas, se constituem em um meio habitual de se prestar informações entre os elos da cadeia naquele país (FSA, 2002).

Na Comunidade Européia, é reconhecido que os consumidores tem o direito de receber informações sobre a origem e a composição dos alimentos, para que estes possam tomar decisões baseados em informações concretas e fidedignas (FSA, 2002).

Sistemas de rotulagem contendo informações relevantes aos consumidores, são ações que causam impacto significativo na comercialização de alimentos, auxiliando na prevenção de fraudes. A rotulagem por si só não provê rastreabilidade, entretanto, é um importante aspecto desta pois permite rastrear fisicamente o produto, podendo ser usado como um efetivo meio de distinguir produtos e propiciar reconhecimento para uma determinada marca (FSA, 2002).

O princípio básico de qualquer forma de identificação implica em que esta seja única e inequívoca. A identificação deve ser permanente, sem correr riscos de perda; insubstituível e positiva, isto é, sem gerar dúvidas. A identificação, por si só, não possui nenhum significado. Ela deve estar interligada a um sistema central de armazenamento de dados, que permita o acesso a todos os elos da cadeia produtiva, inclusive o consumidor (IBA et al.,2003).

De um lado, a rastreabilidade protege os consumidores e, de outro, ampara os produtores, uma vez que obriga todas as empresas e demais agentes correlatos a cumprir normas sanitárias, financeiras, comerciais e legais, visando obter maior confiabilidade para o consumidor, correta administração de estoques, competência equilibrada não abusiva e um conjunto de certificações e especificações legais, através de rotulagem obrigatória.

A etiqueta informacional nos produtos alimentícios é uma ferramenta usada para informar consumidores e influenciar o mercado na busca por qualidade. Atualmente, os consumidores são informados apenas a respeito da origem do alimento. A comissão da União Européia (UE) preconiza que os consumidores tem o direito de receber informações sobre a qualidade e os constituintes do alimento exposto à venda, para que possam tomar a decisão de adquirí-lo (FSA, 2002).

Uma vez que cada elo defina sua TRU deve-se optar por um esquema apropriado de rotulagem. A maioria dos fabricantes e varejistas do setor alimentício usa como rótulo o Código de Produto Universal (UPC), para identificar seus produtos. Os rótulos que usam UPC são internacionalmente reconhecidos e estão baseados em padrões fixados pelo Conselho de Código Uniforme (UCC) dos Estados Unidos e Sistema Europeu de Numeração de Artigo (EAN). Os rótulos do EAN.UCC atendem várias configurações, dependendo das informações precisas das empresas (THOMPSON et al., 2005).

Os rótulos unidimensionais estão limitados à quantidade de informações que podem conter até 50 *bytes*, mas são amplamente usados. Estes geralmente contem informação que

identifica a entidade e o tipo de produto, porém, há uma variedade de rótulos unidimensionais que podem ser usados para prover mais informações, inclusive um número de identificação único. Rótulos bidimensionais também estão disponíveis e podem guardar mais informações, com até 3000 *bytes* (THOMPSON et al., 2005).

#### **1.1.1.5 SISTEMAS DE RASTREABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DO PESCADO**

A grande competitividade que as empresas do setor produtivo do pescado deverão enfrentar, no contexto econômico atual, torna necessário o desenvolvimento de vantagens competitivas que as diferenciem dos demais concorrentes.

A preocupação está na obtenção de produtos que sejam identificados por apresentarem qualidade superior e, esta identificação, é feita por um conjunto de normas que permitam ao consumidor adquirir produtos com garantia de salubridade e inocuidade.

Em 1991, o DIPOA (Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal), órgão do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento), por meio da DIPES (Divisão de Inspeção de Pescados e Derivados), implantou o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) nas indústrias da pesca, tendo sido na ocasião, pioneira no Brasil (RUIVO, 1998).

A forma brasileira de trabalhar com o sistema é dar a responsabilidade ao produtor, que organiza o seu programa e o aplica na sua indústria; e o governo, por meio da DIPES, faz a auditoria. Esse sistema, sendo específico para cada fábrica e produto, faz com que o frigorífico prime por qualidade e possa competir no mercado externo. A frequência da inspeção estará na qualidade da empresa inspecionada (TORRES, 2004).

A indústria pesqueira é um setor comercial onde a rastreabilidade tem se tornado uma necessidade legal (BORRESEN, 2003). A UE fez o primeiro movimento requerendo a rastreabilidade completa do pescado e dos produtos de pescado anteriormente ao ano de 2005, inclusive dos importados. Nos EUA, embora os regulamentos não designem rastreabilidade, eles contém os conceitos fundamentais do sistema.

A implementação obrigatória do COOL (*Country-of-Origin-Labeling*) requer que todos os abastecedores etiquetem a origem de todo o pescado. A análise de custo- benefício do COOL feita pelo Serviço de Marketing Agrícola, estimou o custo para o primeiro ano da ordem de US 3,9 bilhões como necessários para criar e manter o sistema de informação COOL. Além do

COOL, o Ato de Bio-terrorismo requer informação relacionada à rastreabilidade, incluindo o registro de todos os negócios relacionados a alimentos nos Estados Unidos, entretanto, a legislação americana não especifica os detalhes das informações a serem coletadas (THOMPSON et al., 2005).

O setor produtivo precisa atender a um conjunto de normas legais e econômicas relativas à normalização de produtos, em busca de um tipo de pescado que o consumidor possa reconhecer e adquirir com garantia total de inocuidade e salubridade e, assim, produzi-lo com elevado valor agregado.

Em um sistema comercial globalizado, a falta de padrões internacionais dificulta a identificação da origem e a elucidação do histórico dos produtos provenientes do setor pesqueiro (THOMPSON; SYLVIA; MORISSEY, 2003), e justifica a preocupação do setor varejista, serviços de alimentação e consumidores com a segurança alimentar da cadeia produtiva do pescado, na busca da garantia da qualidade do produto final e de produtos advindos de cadeias sustentáveis (THOMPSON et al., 2005). Por este motivo, e considerando que o consumidor de hoje possui um nível cultural mais elevado, que o leva à maior capacidade de assimilar informações, é necessário regulamentar o setor em busca de ações que assegurem a rastreabilidade dos produtos pesqueiros.

A implementação adequada de sistemas de rastreabilidade pode trazer grandes benefícios à indústria pesqueira. A rastreabilidade deve respeitar as peculiaridades de obtenção do pescado, bem como, levar em conta, se o pescado é proveniente da tradicional pesca extrativa ou da aquicultura moderna. Assim, trata-se de conseguir que a origem do produto seja identificável, que possua as características de diferenciação desejadas a respeito de outros produtos, e que seja adquirido pelo consumidor final como produto seguro e saudável, respeitando a imagem de qualidade desejada.

Randrup et al. (2008) realizaram *recalls* simulados para avaliar a implantação e a efetividade de sistemas de rastreabilidade em cinco países nórdicos. Os resultados revelaram baixo intercâmbio entre as etapas de produção sugerindo baixa conexão entre os setores da cadeia produtiva, apesar das informações aparentarem estar facilmente acessíveis. Desta forma, os autores concluíram que a cadeia produtiva do pescado nestes países, não estava totalmente preparada para operações de *recall*. Somente com um sistema de rastreabilidade eficiente é possível a realização de um *recall* através de efetiva investigação das etapas que causaram problemas.

O sistema de rastreabilidade foi desenvolvido para o mercado interno dinamarquês. As variáveis tempo e temperatura de cada operação foram selecionadas e controladas e os custos para implantação da rastreabilidade foram estimados. Tecnologias modernas foram utilizadas para aumentar a segurança dos registros e facilitar o acesso às informações dentro de todos os passos da cadeia produtiva, desde o produtor até a indústria processadora. O *software* desenvolvido demonstrou que é possível a utilização de tecnologia de informação (TI) automatizada, para facilitar a comunicação entre as empresas, trocando as informações que permitam a rastreabilidade dos produtos (FREDERIKSEN et al., 2002).

Os regulamentos sobre rastreabilidade exigem informações de todos os componentes da cadeia de suprimento de pescado; “da água ao prato”. No entanto, existem dúvidas sobre quais informações específicas são exigidas de cada componente e como estas informações serão incorporadas nos protocolos de rastreabilidade. Esta incerteza existe, em parte, porque a maioria dos programas de qualidade e sistemas de rastreabilidade apenas considera a rastreabilidade do produto após sua entrada na indústria. Outro aspecto é que os pescadores e criadores usualmente interagem pouco com a cadeia de pescado (CARVALHO, 2006).

As três maiores questões sobre rastreabilidade que as indústrias de pescado enfrentam são as seguintes: Que informações devem ser coletadas, mantidas e compartilhadas?; Como estas informações devem ser armazenadas para atender as demandas (incluindo a rapidez) de clientes e autoridades sanitárias?; Como coletar e armazenar informações de forma economicamente viável? (CARVALHO, 2006).

A rastreabilidade poderia tornar-se uma valiosa *commodite*, especialmente no que se refere à segurança do alimento. Os sistemas de rastreabilidade tem confiado credibilidade às indústrias, justamente pela habilidade que o sistema possui de informar e, de certa forma, estabelecer garantias advindas dos fornecedores, reduzindo desta forma a responsabilidade da indústria em situações de doenças veiculadas por alimentos, justamente pelo fato de ser possível rastrear informações em todos os elos da cadeia. Através da garantia de atributos favoráveis, produtores de pescado podem firmar-se quanto à qualidade de seus produtos dentro da cadeia produtiva, agregando desta forma valor a seus produtos, quanto a sua garantia no quesito qualidade, a consumidores dispostos a pagar por este serviço (BAILEY; JONES; DICKINSON, 2002).

### 1.1.1.5.1 SISTEMAS DE RASTREABILIDADE NO SETOR PESQUEIRO INTERNACIONAL

O primeiro projeto sobre rastreabilidade de produtos de pescado foi o “Traceability of Fish Products”, coordenado pelo Instituto Norueguês de Pesca e Aqüicultura, financiado pela Comunidade Européia e que contemplava o programa temático intitulado: “Qualidade de vida e gestão de recursos vivos”, sendo responsável pelo desenvolvimento dos padrões para pescado rastreado (*Tracefish Standards*) (CEN, 2002).

Este sistema de rastreabilidade desenvolvido para o pescado Dinamarquês buscou registrar todos os aspectos da cadeia. Usando código de barras e códigos seriados em *containers* de remessa, foi possível identificar cada unidade de recurso e localizar cada entrega. Além desta, existem tentativas de implantação de sistemas de rastreabilidade no Japão e na Escócia. Nas Ilhas de Shetland, promove-se a rastreabilidade na cadeia do pescado através de sistemas semelhantes instalados em dez embarcações conforme preconizado no Projeto “Pescado da Escócia” (THOMPSON et al., 2005).

Denton (2001) sintetizou os requisitos diretos e indiretos da legislação da UE relacionados à rastreabilidade na indústria pesqueira quanto à sua rotulagem a ser disponibilizada para o consumidor final; a etiqueta tem que apresentar as seguintes informações: espécie, método de produção (pescado no mar, águas interiores ou cultivado) e área de pesca, ou o país onde foi produzido, se o pescado for proveniente de cultivo.

Pesquisas tem apontado que a maioria dos consumidores da UE e dos EUA estão dispostos a pagar valor adicional a produtos alimentícios certificados, que contenham informações sobre o país de origem (COOL – Country of origin labelling) (WESSELLS; JOHNSTON; DONATH, 1999; LOUREIRO; MCCLUSKEY 2000; CLEMENS; BABCOCK, 2002; ROOSEN; LUSK; FOX, 2003; UMBERGER et al., 2003), sendo os europeus, os mais conscientes quanto a importância de consumir alimentos advindos de cadeias rastreadas e sustentáveis (MORRISEY, 2004).

As plantas de processamento de pescado islandês tem acesso a vários tipos de informações do diário de bordo das embarcações pesqueiras, sendo elas: área de pesca, horário de captura, dia e horário de desembarque, maquinário utilizado para pesca, método de processamento a bordo (peixes com mais de 12 h de captura devem ser desembarcados eviscerados), medidas relativas a tamanho (dependendo do barco) e aferição de temperatura e peso (ALMEIDA, 2006).

Quando desembarcados, os lotes são colocados em recipientes plásticos identificados com um único ID - identificador, para que haja ciência da indústria sobre a origem do pescado, pois muitas vezes entram para o processamento, peixes provenientes de vários locais e de diferentes produtores. Após o desembarque, é necessário que os recipientes plásticos usados para descarregar o pescado, possuam, além do número de ID, as seguintes informações: nome do barco de proveniência, lote do pescado, tempo de abate do pescado a partir do dia em que ele foi capturado, espécie, peso de cada lote e data. Se o lote for proveniente de vários barcos é necessário que esta informação seja mantida e disponibilizada aos demais elos da cadeia através do sistema de banco de dados (ALMEIDA, 2006).

Depois do processo de, evisceração, resfriamento e aferimento do tamanho, o peixe é colocado em gelo dentro de recipientes plásticos com uma etiqueta numérica de identificação fixada. O primeiro número criado traz informações detalhadas como carga transportada, data e área da pesca, sendo que estas informações seguirão com o lote; este número é a chave para que estes dados sejam divulgados aos demais elos da cadeia (LIU, 2005).

Durante a comercialização, cada lote tem um único número de identificação (ID) contendo os seguintes dados: dia em que foi comercializado, número do lote, número de oferta, (composto de 5 dígitos, onde os 3 primeiros números são referentes ao número de oferta serial e os dois últimos números são usados se caso o lote for dividido), ID referente ao comprador, número referente ao recipiente de plástico que recebeu o lote ou *tub number*, o tempo de abate do pescado, bem como a espécie, unidades disponíveis para serem comercializadas e peso de cada lote, aferidos nos referidos recipientes plásticos; a média de peso do lote é utilizada para o cálculo da porcentagem de gelo que deve ser adicionada ao recipiente (ALMEIDA, 2006).

O número representativo ou *batch number* da matéria-prima é criado na planta processadora quando esta é recebida. Um determinado lote de matéria-prima pode ser processado ao longo de vários dias; os produtos podem sempre ser rastreados, através do *batch number* referente àquela matéria-prima, sendo este número a chave que une o produto final com a matéria-prima, e portanto, todas as informações sobre a matéria-prima podem ser acessadas através do *batch number* (LIU, 2005).

Quando o peixe é comercializado antes de chegar às plantas de processamento, no caso de embarcações que comprem mercadorias de outras embarcações, o sistema de rastreabilidade fica comprometido, pois peixes advindos de diferentes embarcações podem acidentalmente ser misturados até chegar às plantas de processamento (LIU, 2005).

## **1.1.2.INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA AQUICULTURA**

O pescado cultivado em sistema intensivo geralmente não apresenta problemas sanitários se provier de água de boa qualidade, aliado ao manejo adequado. Uma vantagem da aquicultura, principalmente de cultivo de peixes de água doce, é a possibilidade de ser feito o monitoramento da água e, assim, assegurar a qualidade em uma importante etapa da cadeia produtiva deste alimento.

### **1.1.2.1 Parâmetros físico-químicos**

#### **1.1.2.1.1 Turbidez e cor**

Turbidez na água é a medida da transparência de uma amostra ou corpo d'água, em termos da redução de penetração da luz, devido à presença de matéria em suspensão ou substâncias coloidais (LACERDA; LAGE-FILHO, 2003).

A água pode se apresentar amarela, marrom, negra ou transparente, dependendo do tipo e quantidade de plâncton predominante. A água transparente geralmente é encontrada em viveiros com pouca matéria orgânica ou com uma grande quantidade de zooplâncton. Outros componentes contribuem com a cor e a turbidez de viveiros, como material morto particulado, bactérias, partículas de solo em suspensão e substâncias húmicas dissolvidas. Em viveiros, o plâncton deve ser a principal fonte de turbidez (BOYD, 1997).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), órgão que estabelece a classificação e normaliza os parâmetros de qualidade da água, conforme o seu uso preponderante, a turbidez para água doce destinada à piscicultura (classe 2), deve ser de 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Valores muito baixos podem significar que essa pouca transparência pode não estar relacionada à produção primária do ambiente, mas sim, à concentração de matéria orgânica em suspensão, originária da vegetação localizada no entorno do lago na bacia de captação (SAMPAIO; BRAGA, 2005).

#### **1.1.2.1.2 Oxigênio dissolvido e temperatura**

Elemento vital para a sobrevivência de diversas formas de vida, o oxigênio pode ser fator limitante na produtividade dos sistemas de cultivo de peixes. Deste modo, altos níveis de

oxigênio dissolvido são favoráveis à piscicultura, sendo que concentrações abaixo de  $4 \text{ mg.L}^{-1}$  geralmente causam estresse aos peixes, reduzindo o consumo de alimento e a resistência a doenças (MASSER; CICHIRA; GILBERT, 1993).

Assim como o oxigênio dissolvido, a temperatura é uma importante variável para a vida aquática, estando diretamente ligada à solubilidade dos gases e ao crescimento e desenvolvimento animal e vegetal, devido à influência sobre as reações químicas (ANGELOCCI; VILLA NOVA, 1995; ELER et al., 2006), estando intimamente relacionada com as condições climáticas do local, ou seja, pluviosidade, temperatura, quantidade de radiação solar incidente e taxa fotossintética do fitoplâncton (SIPAÚBA-TAVARES; ALVARES; BRAGA, 2008).

Os processos oxidativos podem causar forte depressão de oxigênio. Microrganismos, animais e vegetais heterótrofos quando proliferam em grande número, podem reduzir o oxigênio dissolvido a teores próximos de zero. A proliferação depende da matéria orgânica presente na água, portanto, a entrada de matéria reduz o oxigênio, sendo que a demanda é respiratória, pois a oxidação é realizada por via enzimática, tratando-se, pois, de uma demanda bioquímica de oxigênio, ou DBO. Há o aumento da concentração de gás carbônico, diminuição do pH e dissolução dos carbonatos. Em águas ricas em matéria orgânica, à noite, os organismos somente respiram, reduzindo oxigênio e diminuindo o pH e, durante o dia, com a fotossíntese, produzem oxigênio, consumindo gás carbônico e aumentando o pH (BRANCO, 1986).

Segundo a legislação (BRASIL, 2005), os valores desejáveis de oxigênio dissolvido para água doce destinada à piscicultura (classe 2) não devem ser inferiores a  $5 \text{ mg/L}$  de  $\text{O}_2$  e a DBO, medida durante 5 dias a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  deve alcançar  $5 \text{ mg/L}$  de  $\text{O}_2$ . A concentração de oxigênio dissolvido, entre outros fatores, assegura o adequado desenvolvimento e a sobrevivência de peixes. Fontes de águas superficiais desprovidas de oxigênio são resultantes de algum tipo de poluição (orgânica ou química), podendo conter outros compostos perigosos aos organismos aquáticos.

A solubilidade do oxigênio na água varia de acordo com a temperatura, a salinidade e a pressão atmosférica do local. A fotossíntese realizada pelo fitoplâncton é a principal fonte de oxigênio dissolvido na maioria dos viveiros de aquicultura. No período diurno, o fitoplâncton remove o gás carbônico da água e produz oxigênio; no período noturno, como não há fotossíntese, ocorre a remoção do oxigênio da água e a liberação de gás carbônico, pela respiração.

A exigência quanto à temperatura da água de cultivo varia conforme a espécie do pescado e a fase de desenvolvimento em que este se encontra, se ovo, larva, pós-larva ou juvenil. As espécies de peixes tropicais, normalmente, apresentam ótimo crescimento a temperaturas de 26 a 30 °C (BOYD, 1997).

As tilápias toleram baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. A faixa de temperatura considerada de conforto térmico para a tilápia é de 18 a 28 °C; temperaturas fora dessa faixa reduzem o apetite, o crescimento e diminuem a tolerância ao manuseio e às doenças, porém quando as tilápias estão bem nutridas conseguem tolerar o manuseio sob baixas temperaturas (LUNND; FIGUEIRA, 1989).

Quanto mais próxima das temperaturas extremas for a temperatura de aclimação dos peixes, maior será a tolerância dos peixes ao frio e ao calor. As tilápias do Nilo são mais susceptíveis à infecção por estreptococos a temperaturas compreendidas entre 25 e 30°C. Há uma relação direta entre surtos de infecções bacterianas e a temperatura, e indireta, entre doença e estação do ano (SALVADOR et al., 2003).

#### **1.1.2.1.3 pH**

O pH é um importante indicador da estabilidade química da água; acima de 7 representa meio básico, e abaixo, meio ácido. O pH 7 indica a neutralidade do meio. O pH interfere e influencia nas reações físico-químicas e bioquímicas na água, em termos de velocidade de reação e viabilidade das mesmas (LACERDA; LAGE FILHO, 2003).

Os valores adequados de pH, em viveiros de aquicultura, variam de 6 a 9. A elevação do pH aumenta a concentração da fração tóxica da amônia na água. Valores baixos de pH aumentam a proporção das formas tóxicas do nitrito ( $\text{HNO}_2$ ) e do gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), compostos tóxicos aos peixes (ARANA, 2004; PEREIRA; MERCANTE, 2005).

O pH afeta o equilíbrio de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ ; em valores inferiores a 7, a fração de  $\text{NH}_4^+$  da reação de equilíbrio será predominante. Em ambiente com pH mais alto, a fração de  $\text{NH}_3$  aumenta, podendo atingir concentrações tóxicas para os organismos aquáticos. Em água doce, a porcentagem de cada forma de amônia é determinada, basicamente, pelo pH e, em menor grau, pela temperatura do meio (ARANA, 2004; PEREIRA; MERCANTE, 2005).

A elevação do pH aumenta a concentração da forma não iônica da amônia na água, ou seja, a fração tóxica da amônia. Valores elevados de pH podem ocorrer em viveiros com grande quantidade de fitoplâncton nos períodos de intensa luminosidade (insolação). Sob baixos valores de pH ocorre aumento na proporção das formas tóxicas de nitrito e do gás

sulfídrico, compostos tóxicos aos peixes e camarões e que podem estar presentes em vários viveiros com grande acúmulo de resíduos orgânicos (ARANA, 2004; PEREIRA; MERCANTE, 2005).

A legislação prevê que os valores máximos de nitrogênio amoniacal, permitidos em águas utilizadas para piscicultura devem ser menores que 3,7 mg/L, em águas com pH 7,5; 2mg/L para pH entre 7,5 e 8; 1 mg/L para pH entre 8 e 8,5 e 0,5 mg/L para pH>8,5 (BRASIL, 2005).

Os valores de pH podem variar durante o dia em função da atividade fotossintética e respiratória das comunidades aquáticas, diminuindo em função do aumento na concentração de gás carbônico na água (ARANA, 2004).

O pH da água de cultivo deve ser mantido entre 6,5 e 8, 5. Abaixo de 4 e acima de 11 a mortalidade é significativa. Níveis elevados de pH podem potencializar problemas com toxidez por amônia (ARANA, 2004).

#### **1.1.2.1.4 AlcalinidadeTotal**

Alcalinidade total é uma indicação da capacidade da água de neutralizar os ácidos fortes. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^-$ ) e os hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) (BOYD, 1997).

A distribuição destas três formas na água ocorre em função do pH, predominando, sobremaneira, os bicarbonatos na faixa de pH de 6 a 9, sendo a mais representativa na água. Este parâmetro não tem significado sanitário para a água potável, mas em elevadas concentrações confere gosto amargo. A alcalinidade total está diretamente ligada à capacidade da água em manter seu equilíbrio ácido-básico (poder tampão da água), disponibilizando reservas de dióxido de carbono para plantas e impedindo mudanças bruscas no pH da água (BOYD, 1997).

A alcalinidade funciona como um tampão regulador do pH da água do tanque ou do viveiro. A água com alcalinidade total inferior a 20mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  apresenta reduzido poder tampão e pode apresentar significativas flutuações diárias nos valores de pH, em função dos processos fotossintéticos e respiratórios nos viveiros. Em águas com alcalinidade acima de 20mg/L ocorre melhor desenvolvimento do fitoplâncton e as alterações diárias do pH são minimizadas (SALVADOR et al., 2003).

Em períodos com maior índice de pluviosidade ocorre diminuição da alcalinidade. A alcalinidade das águas límnicas é interpretada conforme os tipos e quantidades de compostos

que, em conjunto, impelem o pH para a faixa alcalina que, por sua vez, depende principalmente de compostos como bicarbonatos e carbonatos, ou seja, é a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar (tamponar) ácidos (SAMPAIO; BRAGA, 2005).

#### **1.1.2.1.5 Dureza total**

A dureza total representa a concentração de íons metálicos livres na água, em sua maioria representada pelo cálcio e o magnésio. A dureza total da água é expressa em equivalentes de  $\text{CaCO}_3$  (mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997), e pode ser definida como a concentração total de cálcio e magnésio na água, proveniente da dissolução de rochas calcáreas, variando de acordo com a composição do solo de cada região. A dureza é importante em testes de toxicidade, uma vez que interfere de modo significativo na toxicidade de alguns produtos químicos, em especial os metais (ARAGÃO et al., 2003).

A dureza é importante, especialmente, na criação comercial de várias espécies de peixes. Se a dureza estiver deficiente, algumas espécies não crescem adequadamente. A dureza deve estar acima de 50 ppm; baixa dureza pode ser corrigida com adição de cloreto de cálcio (BUTTNER; SODERBERG; TERLIZZI, 1993).

Em águas naturais, os valores de dureza total geralmente se equiparam à alcalinidade total, ou seja,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  e 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 aos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  ao invés de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ . Em águas onde a dureza supera a alcalinidade, parte destes íons se encontram associados aos sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos (BOYD, 1990).

A dureza total em viveiros de aquicultura deve ser superior a 30 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , para que exista um bom sistema tampão de água. No entanto, em águas ricas em fitoplâncton podem ser necessários valores mais elevados de dureza para impedir grandes variações no pH da água. Água com dureza muito alta apresenta menor diversidade e presença de algas (fitoplâncton) (BOYD, 1990).

#### **1.1.2.1.6 Compostos nitrogenados**

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em razão de sua participação na formação de proteínas, podendo atuar como fator limitante da produção primária desses ecossistemas e, em determinadas condições,

tornar-se tóxico para os organismos aquáticos (ESTEVES, 1998; PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Dentre os compostos nitrogenados dissolvidos na água, encontra-se uma forma ionizada,  $\text{NH}_4^+$ , denominada íon amônio, ou simplesmente amônio, e outra não ionizada,  $\text{NH}_3$ , a amônia. As duas formas juntas constituem a amônia total, ou nitrogênio amoniacal total. Quanto mais elevado for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente na forma  $\text{NH}_3$ , não ionizada (forma tóxica) (ESTEVES, 1998; PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Os compostos nitrogenados incorporados à água, na piscicultura intensiva, provêm, principalmente, da alimentação. A amônia é um composto resultante do catabolismo de proteínas, sendo encontrada em baixos níveis no início das criações, quando a biomassa é ainda pequena. Com o aumento da biomassa, o nível de amônia aumenta proporcionalmente ao aumento da quantidade de alimento fornecido. O controle da quantidade e da qualidade do alimento, bem como o controle adequado do fluxo da água, são de fundamental importância para a manutenção da qualidade da água de um sistema artificial de criação (ESTEVES, 1998; PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Diferentemente do que ocorre em ambientes naturais, em que o nitrogênio advém da chuva, do material orgânico e inorgânico de origem alóctone e da fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago, o principal fator responsável pela presença de amônia nos sistemas de criação de peixes é a entrada, em função da velocidade do fluxo da água, de grande quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos, através de fertilizantes e rações, os quais contêm níveis elevados de nitrogênio e fósforo (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Estes elementos contribuem com o incremento dos níveis de nitrogênio e fósforo na água, pois, em situação de temperatura e pH elevados, promovem a formação de amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ), que é tóxica para os organismos aquáticos. Além disso, a entrada de quantidades excessivas de fósforo e nitrogênio promoverá o crescimento de algas que, indiretamente, irão ocasionar elevação do pH, que combinado a altas temperaturas, promove aumento da concentração de amônia na água (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Outro aspecto importante a ser considerado é o de que a amônia não ionizada pode elevar-se no período da tarde, devido ao metabolismo do fitoplâncton (processo de fotossíntese e respiração). Recomenda-se o controle da quantidade e da qualidade do alimento fornecido aos organismos aquáticos, bem como o controle adequado do fluxo da água, para evitar acúmulo da matéria orgânica em sistemas de criação. Tais recomendações visam a

manutenção da qualidade da água nos sistemas de criação de peixes (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Níveis abaixo de 0,15 mg de amônia (NH<sub>3</sub>)/L, são considerados seguros no cultivo de camarões e peixes tropicais. As medições de amônia devem ser feitas, semanalmente, em viveiros e tanques com altos níveis de arraçoamento e, duas vezes por semana em larviculturas, sempre ao final da tarde, horário em que os valores de pH mais elevados potenciam a ação tóxica da amônia (BOYD, 1997).

Para a tilápia, *Oreochromis* sp, a concentração de amônia letal para 50% dos peixes, em 96 horas, é de 2,3 a 2,6 mg/L e o limite crítico, acima do qual o desempenho e a saúde dos peixes começam a ser prejudicados, é de 0,20 mg/L (DAUD, HASBOLLAH, LAW, 1988).

#### **1.1.2.1.7. Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica da água é medida pela sua capacidade em conduzir eletricidade, e depende da quantidade de íons nela contidos, constituindo um bom indicador da concentração total de sais na água (MOLLE; CADIER, 1992). A condutividade elétrica pode ser usada para inferir importantes informações sobre o ecossistema aquático, como metabolismo e magnitude da concentração iônica, pois os íons mais diretamente responsáveis pela leitura desta variável são considerados dominantes (GOLTERMAN, 1975). A tilápia é uma espécie considerada tolerante, uma vez que resiste à condutividade na faixa de 0,15 a 0,20 mS/cm (MOLLE; CADIER, 1992).

#### **1.1.2.1.8. Fósforo total**

A alimentação é uma importante fonte de nutrientes para o sistema, e o seu controle pode ser feito por meio do uso de rações de alta qualidade, minimizando os impactos ambientais. A proximidade dos níveis de fósforo e nitrogênio, dentro dos tanques, demonstra a qualidade da ração utilizada para a alimentação dos peixes confinados, e a forma como esta é administrada (BARBOSA et al., 2000).

Segundo a legislação (BRASIL, 2005), em águas doces destinadas à aqüicultura (classe 2), o fósforo total deve apresentar-se em um teor máximo de 0,03mg/L, no ambiente lântico, que, no caso, seria o tanque de cultivo. E de, no máximo, 0,05mg/L no ambiente intermediário, ou seja, no tanque de depuração, com tempo de residência entre 2 e 40 dias e

tributários diretos de ambiente lântico. Para ambientes lóticos, o teor de fósforo total deve ser de 0,1 mg/L.

#### 1.1.2.1.9 Gás carbônico

O gás carbônico é de fundamental importância para o metabolismo das algas e de outros vegetais fotossintetizantes, mas a distribuição desse gás na massa de água é exatamente oposta à do oxigênio dissolvido (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

As principais fontes de  $\text{CO}_2$  são os processos respiratórios das algas, dos peixes, das plantas aquáticas e do plâncton, além dos processos microbiológicos de decomposição de matéria orgânica (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

A doação de gás carbônico pela respiração ou a retirada dele, pela fotossíntese, resultam em alteração no pH, o que leva à formação de carbonatos ou bicarbonatos. Se o gás carbônico for, por qualquer processo, retirado da água, parte do  $\text{HCO}_3^-$  converte-se em  $\text{CO}_3^-$ . Quando ocorre o inverso, é provável haver, a posteriori, excesso de  $\text{CO}_2$  livre, que pode reagir com novas quantidades de  $\text{CO}_3^-$  que, eventualmente, sejam adicionadas ao meio (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Durante o cultivo, a respiração pode exceder a atividade fotossintética, aumentando a concentração de  $\text{CO}_2$  no sistema, podendo alcançar valores superiores a 25 mg/L. Os níveis de gás carbônico devem ser monitorados, semanalmente, em cultivos intensivamente arraçados e sempre que houver uma prevalência de baixos níveis de oxigênio dissolvido. As medições devem ser feitas ao amanhecer, horário em que sua concentração é mais elevada. A saturação de  $\text{CO}_2$  na água é próxima de 0,2 a 4 mg/L. Quando a concentração de oxigênio dissolvido estiver adequada, os peixes podem tolerar níveis de  $\text{CO}_2$  acima de 10 mg/L. Valores superiores a 25 mg/L podem afetar o desempenho e causar mortalidade dos peixes (ROSS; ROSS, 1983).

Em concentrações abaixo de 1% de  $\text{CO}_2$  na água há formação de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Em criações de peixes, em que o valor do pH da água é o ideal (6,5 a 9,5), o bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) é predominante na água. Quando o pH é igual ou superior a 8,3 não se verifica a presença do  $\text{CO}_2$  e, abaixo desse valor, é nula a ocorrência de carbonato ( $\text{CO}_3^{--}$ ) (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

#### 1.1.2.1.10 Eutrofização

A crescente urbanização e industrialização, com conseqüente aumento do volume de dejetos lançados nos cursos d'água, muitas vezes sem tratamento adequado, resultam na elevação do teor de cargas orgânicas e hiperproliferação de microrganismos, por vezes prejudiciais à micro e macro biotas de cada ambiente (BASTOS et al., 2006).

A eutrofização é decorrente do processo de enriquecimento químico das massas de água em nutrientes, tendo como conseqüência, o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas. Na aqüicultura, a eutrofização pode ocorrer pelo excesso de adubação ou arraçoamento, bem como, pelo aporte de fezes e excretas nitrogenadas em sistemas com alta densidade de estocagem (PEREIRA; PEQUITO; COSTA, 1999).

Estratégias para minimizar o impacto da aquicultura no ambiente incluem: manipulação de dietas formuladas, implantação de biofiltros para retenção dos nutrientes, monitoramento da qualidade da água, adoção de tecnologia adequada para cada local específico e remoção de sólidos, entre outros (PIEDRAHITA, 2003).

O excesso de material orgânico nos viveiros acelera a degradação da qualidade da água, levando à eutrofização, podendo prejudicar o crescimento e sobrevivência dos peixes devido à incidência de baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, mudanças bruscas de pH e à proliferação de parasitas e patógenos.

As algas cianobactérias são organismos que agem como indicadores de um estado de eutrofização avançado, possuindo capacidades competitivas que as tornam dominantes nestas situações, merecendo, portanto, a devida atenção dos piscicultores. É particularmente preocupante a freqüente ocorrência de *blooms* ou florescências de algas em que predominem as cianobactérias dos gêneros *Microcystis*, *Anabaena* e *Aphanizomenon*. Os *blooms* ocorrem quando as populações que se desenvolvem nas camadas subsuperficiais, repentinamente se deslocam para a superfície da água. Esse fenômeno pode ser observado com maior freqüência no verão, quando a temperatura da água é mais elevada e a luminosidade é intensa e prolongada. Estas florescências conferem, muitas vezes, à água, uma cor verde intensa, diminuindo a sua transparência (PEREIRA et al., 2004).

### **1.1.2.2 Parâmetros microbiológicos**

A água cobre, aproximadamente,  $\frac{3}{4}$  da superfície do planeta, sendo que a maior parte, 97,4%, é salgada e se encontra nos oceanos; 1,8% está congelada nas regiões polares e o restante, 0,8% de água doce, está disponível para a população da Terra, não se conhecendo totalmente qual é a fração que se encontra contaminada. A água atua, por consequência de sua contaminação, como importante veículo de inúmeras doenças, seja em decorrência de excretos humanos ou de animais, seja pela presença de substâncias químicas nocivas à saúde humana (CAVALCANTE; SILVA; SALGUEIRO, 1998; GUILHERME; SILVA; OTTO, 2000).

A contaminação que vem ocorrendo ao longo dos anos é causada pelo desenvolvimento industrial, pelo crescimento demográfico e pela ocupação do solo de forma intensa e acelerada aumentando, consideravelmente, o risco de doenças de transmissão de origem hídrica. A relação da qualidade da água com as doenças vem sendo observada há tempos, porém só foi comprovada, cientificamente, em 1854 por John Snow, quando este pesquisador demonstrou que a epidemia de cólera, em Londres, ocorreu devido à veiculação hídrica (GUILHERME; SILVA; OTTO, 2000).

#### **1.2.2.2.1 Microrganismos indicadores da qualidade da água**

As principais dificuldades do monitoramento da qualidade da água de um determinado local são o estabelecimento de indicadores adequados, e a definição dos critérios a serem adotados para esta avaliação. Nesse sentido, procura-se relacionar a presença de indicadores de poluição fecal no ambiente aquático e o risco potencial de se contrair doenças infecciosas, por meio de sua utilização para recreação. Esses critérios devem estar sempre associados ao bem estar, à segurança e à saúde da população (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB, 2003).

A colimetria e classificação de águas provenientes de áreas onde são coletados ou cultivados organismos aquáticos, constituem em subsídio científico útil para as autoridades envolvidas na fiscalização e controle da qualidade dos alimentos, uma vez que a presença desses microrganismos indica as condições sanitárias desses produtos (NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS, 1992).

Como indicador de poluição fecal recente, os coliformes termotolerantes apresentam-se em grande densidade nas fezes, sendo portanto, facilmente isolados e identificados na água por meio de técnicas simples e rápidas, além de apresentarem sobrevivência praticamente semelhante à das bactérias enteropatogênicas. No entanto, a presença de coliformes termotolerantes na água não confere a esta uma condição infectante. Este sub-grupo das bactérias coliformes não é por si só prejudicial à saúde humana, apenas indica a possibilidade da presença de quaisquer organismos patogênicos (CETESB, 2003).

Assim, alta densidade de coliformes termotolerantes em água indica um elevado nível de contaminação por esgotos (CETESB, 2003), o que poderá colocar em risco a sanidade do pescado proveniente dessa região, e a saúde dos banhistas.

O grupo de coliformes totais inclui as bactérias na forma de bastonetes Gram negativos, não esporogênicos, aeróbias ou anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 h, a 35°C. O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas*, por exemplo. Por essa razão, sua enumeração em água e alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração de coliformes ou *Escherichia coli* (FRANCO; LANDGRAF, 2005; SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

Para coliformes termotolerantes a definição é a mesma à atribuída aos coliformes totais porém, restringindo-se aos microrganismos capazes de fermentar a lactose, com produção de gás em 24 h e temperatura entre 44,5 e 45,5°C. Esta definição objetivou em princípio, selecionar apenas os coliformes originários do trato gastrointestinal. Atualmente, sabe-se, que o grupo dos coliformes termotolerantes inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois, *Enterobacter* e *Klebsiella*, incluem cepas de origem não fecal. Por esse motivo, a presença de coliformes termotolerantes em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *E. coli* porém, muito mais significativa do que a presença de coliformes totais, dada a alta incidência de *E. coli* dentro do grupo fecal (SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

Cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais compreendem a *E. coli* e, dentre as bactérias de *habitat* reconhecidamente fecal, dentro do grupo dos coliformes termotolerantes, a *E. coli*, embora também possa ser introduzida a partir

de fontes não fecais, é o melhor indicador de contaminação fecal conhecido até o momento, pois satisfaz a todas as exigências de um indicador ideal de poluição. Por esse motivo, a tendência se direciona no sentido da detecção específica de *E. coli*, com o desenvolvimento de diversos métodos que permitem a enumeração direta e rápida dessa espécie (SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

As principais vantagens dos coliformes como indicadores estão no fato destes se encontrarem, normalmente, no intestino humano e de animais de sangue quente, além de serem eliminados em grandes quantidades nas fezes. Além disso, em função da sua prevalência nos esgotos podem ser quantificados na água recém contaminada, através de métodos simples (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 1992; PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997; SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

Outros microrganismos patógenos não tem sido utilizados como indicadores de poluição, devido à pequena população presente nas águas poluídas e às dificuldades de serem manipulados em técnicas de laboratório. As principais limitações são o fato de estarem incluídas no grupo das espécies de origem não fecal, que podem se multiplicar nas águas poluídas, além dos métodos de detecção estarem sujeitos a falsos resultados negativos, por interferência de *Pseudomonas* e falsos positivos, através de ação sinérgica de outras bactérias (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 1992; PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997; SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

A contagem padrão de bactérias aeróbias heterotróficas mesófilas é considerada a técnica que melhor estima a densidade de bactérias contaminantes em água não potável. A importância da avaliação do grau de poluição deste tipo de água, utilizando a contagem padrão de bactérias, está relacionada à determinação da fonte poluidora, além de reforçar os padrões de qualidade da água e de traçar a sobrevivência de microrganismos (APHA, 1992). Esta contagem objetiva estimar o número de bactérias heterotróficas na água servindo de ferramenta para acompanhar variações nas condições de processo, no caso de água mineral, ou a eficiência das diversas etapas de tratamento, no caso de água tratada, permitindo ainda verificar as condições higiênicas em diferentes pontos da rede de distribuição (SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

É atribuído a pássaros marinhos a disseminação da *Salmonella* e outros patógenos na água. A *Salmonella* tem sido relatada como contaminante em várias espécies de pescado, principalmente em crustáceos, como o camarão; há evidências de que certos sorotipos desse

microrganismo façam parte da microflora natural de alguns crustáceos em países tropicais (HUSS; REILLY; EMBAREK, 2000; SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

A *Salmonella* está associada a áreas intestinais de animais de sangue quente, mas alguns estudos detectaram *Salmonella* associada a intestinos de carpas e tilápias provenientes da piscicultura (HUSS; REILLY; EMBAREK, 2000).

### **1.1.2.3 Parâmetros biológicos**

#### **1.1.2.3.1 Fitoplâncton**

O plâncton é composto por organismos animais, zooplâncton e organismos vegetais, fitoplâncton. O fitoplâncton é formado por algas unicelulares ou pluricelulares, em geral microscópicas, que conferem uma coloração esverdeada à água dos tanques e viveiros. São exemplos de organismos que compõem o fitoplâncton, as algas verdes, as diatomáceas e as cianobactérias (BRANCO,1986).

As cianobactérias são fundamentalmente organismos fotossintéticos que compõem o fitoplâncton de águas doces, salgadas ou salobras, podendo também ser encontradas no solo e em rochas. Pertencem à classe taxonômica *Cyanophyceae*, ocorrendo, preferencialmente, em ambientes aquáticos muito eutrofizados e com pouca ou nenhuma movimentação de correntes como lagoas, reservatórios de água ou viveiros de aqüicultura. A densidade de cianobactérias não deve exceder 50.000 cel/mL ou 5 mm<sup>3</sup>/L (BRASIL, 2005).

Algumas espécies produzem toxinas, que ao serem liberadas na água podem provocar intoxicações em seres humanos, peixes e outros animais domésticos. Os peixes cultivados em viveiros onde há o predomínio de cianobactérias, quando não depurados antes do abate, podem apresentar alterações organolépticas significativas e determinantes para a sua rejeição por parte dos consumidores, causando graves prejuízos ao aqüicultor, sendo uma vantagem da aqüicultura de peixes de água doce em relação à marítima, a possibilidade de ser feito o monitoramento da água de cultivo e assim mantendo a água livre de contaminação, inclusive por biotoxinas (BRANCO, 1986).

Várias espécies que formam florações em ambientes aquáticos produzem grande variedade de compostos tóxicos, incluindo neurotoxinas e hepatotoxinas (SIVONEN, 1996). As microcistinas, caracterizadas como hepatotoxinas, tem sido as mais estudadas em vários países por causarem problemas. Até o momento, diversas variantes de microcistina foram

caracterizadas, podendo-se diferenciá-las quanto à toxicidade.

Além dos problemas com a toxidade aguda, os riscos a longo prazo também estão presentes, mesmo em condições de curtas exposições a toxinas. Exposições crônicas a baixas concentrações podem causar efeitos adversos à saúde. Experimentos com animais tem demonstrado que ocorrem danos hepáticos crônicos em função de exposição oral contínua a microcistinas, bem como pode ocorrer aparecimento de tumor e câncer (KUIPER-GOODMAN; FALCONER; FILZGERALD, 1999).

A literatura tem mostrado a presença (MAGALHÃES; SOARES; AZEVEDO, 2000), e saxitoxinas (GALVÃO et al., 2009) em tecido muscular de tilápias, dados estes que demonstram a importância de um monitoramento da água e do pescado, representando uma necessidade no que se refere à segurança do alimento.

#### **1.1.2.4 Parâmetros sensoriais**

A água possui seu sabor característico, que se deve à presença de sais e gases nela dissolvidos, sendo classificada porém, como “sem gosto”, pela comparação com outros sabores. Há várias substâncias que podem produzir gosto ou odor na água mesmo em concentrações muito abaixo daquelas que poderiam causar algum prejuízo à saúde. Pode-se citar, como exemplo, as substâncias produzidas por certos tipos de algas, que vivem e se reproduzem em represas e lagos. Essas substâncias transmitem à água, odor e gosto, que podem lembrar os de mofo e terra, entre outros, dependendo do tipo de alga presente (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1997).

##### **1.1.2.4.1 Sabor e odor**

Uma pesquisa conduzida pela American Water Works Association (AWWA, 1995) junto às companhias de saneamento, com o intuito de avaliar a dimensão dos problemas de gosto e odor em águas de abastecimento, nos Estados Unidos da América, concluiu que, a maioria dos casos relatados estavam relacionados com a presença de compostos orgânicos produzidos por algas e demais microrganismos no manancial, devidos a agentes desinfetantes empregados e a problemas técnicos decorrentes do sistema de distribuição de água.

As algas constituem um dos mais importantes fatores de presença de sabor e odor nas águas. Várias pesquisas tem sido desenvolvidas, no sentido de identificar as substâncias

presentes nas algas e que são responsáveis pelo cheiro e sabor característicos. A extração e destilação desse material levaram à conclusão de que são os ácidos graxos, presentes nas células, os principais causadores desse fenômeno. Os lipídeos totais da alga, quando extraídos, apresentam forte odor, resultante dos odores dos vários ácidos graxos que entram em sua composição. A quantidade de lipídeos, nas células, aumenta com o seu envelhecimento, ao mesmo tempo em que diminui a quantidade de compostos nitrogenados, de forma que as algas, com o tempo, tendem a apresentar sabor e odor mais pronunciados (BRANCO, 1986).

Os compostos MIB e GEO, principais causadores de odor e sabor indesejáveis na água, são produzidos por actinomicetos e cianobactérias. Os actinomicetos são encontrados em uma variedade de *habitat*, incluindo a água e sedimentos de rios e lagos. A sua ocorrência em águas naturais está diretamente relacionada ao escoamento superficial direto, que o carrega para o corpo d'água juntamente com os sedimentos da bacia hidrográfica (BOYD et al., 2003).

Ambientes aeróbios apresentam uma significativa capacidade de produção de MIB e GEO o que, em parte, explica o fato de que quando os mananciais são submetidos a severas estiagens apresentam graves problemas de gosto e odor. Tal ocorrência é justificada pela exposição de parte do sedimento do fundo com a atmosfera, o que propicia uma condição aeróbia e, conseqüente, produção de sub-produtos metabólicos, dentre os quais os compostos MIB e GEO. A variedade de compostos extracelulares liberados pelas cianobactérias é significativamente grande e, dentre estes, alguns podem causar problemas de gosto e odor, diretamente e indiretamente, além de apresentarem toxicidade aguda e crônica (BOYD et al., 2003).

A ocorrência de sabor ou odor indesejados em peixes, conhecida como *off flavor* é, freqüentemente, detectada em viveiros com altos níveis de arraçoamento, onde o grande aporte de nutrientes favorece o desenvolvimento de cianobactérias e fungos actinomicetos. Algas da espécie *Anabaena* e *Oscillatoria* podem produzir substâncias designadas geosmina e de 2-metilisoborneol, popularmente identificados por associação como “algas”, “peixe”, “barro”, “gerânio”, “violeta”, “inseticida BHC”, “remédio”, “formol”, “mofo”, “esgoto” conferindo sabor desagradável à carne do peixe. Embora não tendo efeitos negativos em termos de saúde pública, essas alterações no pescado diminuem a aceitação do mesmo para o consumo, comprometendo o valor de mercado. As fontes de tais características são os lipídeos totais e ácidos voláteis produzidos e acumulados durante a vida das células, associados ou não

a outras substâncias e liberados quando da sua destruição por ruptura espontânea, ou provocada, devido à decomposição pela ação de fungos ou bactérias. Portanto, a intensidade desses odores e sabores depende do tempo, do ciclo de vida das algas e do meio em que estejam (BOYD, 1990; PAERL; TUCKER, 1995).

Estudos realizados com *catfish* (*Ictalurus punctatus*) nos Estados Unidos, estado do Alabama, verificaram que o sabor de “barro” havia sido mais severo no final do verão quando a atividade algal e microbial nos viveiros foi mais alta, em resposta ao elevado fornecimento de alimento (ARMSTRONG; BOYD; LOVELL, 1986). Outros autores constataram que existe relação entre *off flavor* e taxas de arraçoamento nos viveiros de criação do *catfish*, e que o crescimento de algas e actinomicetos foi proporcional à quantidade de arraçoamento (BROWN; BOYD, 1982).

A busca pelo melhor desempenho produtivo dos peixes, visando uma produção altamente lucrativa, tem acentuado o problema da eutrofização das águas utilizadas nos cultivos. Já existe consenso de que a qualidade da água interfere no sabor do pescado mas, por outro lado, ainda desconhece-se exatamente de que forma ocorre este fenômeno. Este conhecimento é importante para a tomada de medidas preventivas, tanto econômicas, quanto na manutenção racional da água utilizada por parte dos aquicultores, pois o cultivo de peixes de água doce é um dos setores que mais crescem na economia agrícola dos Estados Unidos, e a produção do *catfish* é responsável por 70% do total de peixes cultivados em tanques escavados (BOYD et al., 2000; BOYD et al., 2003.).

No Brasil, até há pouco tempo, os piscicultores não se preocupavam com a qualidade do peixe produzido. A produção era voltada quase que exclusivamente para atender a demanda de pescueiros, que apenas faziam exigências quanto à entrega do peixe vivo, em boas condições e visualmente isentos de doenças e parasitos.

Com o atual declínio econômico da pesca recreativa e a necessidade crescente da industrialização, espera-se que se estabeleçam novos parâmetros que contemplem as exigências do mercado varejista e dos consumidores quanto à qualidade dos produtos de pescado, em especial o frescor e a padronização quanto ao sabor, textura, e coloração da matéria-prima. Os produtores que não se adequarem a essa nova condição, fatalmente sofrerão com a perda de competitividade e espaço em um mercado consumidor cada dia mais exigente.

#### 1.1.2.4.2 Depuração como medida de prevenção e controle do *off flavor*

A prática de depuração é recomendada para eliminar o *off flavor*, particularmente se o pescado foi criado em sistemas semi-intensivos e em tanques – rede. A depuração de tilápias do Nilo criadas pela CESP-Companhia Energética de São Paulo, na represa de Ibitinga, no Rio Tietê, SP, foi testada em vários períodos (1, 2, 3, 4, 9 e, 15 dias), mas só após nove dias, os peixes apresentaram qualidade sensorial para consumo, porém com significativa perda de peso, e conseqüentemente perda do valor comercial (TORLONI et al., 1983).

A tilápia absorve *off flavor* produzido por cianobactérias e outros microrganismos, assim, para assegurar a qualidade do peixe, a tilápia deve ser mantida em água limpa por três a cinco dias para depurar o *off flavor*. Peixes expostos a MIB e GEO adquirem *off flavor* em poucas horas. No entanto, a eliminação destes compostos pode exigir vários dias ou mesmo semanas. Peixes com *off flavor* podem ser depurados em tanques recebendo fluxo contínuo de água limpa (LOVSHIN, 1997).

O uso de tanques de depuração, geralmente, é restrito aos frigoríficos de pequeno porte devido à necessidade de um considerável volume de água para depuração de grandes quantidades de peixes. A análise sensorial prévia dos peixes prontos para a despesca pode poupar a necessidade de depuração, caso as amostras apresentem sabor adequado. O tempo necessário para a depuração de peixes, que apresentem *off flavor*, depende de diversos fatores, entre estes, a temperatura da água nos tanques de depuração, o teor de gordura dos peixes e a intensidade inicial do *off flavor* (LOVSHIN, 1997).

#### 1.1.2.5 Parâmetros toxicológicos

Florações de cianobactérias em lagos e reservatórios tem sido estudadas em várias partes do planeta (IBELINGS; CHORUS, 2007), sendo frequentemente detectada a presença de hepatotoxinas, como microcistinas (MC), nodularinas (NOD) e cilindrospermopsina (CYN) e, algumas vezes, neurotoxinas como anatoxina-a (ANA) e saxitoxinas (STX) (KUIPER-GOODMAN et al., 1999).

As saxitoxinas são produzidas por florações de microalgas, principalmente dinoflagelados marinhos. Estes compostos são neurotoxinas com poderosa ação antagonista aos canais de sódio, causando enfraquecimento, paralisia e morte por insuficiência respiratória em mamíferos (HUMPAGE, 2008). Saxitoxinas são também sintetizadas por cianobactérias

de água doce, portanto há o risco eminente dessas toxinas serem transferidas da água para o pescado e causar riscos a humanos (PEREIRA et al., 2004; SAMSUR et al., 2006).

No Brasil, saxitoxinas e anatoxinas são produzidas em água doce por cianobactérias do gênero *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Lynbya* (YUNES et al., 2003) e *Cylindrospermopsis* (MOLICA et al., 2002).

A bioacumulação de STX em organismos marinhos tem sido estudada principalmente em moluscos bivalves (DEEDS et al., 2008). Para cianobactérias de água doce, altas concentração de toxinas, resultam da presença de matéria orgânica na água. Todavia, cianotoxinas podem se acumular no pescado, via alimentação direta do fitoplâncton através de toxinas dissolvidas na água devido a ruptura celular do fitoplâncton, via epitélio do pescado, ou via teia alimentar.

A presença de nutrientes na água, principalmente provenientes do processo de alimentação, em fazendas situadas em áreas protegidas, leva à eutrofização com conseqüente poluição do ambiente, do ecossistema e dos recursos pesqueiros, resultando em florações freqüentes de cianobactérias (PRIETO et al. 2006).

O cultivo de tilápias é amplamente realizado em várias partes do mundo como no Brasil, China e África, sendo que, o uso da depuração na rotina da produção, tem resultado na diminuição do número de microorganismos, do *off flavor* e reduzido a presença de substâncias advindas dos metabólitos de fitoplâncton no pescado. Neste processo, o pescado é transferido para tanques artificiais com água limpa e corrente, sem alimentação (CANONICO et al., 2005).

A literatura relata a acumulação de STX nos peixes cultivados em água doce, indicando que a tilápia do Nilo pode acumular STX, durante florações de cianobactérias. Dados toxicológicos de STX são limitados e precisam ser estudados mais detalhadamente, principalmente o desenvolvimento de testes que dizem respeito à sua toxicidade aguda (GALVÃO et al., 2009). Uma maior exposição do pescado às cianotoxinas, pode resultar em maior bioacumulação, como já documentado para MC (Microcistinas) (IBELINGS; CHORUS, 2007), resultando em problema de saúde pública.

O monitoramento de STX em água doce deveria ser considerado pelas autoridades competentes uma questão importante no quesito segurança alimentar, pois a ocorrência de florações de cianobactérias produzindo STX em aquicultura pode representar riscos à qualidade do pescado comercializado. A depuração, além de ser adotada para minimizar problemas com contaminação microbiana e *off flavor* (STICKNEY, 2005) é um processo

simples que pode ser conduzido por produtores, no sentido de diminuir ou eliminar a presença de STX (GALVÃO et al., 2009).

#### **1.1.2.5.1 Contaminantes inorgânicos em pescado - metais pesados**

Dentre os diferentes contaminantes químicos da água, o estudo de metais pesados vem sendo considerado prioritário nos programas de promoção da saúde, em escala mundial.

Metais pesados como o cádmio, chumbo, cromo, cobre, manganês, mercúrio e zinco podem ser citados como os mais estudados, devido a seus efeitos prejudiciais à saúde humana (PIA et al., 2006).

A contaminação de metais pesados em ecossistemas aquáticos, representa um grande perigo ao ambiente devido a sua persistência, acumulação na cadeia alimentar e toxicidade (MARENGONI et al., 2008).

Descargas industriais, esgoto doméstico, precipitação contaminada com poluentes do ar, transporte e queima de combustíveis fósseis, além de fertilizantes contendo metais pesados podem contaminar o pescado (HANDY, 1994; JENT; HEING; TATE, 1998; CHAISEMARTIN, 1983).

Vários autores tem estudado o acúmulo desses contaminantes em peixes habitantes de diferentes ecossistemas aquáticos (KOCK; HOFER; WOGRATH, 1995; KALFAKAKOUR; AKOIDA-DEMERTZI, 2000; RASHED, 2001; SREENIVASAR, 2006). Os metais pesados entram na cadeia alimentar do pescado através da contaminação da água, e esta contamina o pescado através da biota aquática por via alimentar e de rotas não alimentares, como absorção via epitélio (BREZONIK; KING; MACH, 1991).

Nos peixes, as brânquias, pele e trato digestivo são locais de absorção destes compostos químicos, existindo variação nas taxas de bioacumulação em função do tipo de metal pesado (BRADLEY; SPRAGUE, 1985).

Morgano et al. (2005) analisaram diferentes espécies de pescado procedentes de piscicultores e pesque-pagues das regiões do Vale do Ribeira, Vale do Paraíba e Vale do Paranapanema, no Estado de São Paulo, e encontraram níveis abaixo dos limites estabelecidos como problemáticos pela legislação brasileira para cádmio, chumbo, cromo, cobre, níquel e zinco.

Outros autores, reforçam a necessidade e importância do monitoramento de metais pesados, como o cádmio, em ecossistemas aquáticos da Ásia, bem como em todo o mundo (ADHIKARI; GOSH; GIRI, 2009; LING et al., 2009).

### **1.1.3 CONTROLE DE QUALIDADE DO PESCADO**

#### **1.1.3.1 A tilápia como matéria-prima alimentar**

A produção mundial de pescado, incluindo peixes, crustáceos, moluscos entre outros, exceto plantas aquáticas, no ano de 2006, foi registrada como sendo de 143.647.650 t, deste total, 51.653.329 t foram provenientes da aquicultura e 91.994.321 t da pesca extrativa. Do total da produção de captura, 10.063.683 t foram provenientes de águas continentais e 81.930.638 t de águas marinhas. Nesse mesmo ano, o Brasil apresentou uma produção total de 1.050.809 t, sendo 779.113 t provenientes da captura e 271.696 t da aquicultura (FAO, 2009; FAO, 2008).

O cultivo de tilápias remonta à Idade Antiga. Há registros no Egito, sobre o cultivo destes peixes, de dois mil anos antes de Cristo. No entanto, o crescimento da atividade intensificou-se somente no século XX, a partir da década de 1970 (FIGUEIREDO JÚNIOR; VALENTE JÚNIOR, 2008).

A tilapicultura firmou-se como atividade empresarial a partir da década de 1980, quando surgiram os empreendimentos pioneiros. Estes foram inicialmente limitados por vários tipos de restrições, como conhecimento incipiente das técnicas de cultivo pela falta de pesquisas, inexistência de rações adequadas e baixa qualidade dos alevinos, entre outras. O Estado do Paraná foi o primeiro estado brasileiro a organizar, de forma racional, a atividade, inclusive com a implantação de frigoríficos especializados em beneficiamento de tilápia, com destaque para os municípios de Toledo e Assis Chateaubriand (FIGUEIREDO JÚNIOR; VALENTE JÚNIOR, 2008).

A produção mundial de tilápias *Oreochromis niloticus*, em 2006, foi de 1.988.726 t, movimentando cerca de US\$ 2.220.314,00 no mercado mundial. A China desponta como maior produtor (897.276 t), ficando o Brasil na sétima colocação (69.078 t) (FAO, 2008).

Em território brasileiro a produção está distribuída nos estados do Ceará (26,1 %), Paraná (17,3 %), São Paulo (14,1 %), Bahia (10,3 %) e Santa Catarina (10,3%) (FIGUEIREDO JÚNIOR; VALENTE JÚNIOR, 2008).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com aproximadamente 37 % de porção comestível, é atualmente a espécie de maior volume de produção da piscicultura, com produção estável e aceitação por parte do consumidor. Vem sendo comercializada nos Estados Unidos na forma de filés resfriados e congelados, com preço de mercado competitivo. É um peixe rústico, apresenta alta taxa de prolificidade, é tipicamente herbívoro e sua carne é de sabor agradável. Apresenta pouca susceptibilidade a doenças parasitárias, alto teor de domesticidade e grande precocidade. Sua introdução na aquicultura nacional é promissora, além de ser a espécie mais difundida e recomendada para a criação intensiva em tanques e açudes (BARD, 1980; CASTAGNOLLI, 1992; VAZ; PARREIRA, 1999).

A utilização de tilápias é uma boa opção, pois são peixes resistentes a doenças e apresentam tolerância às variações de temperatura e às condições de baixas concentrações de oxigênio na água; possuem um crescimento rápido, reproduzem muito bem em condições de cultivo e tem boa aceitação como alimentos preparados (GURGEL; FREITAS, 1972).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem sido considerada “o novo pescado branco” (VANNUCCINI, 1999). Os requisitos típicos dos peixes preferidos pelo mercado consumidor, tais como carne branca de textura firme e sabor delicado, de fácil filetagem, ausência de “espinhas” em “Y”, além das características produtivas, colocam a tilápia entre as principais espécies cultivadas comercialmente (JORY; ALCESTE; CABRERA, 2000).

### **1.1.3.2 Indicadores de qualidade do pescado**

Qualidade, como um todo, envolve a soma dos atributos físicos, sensoriais, químicos e microbiológicos dos alimentos e, no pescado, a qualidade está estreitamente ligada com o estado de frescor (CONTRERAS-GUZMÁN, 1988).

O termo “qualidade do pescado” dentro da cadeia produtiva do pescado pode representar diferentes significados. Na indústria pesqueira o termo muitas vezes relaciona-se com as espécies de alto valor comercial, incluindo o tamanho. Um pescado considerado de qualidade inferior, por um processador, pode ser muito pequeno ou estar em más condições para determinados processos, o que resultará em baixo rendimento. Muitas vezes, contudo, a qualidade é sinônimo de aparência e frescor, e se refere ao grau de integridade em que o pescado se encontra. O foco, quanto à qualidade do pescado para as autoridades governamentais, está voltado principalmente para possíveis perigos à saúde, significando

ausência de agentes nocivos tais como parasitas, compostos químicos e organismos patogênicos (HUSS, 1988).

#### **1.1.3.2.1 Alterações físico-químicas**

O frescor do pescado pode ser avaliado por métodos sensoriais, microbiológicos ou físico-químicos, no entanto, devido à subjetividade dos métodos sensoriais e à demora e custo elevado para execução de testes microbiológicos, os métodos químicos que quantificam os produtos derivados da atividade enzimática endógena e bacteriana tem sido empregados na avaliação do frescor do pescado. Muitos índices químicos para controle de qualidade de peixes, moluscos e crustáceos estão baseados nas alterações quantitativas ou qualitativas de compostos da fração nitrogenada não protéica do músculo. A atividade enzimática pode causar alteração na concentração destes compostos ou originar outros. A detecção de alterações progressivas destas substâncias no músculo do pescado, durante o armazenamento, é o primeiro requisito para considerar tais substâncias como potenciais índices de frescor (LAPA-GUIMARÃES; CONTRERAS-GUSMÁN; FELÍCIO, 2005).

A perda de qualidade inicial do pescado é causada principalmente por mudanças autolíticas e não relacionadas com a atividade microbiológica (GRAM; HUSS, 1996). Os fenômenos que se desencadeiam no músculo do pescado, após a captura, podem ser divididos em duas etapas, denominadas frescor bioquímico e frescor microbiológico (EHIRA; UCHIYAMA, 1987).

Os compostos formados na primeira etapa, entre a captura e o fim do rigor *mortis*, são de origem autolítica e sua produção não pode ser evitada, porém deve ser regulada; enquanto que os compostos da segunda etapa, originadas pelas alterações da qualidade no pós-rigor, são produtos de atividade microbiana, cuja formação pode ser controlada até certo limite pelo emprego de processos tecnológicos (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

Além do sabor e odor muito relevantes para os consumidores, também existem outros indicadores da qualidade e frescor da carne do pescado, como pH, Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT), Nitrogênio Não Protéico (NNP) e Trimetilamina (TMA), entre outros.

O pH do alimento é um fator importante na conservação. O pescado apresenta pH próximo da neutralidade, o que propicia o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes

e patógenos e requer cuidados especiais quanto à conservação (OGAWA; MAIA, 1999). O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1952) estabelece limites máximos de pH de 6,5, no músculo do pescado fresco.

A queda do pH em pescado é ligeira, pois as reservas de glicogênio são pequenas e depende, entre outras coisas, das condições de pesca e da resistência que os peixes opõem à captura (KAI; MORAIS, 1988).

O pH é um índice pouco confiável para avaliar, por si, o estado de frescor ou início de deterioração em pescado; este índice é variável entre as diferentes amostras e apresenta ciclos de flutuação durante a estocagem refrigerada (OGAWA; MAIA, 1999).

Além do pH, a determinação das Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNVT) também é um método químico utilizado para caracterização do frescor do pescado. Dentro da denominação genérica de BNVT encontram-se substâncias como amônia, trimetilamina, etilamina, monometilamina, putrescina, cadaverina e espermidina. O principal componente deste grupo é a amônia, responsável pelas maiores alterações químicas (SIKORSKI; KOLAKOWSKA; BURT, 1994; OGAWA ; MAIA, 1999).

No Brasil, a Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece o valor de 30 mg de N/100 g como limite máximo de BNVT para pescado fresco, exceto para elasmobrânquios (BRASIL, 1997).

Para peixes em excelente estado de frescor, o teor de BNVT atinge 5 a 10 mg de N/100 g de músculo; peixes com frescor satisfatório podem atingir até 15 a 25 mg de N/100 g. No início da deterioração este teor atinge 30 a 40 mg de N/100 g e, quando em avançado grau de deterioração, tal conteúdo encontra-se acima de 50 mg de N/100 g (OGAWA; MAIA, 1999).

Para os peixes de água doce, as BNVT variam pouco, e quando atingem o valor de 30mg de N/100 g de músculo, os peixes já foram rejeitados sensorialmente; este fato ocorre em função do tipo de carga microbiana mesófila ou psicrófila presente nessas espécies; da mesma forma que a carga microbiana não psicrófila ocorre em peixes marinhos. Outros fatores tem relação com os métodos de captura que, no caso dos marinhos, são mais estressantes devido ao manejo inadequado ao qual os peixes são submetidos a bordo. (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

### 1.1.3.2 Alterações microbiológicas

Os microrganismos podem ser encontrados no intestino, guelras e sob a pele dos peixes. Os baixos índices de contaminantes encontrados nas guelras e na pele são comumente associados às águas limpas e frias, e os índices mais elevados às águas tropicais, subtropicais e áreas poluídas (WARD, 1994).

No intestino de peixes recém alimentados, o índice de microrganismos potencialmente contaminantes é alto. A flora bacteriana dos peixes de água fria é dominada pelo gênero psicrotrófico Gram-negativo, sendo que os Gram-positivos dominam a flora bacteriana de peixes de águas tropicais (SHEWAN, 1977).

Por ser considerado um alimento altamente perecível, o pescado exige cuidados em relação ao seu manuseio, tanto durante o processo de captura quanto durante a estocagem. De modo semelhante a outros tipos de carne, qualquer produto alimentício procedente do pescado pode alterar-se por autólise, atividade microbiana e oxidação (VIEIRA, 2003).

O músculo do pescado é mais susceptível à deterioração do que a carne dos mamíferos, tendo em vista que o processo autolítico no pescado é mais rápido em função do pH que favorece o crescimento microbiano. Logo após a morte dos peixes, os complexos sistemas que controlam seus processos vitais deixam de funcionar e as enzimas continuam a agir, possibilitando acesso dos microrganismos ao músculo do pescado. Os microrganismos, neste ambiente altamente nutritivo, tem rápido desenvolvimento, resultando em um processo acelerado de deterioração (VIEIRA, 2003).

O pescado pode ser veículo de microrganismos patogênicos para os seres humanos, a maior parte deles, fruto da contaminação ambiental, a destacar, o gênero *Vibrio*, causador de gastroenterite aguda caracterizada por quadro disentérico, após o consumo de peixes, camarões e ostras *in natura* que estiverem contaminadas por estes microrganismos. Destacam-se dentre os patogênicos o *Vibrio cholerae*, *Sallmonela typhi*, *Sallmonela paratyphi*, *Shiguella* spp., *Streptococcus* sp., *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus* (GERMANO; GERMANO; OLIVEIRA, 1998).

O pescado recém-capturado apresenta uma microflora natural relativamente uniforme e composta, principalmente, de bactérias psicrotróficas e psicrófilas, que agem a temperaturas menores de 20°C. Destacam-se: *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Acinetobacter* e *Flavobacterium*. *Vibrio parahaemolyticus* e *Clostridium botulinum*, principalmente do tipo E (não proteolítico) (FARBER; 1991).

O fator principal de controle microbiano no pescado *in natura* é a temperatura. A refrigeração exerce ação seletiva na população bacteriana da superfície do pescado. As bactérias mesófilas não se multiplicam e algumas morrem com o transcorrer do tempo, porém, as cepas de psicotróficos se desenvolvem devido a sua resistência. No pescado proveniente de regiões temperadas, as bactérias se mantêm, a 0 °C, na fase de latência, por 1 a 5 dias; o crescimento logarítmico ocorre entre o 6° e 14° dia seguido da fase estacionária. Sob condições comerciais, a vida útil determinada, sensorialmente, é de 12 dias (ICMSF, 1998).

A carga bacteriana do pescado tropical, a 0 °C, mantém-se na fase de latência por um período mais longo e com velocidade de multiplicação menor, o que se traduz em uma vida útil de cerca de 30 dias. Fato este que, provavelmente, ocorre devido à baixa concentração de bactérias capazes de crescer a baixas temperaturas, e menor velocidade de crescimento das espécies psicotróficas presentes no pescado. Por este motivo, a refrigeração do pescado deve ser realizada o mais rápido possível, já que a microbiota mesofílica multiplica-se rapidamente à temperatura ambiente (ICMSF, 1998).

As bactérias que compõem a microbiota do pescado tropical tendem ao comportamento mesofílico. A microbiota mesofílica é pouco adaptada à multiplicação em temperatura de refrigeração e tem menor produção de compostos de degradação, bem como atividade metabólica diferente daquela psicofílica. A deterioração, especialmente em pescado conservado a baixas temperaturas, é causada, principalmente, por bactérias psicrófilas. Os processos de deterioração não ocorrerão até que os microrganismos psicrófilos tenham se multiplicado em níveis capazes de produzir maus odores. O frescor do pescado estocado em gelo se correlaciona bem com as análises sensoriais, juntamente com a contagem, em placas, a 20 °C (VIEIRA, 2003).

A resolução RDC nº 12, de 12 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), não apresenta padrão para coliformes em pescado *in natura*, resfriado ou congelado. Para *Staphylococcus aureus* coagulase positivo preconiza no máximo,  $10^3$  UFC/g e para *Salmonella*, ausência em 25g. O que pode ser visto nessa resolução, para contagem de coliformes, se refere aos coliformes termotolerantes a 45° C, onde o limite estabelecido é de, no máximo,  $10^3$  NMP/g para produtos à base de pescado refrigerado ou congelado (hamburger e similares) ou de, no máximo,  $10^2$  NMP/g para pescado pré-cozido, empanado ou não, refrigerado ou congelado.

Outro grupo de microrganismos usualmente encontrado em pescado é o dos coliformes totais que inclui as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos,

aeróbias ou anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 28 h, a 35°C. O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas*, por exemplo. Por essa razão, sua enumeração em água e alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração de coliformes ou *Escherichia coli* (FRANCO; LANDGRAF, 2005; SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

Para coliformes termotolerantes a definição é a mesma relatada para coliformes totais, porém, restringindo-se aos microrganismos capazes de fermentar a lactose, com produção de gás em 24 h, e temperatura entre 44,5 e 45,5 °C. O grupo dos coliformes termotolerantes inclui os gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois, *Enterobacter* e *Klebsiella* incluem cepas de origem não fecal. Por esse motivo, a presença de coliformes totais em alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *E. Coli* (SILVA; CANTUSIO; JUNQUEIRA, 2000).

O *S. aureus* tem seu principal *habitat* na pele, mucosas nasais e trato respiratório dos humanos; a sua presença indica o manuseio inadequado do alimento, equipamentos mal higienizados e contaminação após o processamento de fontes humanas ou de animais (MARTIN; GRAY; PIERSON, 1978). O *S. aureus* é uma bactéria aeróbia ou anaeróbia facultativa (HINTLIAN; HOTCHKISS, 1986). Sua presença em pescado tem sido associada a águas contaminadas (LISTON; STANSBY; OLCOTT, 1963).

Tilápias do Nilo recém-capturadas foram analisadas quanto à presença de *S. aureus*. Todas as amostras apresentaram valores que variaram de < 10 a  $10,6 \times 10^2$  UFC/g (VIEIRA et al., 2000). Tanto *S. aureus* quanto *Bacillus cereus* foram encontrados em amostras de mexilhão comercializados no litoral paulista. Mesmo em baixas concentrações esses microrganismos representam perigo, em potencial, se o pescado for manipulado e armazenado de forma inadequada (GALVÃO et al., 2006).

As bactérias psicotróficas utilizam para seu desenvolvimento os compostos não protéicos; seu crescimento é incrementado na presença de substâncias nitrogenadas não protéicas e em condições de pH alto (>6) (GRAM; HUSS, 1996; LISTON, 1982).

A *Salmonella* sp é uma bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, bastonete, com mobilidade via flagelos peritríquios, fermentadora, não esporulada, Gram negativa e anaeróbia facultativa, apresentando temperatura de crescimento na faixa de 5 °C a 47 °C, com ótimo de crescimento entre 35 e 37 °C. Não tolera pH maior que 9 e menor que 4, sendo ótimo,

o pH 7 (FRANCO; LANDGRAF, 2005; FORSYTHE, 2002).

O controle da *Salmonella* sp é feito através da higiene dos manipuladores durante o processamento do pescado. Embora não seja isolada normalmente de pescado capturado em mar aberto, pode ser isolada em produtos marinhos capturados em águas contaminadas. Em produtos *in natura* que serão posteriormente submetidos à cocção, a *Salmonella* sp não apresenta perigo direto à saúde, uma vez que o calor a destrói. Por outro lado, existe sempre a preocupação com produtos consumidos *in natura* e com produtos prontos para o consumo que não tenham passado por processamento térmico. Pode ser também transmitida para outros alimentos através de contaminação cruzada. Seu *habitat* natural é o trato intestinal humano e animal, portanto, sua presença indica contaminação fecal direta ou indireta (FRANCO; LANDGRAF, 2005; FORSYTHE, 2002).

Clostrídios sulfito redutores reduzem o sulfito a sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), a 46 °C. Sua aplicação na análise de alimentos pode oferecer uma indicação simples e rápida da potencial presença de *C. perfringens*, que também é sulfito redutor. Como *C. perfringens* cresce bem a 46°C, essa temperatura é utilizada para dar uma indicação mais precisa de *C. perfringens*, reduzindo o número de outras espécies que podem crescer. Ainda assim, número significativo de espécies sulfito redutoras crescem a 46 °C, incluindo *C. botulinum* e *C. sporogenes* (SILVA et al., 2007).

#### **1.1.4– FERRAMENTAS PARA O CONTROLE DA QUALIDADE**

Entre os avanços mais significativos, da última década do século 20, está o conceito de inocuidade dos alimentos. Neste contexto, os vários setores que abrigam autoridades governamentais, produtores agropecuários, transportadores de matéria-prima e produtos industrializados, desempenham um papel fundamental (ALMEIDA, 1998).

As indústrias processadoras, atacadistas, varejistas, universidades, empresas de comunicação social e consumidores, podem ser considerados os responsáveis pela manutenção da inocuidade dos alimentos para que os mesmos não se transformem em produtos nocivos à saúde. Para isso ocorrer é necessário a implantação de um programa que garanta a qualidade da matéria-prima e do produto, tal como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). No entanto, para sua implantação, é preciso garantir o

cumprimento de pré-requisitos como as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO) (ALMEIDA, 1998).

As BPF são um conjunto de normas empregadas em produtos, processos, serviços e edificações, visando a promoção e a certificação da qualidade e da segurança do alimento. No Brasil, as BPF são legalmente regidas pelas Portarias 1428/93-MS (BRASIL, 1993) e 326/97-SVS/MS (BRASIL, 1997).

A qualidade da matéria-prima, a arquitetura dos equipamentos e das instalações, as condições higiênicas do ambiente de trabalho, as técnicas de manipulação dos alimentos e a saúde dos funcionários são fatores importantes a serem considerados na produção de alimentos seguros e de qualidade devendo, portanto, ser considerados nas BPF. A avaliação dessas BPF em estabelecimentos de produção ou de comercialização de alimentos, por meio de utilização de questionários apropriados é citada como subsídio para a implantação do sistema APPCC (QUEIROZ, et al., 2000).

A implantação das BPF possibilita a implantação do Sistema de APPCC e essas ferramentas de qualidade darão suporte à implantação de uma terceira, que é a rastreabilidade do produto final.

Para a garantia da qualidade de um produto, primeiramente, é preciso identificar a existência de perigos potenciais que podem se associar ao produto, seja ele de natureza química, física ou biológica.

A descrição do fluxograma de produção deve ser detalhada, conter todos os itens descritos no fluxograma e ter linguagem fácil, para que todos que necessitarem consultá-la possam entendê-la. Também é importante, que as informações contidas nessa descrição estejam embasadas em dados reais ou sejam provenientes de estudos científicos de caráter não duvidoso. Um modelo de fluxograma de produção para tilápias foi descrito por Savay da Silva (2009), conforme listado abaixo:

- Coleta dos peixes nos tanques-rede: ao atingirem o peso requerido, os peixes devem ser coletados dos tanques-rede e direcionados para os tanques de depuração. A coleta deve ser realizada por pessoal treinado, no período do dia de temperatura mais amena;
- Transporte dos peixes para os tanques de depuração: o transporte deve ser feito em caixas plásticas higienizadas, por pessoal treinado, de forma a realizar o procedimento em menor tempo possível para evitar danos físicos e *stress* aos peixes. Caso os tanques de depuração não se localizem perto do local de cultivo, o transporte dos peixes vivos deve ocorrer em estrutura própria, com controle da temperatura e do oxigênio dissolvido na água;

- Depuração: os peixes devem ser colocados em tanques de alvenaria, sem alimentação, com água corrente, sendo o período de tempo variável em função da qualidade da água de cultivo, bem como incidência de *off flavor*. O tanque de depuração deve possuir um sistema contínuo de circulação de água e aeração, evitando o acúmulo de dejetos excretados pelos peixes. Esta etapa do processo foi considerada como sendo o primeiro ponto de controle (PC1) quanto aos cuidados pré abate. A água de depuração deve ser proveniente de fonte segura pra evitar a presença de contaminantes (microbiológicos ou químicos) na matéria-prima e ser isenta de resíduos da ração;

- Despesca dos tanques de depuração: deve ser realizada após o período de depuração pré-estabelecido. A despesca foi considerado um PC2, visto que nesta etapa há manejo intensivo do pescado, fato que pode causar algum tipo de contaminação ou injúria aos animais. Sendo assim, sugere-se que haja o mínimo possível de contato manual com os animais; as tilápias deverão ser capturadas dos tanques de depuração com redes, por funcionários devidamente treinados e que não portem doenças ou lesões físicas;

- Pesagem: a pesagem deve ser realizada logo após a despesca dos peixes dos tanques de depuração, afim de se determinar a perda de peso aferida após o procedimento de depuração. O procedimento deve ser realizado por funcionários treinados e em menor tempo possível para se evitar possíveis danos à matéria-prima;

- Abate: O abate deverá ser realizado imediatamente após a captura, evitando que os peixes, devido à fadiga, percam as reservas energéticas, importante para mantê-los mais tempo na fase pré rigor *mortis*. O abate deverá ser efetuado por choque térmico – hipotermia (peixe:gelo; 1:1). O abate pode ser considerado como o terceiro PC (PC3). Deve-se levar o pescado à processadora na primeira ou na segunda hora após a morte, quando ele ainda estará na fase pré-rigor, para tanto, o setor de recepção e abate deve estar em compasso com o de processamento. Há a necessidade de se averiguar a procedência da água utilizada para a fabricação do gelo e as condições higiênicas do local que será utilizado para o abate e armazenamento, assim como dos funcionários que executaram a tarefa (OETTERER; 2002).

- Transporte até o local de processamento: o transporte dos peixes, logo após o abate, deve ser realizado de forma rápida, por funcionários treinados e com controle de temperatura adequado. Caso o abate seja realizado dentro da própria beneficiadora, sugere-se que o transporte dos peixes para a planta de processamento seja realizado via esteiras mecânicas, se possível;

O sistema de APPCC permite a identificação, avaliação e a eliminação de perigos potenciais em um processo, estabelece tolerâncias para os perigos e define medidas de controle apropriadas, bem como, a frequência de suas aplicações, procedimentos de amostragem, testes específicos a serem utilizados e os critérios para aceitação do produto. O sistema é baseado no monitoramento de pontos críticos de controle e na ação a ser tomada quando os resultados estiverem fora dos limites pré-estabelecidos. O sistema APPCC é utilizado ao longo de cada etapa do processo e inclui matérias-primas, processamento, armazenagem e distribuição. Pode ser utilizado para todos os perigos potenciais, incluindo qualidade inadequada ou segurança, e pode identificar áreas de controle onde falhas ainda não ocorreram, tornando-o útil para novas operações (FELLOWS, 2006).

A aplicação dos princípios do Sistema APPCC no processamento de pescado oferece um programa de inspeção melhorado e moderno, identificando os pontos críticos nas operações de processamento do pescado, determinando seu controle e desenvolvendo um esquema de inspeção que satisfaça as regulamentações estabelecidas, através do monitoramento de manutenção dos registros permanentes (DAMS; BEIRÃO; TEIXEIRA, 1994).

A rastreabilidade é um sistema de qualidade complementar que deverá auxiliar na indicação e registro de eventuais falhas existentes nesse sistema, dando a possibilidade a realização do *recall* em qualquer elo da cadeia. Diferentemente do Sistema APPCC, a rastreabilidade não previne ou corrige falhas, apenas aponta quais são e onde ocorreram essas falhas, possibilitando o *recall* rápido e eficiente.

Sendo assim, nenhuma das ferramentas disponíveis como BPF, APPCC e rastreabilidade, garantem por si só a qualidade do produto, todavia, quando utilizadas, concomitantemente, devem apresentar resultados satisfatórios.

## REFERÊNCIAS

ADHIKARI, S.; GOSH, L.; GIRI, B.S. Distributions of metals in the food web of fishponds of Kolleru Lake, India. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 72, n. 4, p. 1242-1248, 2009.

ALFARO, J.A.; RABADE, L.A. Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 118, p. 104–110, 2009.

ALMEIDA, J. **Traceability and quality in a fresh fish export chain – an Icelandic and Capverdian study**. 2006. 80 f. Final Project - Fisheries Training Programme, United Nations University, Reykjavik, Iceland, 2006.

ALMEIDA, R.C. O sistema HACCP como instrumento para garantir a inocuidade dos alimentos. Organização Pan Americana da Saúde/ Organização Mundial da Saúde. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 53, p. 12-20, 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington, DC: APHA, 1992. 1219 p.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION. **Advances in taste and odor treatment and control**. Denver: AWWA, 1995. 385 p.

ANGELOCCI, L.R.; VILLA-NOVA, N.A. Variações da temperatura da água de um pequeno lago artificial ao longo de um ano em Piracicaba-SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 431-438, 1995.

ARAGÃO, M.A.; BURATINI, S.V.; BERTOLETTI, E. Total hardness of surface waters in São Paulo State (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 15, n. 1, p. 15-18, 2003.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**: uma revisão para peixes e camarões. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2004. 231 p.

ARMSTRONG, M.S.; BOYD, C.E.; LOVELL, R.S. Environmental factors affecting flavor of channel catfish from production ponds. **The Progressive Fish-Culturist**, Bethesda, v. 48, p. 113-119, 1986.

BAILEY, D.V.; JONES, E.; DICKINSON, D.L. Knowledge management and comparative international strategies on vertical information flow in the global food system. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 84, n. 5, p. 1337–1344, 2002.

BARBOSA, A.C.A.; ALMEIDA, L.D.L.; FONSECA, R.B. **Cultivo de Tilápia Nilótica em gaiolas flutuantes na Barragem de Assu-RN**. Natal: EMPARN, 2000. 22 p. (Boletim de Pesquisa, 27).

BARD, J. Piscicultura intensiva de tilápias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 67, p. 24-29, 1980.

BASTOS, I.C.O.; LOVO, I.C.; ESTANISLAU, C.A.M.; SCOSS, L.M. Utilização de bioindicadores em diferentes hidrossistemas de uma indústria de papéis reciclados em Governador Valadares-MG. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 203-211, 2006.

BECHINI, A.; CIMINO, M.G.C.A.; LAZZERINI, B.; MARCELLONI, F.; TOMASI, A. A general framework for food traceability. In: SYMPOSIUM ON APPLICATIONS AND THE INTERNET WORKSHOPS, 2005, Trento. **Abstracts...** Trento: IEEE Computer Society, 2005. p. 4.

BERTOLINI, M.; BEVILACQUA, M.; MASSINI, R. FMECA approach to product traceability in the food industry. **Food Control**, Guildford, v. 17, p. 137–145, 2006.

BORRESEN, T. Traceability in the fishery chain to increase consumer confidence in fish products - application of molecular biology techniques. In: TRANS-ATLANTIC FISHERIES TECHNOLOGY CONFERENCE - TAFT, 1., 2003, Reykjavik, Iceland. **Proceedings...** Reykjavik, Iceland: The Icelandic Fisheries Laboratories, 2003. p. 180-184.

BOYD, C.E **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn, Alabama: Auburn University Press; /Birmingham Publishing Co., 1990. 482 p.

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aquicultura**. Campinas: Mogiana Alimentos, 1997. 55 p.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F.; LEE, J.Y.; ROWAN, M.; WHITIS, G.N.; GROSS, A. Environmental Assessment of Channel Catfish *Ictalurus punctatus* Farming in Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, Auburn, v. 31, n. 4, p. 511-544, 2000.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F.; WHITIS, G.N; HULCHER, R.; OAKES, P.; CARLISLE, J.; ODOM, D.; NELSON, M.M.; HEMSTREET, W.G. **Best management practices for channel catfish farming in Alabama**. Montgomery, Alabama: Alabama Catfish Producers, 2003. 38 p. (Special Report, 1).

BRADLEY, R.W.; SPRAGUE, J.B.,. Accumulation of zinc by rainbow trout as influenced by pH, water hardness and fish size. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 4, p. 685–694, 1985.

BRANCO, S.M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB; ASCETESB, 1986. 395 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 1.428/MS**, de 26 de novembro de 1993. Estabelece as orientações necessárias que permitam executar as atividades de inspeção sanitária, de forma a avaliar as Boas Práticas para a obtenção de padrões de identidade e qualidade de produtos e serviços na área de alimentos com vistas à proteção da saúde da população. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 maio 1993. 21 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria da Vigilância Sanitária. **Portaria nº 451, de 19 de setembro de 1997**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/326\\_97.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/326_97.htm)>. Acesso em 01 jul 2009.

BREZONIK, P.K.; KING, S.O.; MACH, C.E. The influence of water chemistry on trace metal bioavailability and toxicity in aquatic organisms. In: NEWMAN, M.D.; MCINTOSH, A.W. (Ed.). **Metal ecotoxicology**. Concepts and applications. Boca Raton: Lewis Publisher, 1991. p. 1-26.

BROWN, S.W.; BOYD, C.E. Off-flavor in channel catfish from commercial ponds. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 111, p. 379-383, 1982.

BUTTNER, J.K.; SODERBERG, R.W.; TERLIZZI, D.E. **An introduction to water chemistry in freshwater aquaculture**. North Darmouth, Massachusetts: Northeastern Regional Aquaculture Center, University of Massachusetts, 1993. 4 p. (NRAC Fact Sheet, 170).

BYTH, S. Palm Island mystery disease. **Medical Journal of Australia**, Sydney, v.2, p. 40-42, 1980.

CANONICO, G.C.; ARTHINGTON, A.; MCCRARY, J.K.; THIEME, M.L. The effects of introduced tilapia on native biodiversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, Chichester, v. 15, p. 463-483, 2005.

CARMICHAEL, W.W. Toxic *Microcystis* and the environment. In: WATANABE, M.F.; HARADA, K.; CARMICHAEL, W.W.; FUJIKI, H. (Ed.). **Toxic Microcystis**. Boca Raton: CRC Press, 1996. p. 1-12.

CARVALHO, R.A.P.L.F. Implementação de sistemas de rastreabilidade na cadeia de produção de pescados. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DO PESCADO – SIMCOPE, 2., 2006, Santos, SP. **Resumos...** Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2006. 6 p.

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189 p.

CAVALCANTE, C.E.M. de H.; SILVA, V.L. da; SALGUEIRO, A.A. Avaliação microbiológica da água do riacho Cavouco, Recife – PE. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 57, p. 45-49, 1998.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Traceability of fishery products** - specifications of the information to be recorded in captured fish distribution chains. Brussels, Belgium: CEN, 2002. Disponível em: [http://193.156.107.66/ff/po/EUTrace/WGCaptured/WGC\\_StandardFinal.doc](http://193.156.107.66/ff/po/EUTrace/WGCaptured/WGC_StandardFinal.doc). Acesso em: 13 set. 2005.

CHAISEMARTIN, C. Natural adaptation to fertilizers containing heavy metals of healthy and contaminated populations of *Austropatamobius pailpes* (LE). **Hydrobiology**, Sofia, v. 17, p. 229–240, 1983.

CLEMENS, R.; BABCOCK, B.A. Meat traceability: its effect on trade. **Iowa Ag Review**, Ames, v. 8, n. 1, p. 8–9, 2002.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de balneabilidade das praias paulistas 2002**. São Paulo: CETESB, 2003. 206 p.

CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE RASTREABILIDADE DE ALIMENTOS, 1., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004. 270 p.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. Métodos químicos para análise de pescado. In: \_\_\_\_\_. **Controle de qualidade na indústria de pescados**: seminário sobre controle de qualidade na indústria de pescado. Santos: Loyola, 1988. p. 196-209.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

DAMS, R.I.; BEIRÃO, L.H.; TEIXEIRA, E. Implantação de um sistema de análise de risco e pontos críticos de controle na indústria de pescado. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 18, n. 204, p. 63-64, 1994.

DAUD, S.K.; HASBOLLAH, D.; LAW, A.T. Effects of unionized ammonia on red tilapia (*Oreochromis mossambicus* / *O. niloticus* hybrid) fry. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 2., 1987, Bangkok, Thailand. **Proceedings...** Manila, Philippines: ICLARM, 1988. p. 411-413.

DEEDS, J.R.; LANDSBERG, J.H.; ETHERIDGE, S.M.; PITCHER, G.C.; LONGAN, S.W. Non-traditional vectors for paralytic shellfish poisoning. **Marine Drugs**, Basel, v. 6, p. 308-348, 2008.

DENTON, W. Laws and regulations. In: TRACEFISH CONFERENCE, 1., 2001, Copenhagen, Denmark. Copenhagen, Denmark: European Commission, 2001. Disponível em: <http://www.tracefish.org/>. Acesso em: 10 nov. 2007.

DILLENBERG, H.O.; DEHNEL, M.K. Toxic water bloom in Saskatchewan 1959. **Canadian Medical Association Journal**, Montreal, v. 83, p. 1151-1154, 1960.

EHIRA, S.; UCHIYAMA, H. Determination of fish freshness using the K value and comments on some other biochemical changes in relation to freshness. In: KRAMER, D.E.; LISTON, J. (Ed.). **Seafood quality determination**. Amsterdam: Elsevier Science, 1987. p. 185-207.

ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ESPÍNDOLA, E.A.; NOGUEIRA, A.M.; MILANI, T.J. Avaliação sócio econômica dos empreendimentos de pesque-pague. In: ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Ed.). **Avaliação dos impactos de pesque-pague**: uma análise da atividade na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Rima, 2006. p. 29-77.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos da limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

EUROPEAN UNION (EU). Commission Regulation (EC) No 2065/2001 of 22 October 2001. Laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EC) No 104/2000 as regards informing consumers about fishery and aquaculture products. **Official Journal of European Communities**, Brussels, v. 44, L. 278, p. 6-8, 2001.

EUROPEAN UNION (EU). Council Regulation (EC) No 104/2000 of 17 December 1999. On the common organisation of the markets in fishery and aquaculture products. **Official Journal of European Communities**, Brussels, v. 43, L. 17, p. 22-51, 2000.

EUROPEAN UNION (EU). Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002. Laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority (EFSA) and laying down procedures in matters of food safety. **Official Journal of European Communities**, Brussels, v. 45, L. 31, p. 1-24, 2002.

FAO. **Fishery and aquaculture statistics**: 2006. Rome, 2008. 57 p.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA)**: 2008. Rome, 2009. 196 p.

FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípio e prática. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C.A.; VALENTE JÚNIOR, A.S. Cultivo de tilápia no Brasil: origens e cenário atual. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., Rio Branco, 2008. **Anais...** Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2009.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Registration of food facility**. Silver Spring, MD: FDA, Industry Systems, 2003. Disponível em: <http://www.fda.gov/food/guidancecomplianceregulatoryinformation/registrationoffacilities/default.htm>. Acesso em: 25 jan. 2011.

FOOD STANDARDS AGENCY. **Traceability in the food chain**: a preliminary study. London: FSA, Food Chain Strategy Division, 2002. Disponível: <http://www.foodstandards.gov.uk/multimedia/pdfs/traceabilityinthefoodchain.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2011.

FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424 p.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. Microrganismos patogênicos de importância em alimentos. In: FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 33-81.

FREDERIKSEN, M.; OSTERBERG, C.; SILBERG, S.; LARSEN, E.; BREMNER, A. Info-Fisk. Development and Validation of an Internet Based Traceability System in a Danish Domestic Fresh Fish Chain. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, Binghamton, v. 11, n. 2, p. 13-34, 2002.

GALVÃO, J.A.; FURLÁN, E.F.; SALÁN, E.O.; PORTO, E.; OETTERER, M. Características físico-químicas e microbiológicas (*S. aureus* e *B. cereus*) da água e de mexilhões cultivados na região de Ubatuba-SP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 1124-1129, 2006.

GALVÃO, J.A.; OETTERER, M.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; GOUVÊA-BARROS, S.; HILLER, S.; ERLER, K.; LUCKAS, B.; PINTO, E.; KUJBIDA, P. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. **Toxicon**, Oxford, v. 54, p. 891-894, 2009.

GALVÃO, J.A.; MARGEIRSSON, S.; GARATE, C.; VIÐARSSON, J.R.; OETTERER, M. Traceability system in *cod fishing*. **Food Control**, Guildford, v. 21, p. 1360-1366, 2010.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S.; OLIVEIRA, C.A.F. Aspectos da qualidade do pescado de relevância em saúde pública. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 53, p. 30-37, 1998.

GOLTERMAN, H.L. Chemistry. In: WHITTON, B.A. (Ed.). **River ecology**. London: Blackwell, 1975. p. 39-80.

GOULDING, I.C.; PORTO, M.O. **Manual/guia para a execução da inspeção sanitária do pescado como matéria-prima e de produtos de pescado como alimentos para consumo humano**. Bruxelles, Belgica: Secretariado do Grupo de Estados ACP, 2006. 198 p.

GRAM, L.; HUSS, H.H. Microbiological spoilage of fish and fish products. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 121-137, 1996.

GUILHERME, E.F.M.; SILVA, J.A.M.da; OTTO, S.S. *Pseudomonas aureginosa*, como indicador de contaminação hídrica. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 14, n. 76, p. 43-47, 2000.

GURGEL, J.J.S.; FREITAS, J.V.F. Sobre a composição química de doze espécies de peixes de valor comercial dos açudes do Nordeste brasileiro. **Boletim Técnico do DNOCS**, Recife, v. 30, n. 1, p. 45-57, 1972.

HAARD, N.F. Composition and nutritive value of fish proteins and other nitrogen compounds. In: RUITER, A. **Fish and fishery products: composition, nutritive properties and stability**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 77-115.

HANDY, R.D. Intermittent exposure to aquatic pollutants: assessment, toxicity and sublethal responses in fish and invertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part C**, New York, v. 107, n. 2, p. 171-184, 1994.

HERNANDEZ, M.R.P. **Study of the quality management system and product traceability in a fish processing company**. Final Project 2001. Reykjavik, Iceland. United Nations University, Fisheries Training Programme, 2001. Disponível em: <http://www.unuftp.is/proj01/MariaRitaPRF.pdf>. Acesso em: 30 set. 2007.

HINTLIAN, C.B.; HOTCHKISS, J.H. The safety of modified atmosphere packaging: a review. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 40, n. 12, p. 70-76, 1986.

HSU, Y.; CHEN, A.P.; WANG, C. A RFID-enabled traceability system for the supply chain of live fish. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION AND LOGISTICS – ICAL 2008, Qingdao, China. **Proceedings...** Qingdao, China: IEEE, 2008. p. 81-86.

HUMPAGE, A. Toxin types, toxicokinetics and toxicodynamics. **Advances in Experimental Medicine and Biology**. New York, v. 619, p. 383-415, 2008.

HUSS, H.H. **El pescado fresco**: su calidad y cambios de calidad. Roma: FAO, 1988. 131 p.

HUSS, H.H.; REILLY, A.; EMBAREK, P.K.B. Prevention and control of hazards in seafood. **Food Control**, Guildford, v. 11, p. 149-156, 2000.

IBA, S.K.; BRABET, C.; OLIVEIRA, I.O.; PALLET, D. **Um panorama da rastreabilidade dos produtos agropecuários do Brasil destinados à exportação** - carnes, soja e frutas. Projeto ProsPER1. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003.

IBELINGS, B.W.; CHORUS, I. Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater "seafood" and its consequences for public health: A review. **Environmental Pollution**, London, v. 150, p. 177-192, 2007.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS. Pescados y productos derivado. In: \_\_\_\_\_. **Microorganismos de los alimentos**: ecología microbiana de los productos alimentarios. Zaragoza: Acribia, 1998. p. 121-166.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANISATION – ISO. **ISO 8402:1994** - Quality management and quality assurance - Vocabulary. Geneva, 2004. Disponível em: [http://www.cenorm.be/standardization/tech\\_bodies/workshop/otherthanict/ws8.htm](http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/workshop/otherthanict/ws8.htm)

JENT, S.; HEING, J.S.; TATE, C.M. **Concentration, distribution and composition of selected trace elements in bed sediment and fish tissue in the South Platte River Basin, USA, 1992–1993**. Program Report. Reston: VA, USGS, National Water-Quality Assessment (NWQA), 1998.

JOCHIMSEN, E.M.; CARMICHAEL, W.W.; AN, J.; CARDO, D.M.; COOKSON, S.T.; HOLMES, C.E.M.; ANTUNES, M.B.C.; LYRA, T.M.; BARRETO, V.S.T.; AZEVEDO, S.M.F.O.; JARVIS, W.R. Liver failure and death after exposure to microcystins at a haemodialysis center in Brazil. **New England Journal of Medicine**, Waltham, v. 338, n. 13, p. 873-878, 1998.

JORY, D.E.; ALCESTE, C.; CABRERA, T.R. Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norteamérica. **Panorama Acuícola**, México, DF, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.

KALFAKAKOUR, V.; AKRIDA-DMERTZI, K. **Transfer factors of heavy metals in aquatic organisms of different trophic levels**. Athens, Greece: Biopolitics International Organization, 2000. p. 768–778. (Publications, 1).

KITAHARA, S.E.; OKADA, I.A.; SAKUMA, A.M.; ZENEBON, O.; JESUS, R.S.; TENUTA-FILHO, A. Mercúrio total em pescado de água-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 267-273, 2000.

KOCK, G.; HOFER, R.; WOGRATH, S. Accumulation of trace metals (Cd, Pb, Cu, and Zn) in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from oligotrophic Alpine lakes: relation to alkalinity. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, Ottawa, v. 52, p. 2367–2376, 1995.

KUIPER-GOODMAN, T.; FALCONER, I.; FITZGERALD, J. Human health aspects. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Ed.). **Toxic cyanobacteria in water: a guide line to public health significance, monitoring and management**. Geneva: WHO, 1999. p. 113-154.

LACERDA, B.F.C.; LAGE FILHO, F.A. Contribuição para a avaliação de parâmetros de qualidade do reservatório do Guarapiranga. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. BT/PHD, São Paulo, v. 119, p. 1-16, 2003.

LAPA-GUIMARÃES, J.; CONTRERAS GUZMAN, E.S.C.; FELICIO, P.E. Chemical and microbial analyses of squid muscle (*Loligo plei*) during storage in ice. **Food Chemistry**. Barking, v. 81, p. 487-493, 2005.

LEGISLACIÓN SOBRE TRAZABILIDAD. Disponível em: <http://www.aecoc.es/web/codificacion.nsf/0/5DE4AF0AE3FA6CE5C1256F2E0050988B?OpenDocument>. Acesso em: 8 out. 2005.

LING, X.P.; ZHU, J.Y.; HUANG, L.; HUANG, H.Q. Proteomic changes in response to acute cadmium toxicity in gill tissue of *Paralichthys olivaceus*. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, Amsterdam, v. 27, p. 212-128, 2009.

LISTON, J. Recent advances in the chemistry of iced fish spoilage. In: MARTIN, R.E. **Chemistry and biochemistry of marine food products**. Westport: AVI, 1982. p. 27-37.

LISTON, J.; STANSBY, M.E.; OLCOTT, H.J. Bacteriological and chemical basis for deteriorative changes. In: STANSBY, M.E. **Industrial fishery technology: a survey of methods for domestic harvesting, preservation, and processing of fish used for food and for industrial products**. New York: Reinhold, 1963. p. 350-361.

LIU, J. **Investigation on traceability of fish products in Iceland** – A traceability study for fish processing industry in China. Final Project. Reykjavik, Iceland: United Nations University, Fisheries Training Programme, 2005. 56 p.

LOUREIRO, M.L.; MCCLUSKEY, J.J. Assessing consumer response to protected geographical identification labeling. **Agribusiness**, New York, v. 16, n. 3, p. 309–320, 2000.

LOVSHIN, L.L. Tilapia farming: a growing worldwide aquaculture industry. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...** Campinas: CBNA, 1997. p. 137-164.

MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. **Toxicon**, Oxford, v. 39, p. 1077-1085, 2000.

MARENGONI, N.G.; POSSAMAI, M.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; OLIVEIRA, A.A.M.A. Performances e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia do nilo em hapas. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2008.

MARTIN, R.E.; GRAY, R.J.H.; PIERSON, M.O. Quality assessment of fresh fish and the role of the naturally occurring microflora. **Food Technology**, Chicago, v. 32, n. 5, p. 188-198, 1978.

MASSER, M.P.; CICHRA, E.; GILBERT, R.J. Fee-fishing ponds: management of food fish and water quality. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, 1993. 8 p. (SRAC Publication, 480).

MOLICA, R.J.R.; ONODERA, H.; GARCÍA, C.; RIVAS, M.; ANDRINOLO, D.; NASCIMENTO, S.M.; MEGURO, H.; OSHIRA, Y.; AZEVEDO, S.M.F.O.; LAGOS, N. Toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (*Cyanophyceae*) isolated from Tabocas reservoir in Caruaru, Brazil, including demonstration of a new saxitoxin analogue. **Phycologia**, Berkeley, v. 41, n. 6, p. 606-611, 2002.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE; Orstom; Tapi, 1992. 523 p.

MORGANO, M.A.; GOMES, P.C.; MANTOVANI, D.M.B.; PERRONE, A.A.M.; SANTOS, T.F. dos. Níveis de mercúrio total em peixes de água doce de pisciculturas paulistas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 250-253, 2005.

MORRISEY, M.T. Sustainability. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, Binghamton, v. 13, n. 4, p. 1-3, 2004.

MUJICA, P.Y.C. Dinâmica operacional da auditoria nas indústrias de pescado. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DO PESCADO – SIMCOPE, 2., 2006, Santos, SP. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppeca/IIsimcope/palestra\_pedro\_ysmael>.

NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS. Microbiological criteria for raw molluscan shellfish. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 55, n. 6, p. 463-480, 1992.

OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 200 p.

OETTERER, M.; GALVÃO, J.A. **Rastreabilidade da cadeia produtiva de pescado cultivado – tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Projeto MCT/FINEP, Aqüicultura – Ação transversal 12/2005. Brasília, 2005. 22 p.

PAERL, H.W.; TUCKER, C.S. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 26, n. 2, p. 109-131, 1995.

PALADINE, E.P. **Gestão da Qualidade no Processo**: A qualidade na produção de bens e serviços. São Paulo, Editora Atlas, 1995, 286 p.

PELCZAR, M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. Microbiologia das águas naturais, potáveis e dos esgotos. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Microbiologia**: conceitos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1997. v. 2, p. 337-370.

PELLEGRINI, F.T.; GALHARDI, M.G.; CASTRO, R.L.G. **Rastreabilidade de insumos e produtos para empresas de alimentos**. Manual – Série Qualidade. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996. 22 p.

PEREIRA, G.P.C.; PEQUITO, M.M.A.; COSTA, P.C.R.C. **O impacto do incremento das cianobactérias como indicador de toxicidade**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 1999. Disponível em: [www.fmv.utl.pt/democ/sht/sem9899/G005.htm](http://www.fmv.utl.pt/democ/sht/sem9899/G005.htm). Acesso em: 18 set. 2003.

PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água – uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

PEREIRA, P.; DIAS, E.; FRANCA, S.; PEREIRA, E.; CAROLINO, M.; VASCONCELOS, V. Accumulation and depuration of cyanobacterial paralytic shellfish toxins by the freshwater mussel *Anodonta cygnea*. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 68, p. 339-350, 2004.

PIAI, K.A.; FERREIRA, P.C.; TREVILATO, T.M.B.; SEGURA-MUÑOZ, S.I. Análise dos níveis de metais em água subterrânea coletada à montante e jusante do aterro sanitário de Ribeirão Preto, Brasil. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 20, p. 131-138, 2006.

PIEDRAHITA, R.H. Reducing of environment impacts of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 226, p. 35-44, 2003.

PILOTTO, L.S.; DOUGLAS, R.M.; BURCH, M.D.; CAMERON, S.; BEERS, M.; ROUCH, G.R.; ROBINSON, P.; KIRK, M.; COWIE, C.T.; HARDIMAN, S.; MOORE, C.; ATTEWELL, R.G. Health effects of recreational exposure to cyanobacteria (blue-green algae) during recreational water-related activities. **Australian and New Zealand Journal of Public Health**, Canberra, v. 21, p. 562-566, 1997.

PLOEG, M.V.D.; BODY, C.E. Geosmin production by cyanobacteria (blue-green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, Auburn, v. 22, p. 207-216, 1992.

PRIETO, A.I.; JOS, A.; PICHARDO, S.; MORENO, I.; CAMEÁN, A.M. Differential oxidative stress responses to microcystins LR and RR in intraperitoneally exposed tilapia fish (*Oreochromis* sp.). **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 77, p. 314-321, 2006.

QUEIROZ, A.T.A.; RODRIGUES, C.R.; ALVEZ, G.G.; KAKISAKA, L.T. Boas práticas de fabricação em restaurantes *self-service* a quilo. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 14, n. 78/79, p. 45-49, 2000.

RANDRUP, M.; STOROY, J.; LIEVONEN, S.; MARGEIRSSON, S.; ARNASON, V.; OLSVSSTOVU, D.; MOLLER, S.F.; FREDERIKSEN, M.T. Simulated recalls of fish products in five Nordic countries. **Food Control**, Guildford, v. 19, p. 1064–1069, 2008.

RASHED, M.N. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. **Environment International**, Oxford, v. 27, p. 27–33, 2001.

REGATTIERI, A.; GAMBERI, M.; MANZINI, R. Traceability of food products: General framework and experimental evidence. **Journal of Food Engineering**, London, v. 81, p. 347–356, 2007.

ROOSEN J.; LUSK J.L.; FOX J.A. Consumer demand for and attitudes toward alternative beef labeling strategies in France, Germany and the UK. **Agribusiness**, New York, v. 19, n. 1, p. 77–90, 2003.

ROSS, B.; ROSS, L.G. The oxygen requirements of *Oreochromis niloticus* under adverse conditions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 1983, Tel Aviv, Israel. **Proceedings...** Tel Aviv, Israel: Tel Aviv University, 1983. p. 134-143.

RUIVO, U.E. O plano HACCP na indústria pesqueira brasileira. **Engenharia de Alimentos**, São Paulo, v. 4, n. 19, p. 28-30, 1998.

RUIZ-GARCIA, L.; STEINBERGER, G.; ROTHMUND, M. A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain. **Food Control**, Guildford, v. 21, p. 112–121, 2010.

SALVADOR, R.; MULLER, E.E.; LEONHARDT, J.H.; PRETTO-GIORDANO, L.G.; DIAS, J.A.; FREITAS, J.C.; MORENO, A.M. Isolamento de *Streptococcus* spp de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água de tanques rede na Região Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2003.

SAMPAIO, J.M.C.; BRAGA, L.G.T. Cultivo de tilápia em tanques-rede na barragem do Ribeirão de Saloméa – Floresta Azul – Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 6, n. 2, p. 42-52, 2005.

SAMSUR, M.; YAMAGUCHI, Y.; SAGARA, T.; TAKATANI, T.; ARAKAWA, O.; NOGUCHI, T. Accumulation and depuration profiles of PSP toxins in the short-necked clam *Tapes japonica* fed with the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*. **Toxicon**, Oxford, v. 48, p. 323-330, 2006.

SAVAY-DA-SILVA, L.K. **Desenvolvimento do produto de conveniência: tilápia (*Oreochromis niloticus*) refrigerada minimamente processada embalada à vácuo – padronização para a rastreabilidade.** 2009. 324 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SCHRADER, D.; REGT, M.Q.; TIDWELL, P.D.; TUCKER, C.S.; DUKE, S.O. Compounds with selective toxicity towards the *off flavour* metabolit-producing cyanobacterium *Oscillatoria chalybea*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 163, p. 85-99, 1998.

SENNESET, G.; FORAS, E.; FREMME, K. Challenges regarding implementation of electronic chain traceability. **British Food Journal**, London, v. 109, n. 10, p. 805-818, 2007.

SHEWAN, J.M. The bacteriology of fresh and spoiling fish and biochemical changes induced by bacterial action. In: CONFERENCE ON HANDLING, PROCESSING AND MARKETING OF TROPICAL FISH, 1977, London, UK. **Proceedings...** London: Tropical Products Institute, 1977. p. 51-66.

SILVA, N.; CANTUSIO NETO, R.; JUNQUEIRA, V.C.A. **Manual de métodos de análises microbiológicas da água.** Campinas: ITAL, 2000. 99 p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S. dos; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. 552 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Influência da luz, manejo e tempo de residência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura. **Biotemas**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 61-71, 1995.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ALVARES, E.J.S.; BRAGA, F.M.S. Water quality and zooplankton in tanks with larvae of *Brycon orbygnianus* (Valenciennes, 1949). **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 68, n. 1, p. 77-86, 2008.

SIVONEN, K. Cyanobacterial toxins and toxin production. **Phycologia**, Berkeley, v. 35, p. 12-24, 1996. Supplement 6.

SREENIVASAR, R.A. Distribuição of pesticides PAHs and heavy metals in prawn ponds near Kollem lake wetland, India. **Enviornment International**, New York, v. 32, p. 294-302, 2006.

STICKNEY, R.R. **Aquaculture**: An introductory text. Wallingford: CABI Publishing, 2005. 256 p.

THOMPSON, M.; SYLVIA, G.; MORRISSEY, M.T. Seafood traceability in the U.S. In: ANNUAL MEETING OF THE INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 2003, Chicago. p. 12-18.

THOMPSON, M.; SYLVIA, G.; MORISSEY, M.T. Seafood traceability in the United States: current trends, system design, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 1, p. 1-7, 2005.

TORLONI, C.E.C.; BRAGA, J.T.; REIS, M.A.G.; ANDRADE, M.O. Eliminação do sabor e do odor desagradáveis em tilápias do nilo (*Sarotherodon niloticus*) pelo processo de depuração. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 657-663, 1983.

TORRES, R. Inspeção do pescado: reflexo da busca pela qualidade. **Aqüicultura e Pesca**, Brasília, DF, v. 1, n. 4, out. 2004.

TUCKER, C.S.; MARTIN, J.F. Environmental related off-flavors in fish. In: TOMASO, J.R.; BRUNE, D. (Ed.). **Water quality in aquaculture**. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 1991. cap. 2, p. 133-179. (World Aquaculture Books).

TUCKER, C.S.; PLOEG, M. van der. Managing *off flavor* problems in pond-raised catfish. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, 1999. 7 p. (SRAC Publication, 192).

TURNER, P.C.; GAMMIE, A.J.; HOLLINRAKE, K.; CODD, G.A. Pneumonia associated with cyanobacteria. **British Medical Journal**, London, v. 300, p. 1440-1441, 1990.

UMBERGER, W.J.; FEUZ, D.M.; CALKINS, C.R.; SITZ, B.M. Country-of-origin labeling of beef products: U.S. consumers' perceptions. In: FAMPS CONFERENCE, 2003, Washington, DC. Disponível em: [http://www.competitivemarkets.com/whats\\_new/2003/4-7.pdf](http://www.competitivemarkets.com/whats_new/2003/4-7.pdf). Acesso em: 9 nov. 2007.

VAN APELDOORN, M.E.; VAN EDMOND, H.P.; SPEIJERS, G.J.A.; BAKKER, G.J.I. Toxins of cyanobacteria. **Molecular Nutrition & Food Research**, New York, v. 51, p. 7-60, 2007.

VANNUCCINI, S. El enfoque del nuevo mercado de tilapia; en el mundo Occidental. **Panorama Acuícola**, México, DF, v. 4, n. 3, p. 22-25, 1999.

VAZ, J.O.; PARREIRA, W.B. **A tilápia**. São Paulo: Departamento de Produção Animal, 1999. 12 p.

VIEIRA, R.H.S.F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado**: teoria e prática. São Paulo: Varela, 2003. 380 p.

WARD, D.R. Microbiological quality of fishery products. In: MARTIN, A.M. (Ed.). **Fisheries processing, biotechnological application**. London: Chapman and Hall, 1994. cap. 1, p. 1-17.

WESSELLS, C.R.; JOHNSTON, R.J.; DONATH, H. Assessing consumer preference for ecolabeled seafood: the influence of species, certifier, and household attributes. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 81, n. 5, p. 1084–1093, 1999.

YUNES, J.S.; CUNHA, N.T. da; PROENCA, L.A.O.; BARROS, L.P.C.; MONSERRAT, J.M. Cyanobacterial neurotoxins from southern Brazilian freshwaters. **Comments on Toxicology**, London, v. 9, p. 103-115, 2003.

## 2 Sistema de rastreabilidade no controle de qualidade do *cod fish* (*Gadus mohua*)\*

### Resumo

O objetivo desta pesquisa foi sinalizar alguns parâmetros inerentes à pesca extrativa do *Cod fish* islandês, e relacioná-los com a qualidade da matéria-prima, utilizando o sistema de rastreabilidade como ferramenta de estudo para, posteriormente, disponibilizar o conhecimento e técnicas utilizadas na Islândia ao setor pesqueiro brasileiro. Primeiramente, procedeu-se à coleta de dados, por meio de viagens a quatro locais de captura durante o outono de 2007. Aleatoriamente, os 30 primeiros *cod fish* capturados em cada viagem, foram utilizados para as análises de regressão, no intuito de estabelecer ligação entre os parâmetros estudados. As análises mostraram que há correlação entre o número de parasitas (nematóides) nos filés e a área de pesca. A área de pesca e capacidade do equipamento pesqueiro podem também influenciar na presença de defeitos físicos (*gaping*). Outra variável importante para a indústria processadora, o rendimento em filés, é influenciado também pela área de pesca. A existência do sistema de rastreabilidade na Islândia permitiu o acompanhamento do pescado da sua origem ao processamento. Através deste estudo foi possível estabelecer algumas recomendações a serem absorvidas pelas autoridades governamentais brasileiras, principalmente no intuito de revisar a legislação do setor pesqueiro, visando obter subsídios para implementação eficaz de um sistema de rastreabilidade, e que este possa ser colocado em prática na busca de uma matéria-prima de melhor qualidade.

Palavras-chave: Controle de qualidade. Rastreabilidade. *Cod fish*. Captura. Defeitos físicos.

### Abstract

The objective of this research was, to examine how various factors in Icelandic *cod fishing* can influence the quality of the raw material, using traceability systems to link these quality factors with a plausible cause. This work aims to transfer that knowledge and the techniques used in Iceland to the Brazilian seafood industry. The first part involved collecting data on four separate fishing trips in the autumn of 2007. Thirty randomly selected cods were measured onboard each of these fishing trips and then traced throughout the production chain. Afterwards, the data were analyzed using regression analysis to find a functional relationship between various quality factors. The analysis showed that there is a correlation between the number of parasites (nematodes) in the fillets and location of the fishing ground. It also showed that fishing ground and volume in haul can influence *gaping*, and that fillet yield differs between fishing grounds. These conclusions could only be drawn because of the ability to trace the fish from catch and all the way through processing. Recommendations drawn from this research to the Brazilian competent authority are to revise the Brazilian country's fisheries legislation in order to enable the implementation of a traceability system that could be used as a tool to improve the quality of the raw material.

Keywords: Quality control. Traceability. *Cod fish*. Catch.

\*Publicados em: Galvão, J. A. ; Margeirsson, S. ; Garate, C. ; Viðarsson, J. R. ; Oetterer, M. . Traceability system in cod fishing. Food Control, v. 21, p. 1360-1366, 2010.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A costa marítima brasileira tem 8500 km de extensão. A reserva de água doce do país, correspondente a 5.500.000 hectares, representa 12% do total mundial de água doce (BRASIL-SEAP, 2003). A produção brasileira de pescado em 2009 apresentou-se em torno de 1 milhão de t sendo, 680 mil t provenientes da pesca e 320 mil t da aquicultura. (BRASIL-SEAP, 2007<sub>b</sub>). Há potencial para o incremento da produção de pescado brasileiro, no quesito quantidade e qualidade, no mercado interno e externo. Para implantar um sistema de rastreabilidade, o setor pesqueiro brasileiro necessita adotar metodologias adequadas e eficientes de controle de qualidade e que armazenem dados de todos os elos da cadeia produtiva, desde a captura até a chegada do produto ao consumidor.

Rastreabilidade é a habilidade de localizar uma matéria-prima ou um produto no seu trajeto pela cadeia produtiva e de distribuição, através de informações disponíveis armazenadas em um banco de dados (ISO, 1994).

A indústria pesqueira é um setor comercial onde a rastreabilidade tem se tornado uma necessidade (BORRESEN, 2003). No sistema comercial globalizado, a falta de padrões internacionais tem dificultado a identificação da origem e a disponibilidade do histórico dos produtos provenientes do setor pesqueiro (THOMPSON et al., 2003).

A implantação de sistemas de rastreabilidade pode trazer grandes benefícios à indústria pesqueira. Dickinson e Bailey (2002) sugerem que a rastreabilidade poderia tornar-se uma valiosa *commodity*, especialmente no que se refere à segurança do alimento.

Os sistemas de rastreabilidade tem confiado credibilidade às indústrias, pela habilidade que o sistema possui de informar e, de certa forma, estabelecer garantias à indústria no que tange aos fornecedores, reduzindo desta forma a responsabilidade da indústria em situações de doenças veiculadas por alimentos, justamente pelo fato de ser possível rastrear informações em todos os elos da cadeia (GLEDHILL, 2002).

Através da garantia de atributos favoráveis, produtores de pescado podem firmar-se quanto a qualidade de seus produtos dentro da cadeia produtiva, (UNNEVEHR et al., 1999) agregando, desta forma, valor a seus produtos, uma vez que há consumidores dispostos a pagar por este serviço (BAILEY et al., 2002). Na ausência de legislação, no que tange à rastreabilidade dentro do território nacional, a implementação ou não de sistemas desta natureza dependerá da necessidade individual de cada empresa e das vantagens que podem ser adquiridas em relação ao custo (THOMPSON et al., 2005).

Uma das principais vantagens de um sistema de rastreabilidade é a habilidade para relacionar vários fatores responsáveis pela qualidade de um produto (GADARSSON, 2007). Na indústria pesqueira, foi constatado que a qualidade do produto final depende de variáveis como o local da pesca, estação do ano, idade e maturidade sexual do pescado, defeitos físicos, parasitas e hematomas, entre outros. Ao longo dos últimos anos, cientistas islandeses têm trabalhado com sistemas de rastreabilidade no intuito de prever qual a melhor área de pesca, uma vez que há uma ligação direta entre os vários fatores que conferem a qualidade aos filés de *cod fish*, inclusive a área escolhida para a pesca (GUDMUNDSSON et al., 2006; MARGEIRSSON et al., 2007).

A Islândia é produtora e exportadora de pescado, sendo esta atividade, a mais importante da economia do país. Em 2004, o setor pesqueiro contribuiu para 8,1% do PIB – Produto Interno Bruto, empregando 6,7% da população, e gerando valores responsáveis por 60% do total exportado (ICELANDIC MINISTRY OF FISHERIES, 2004).

O *Cod fish* é capturado em águas islandesas durante o ano todo, principalmente na região sudeste da costa (ICELANDIC MINISTRY OF FISHERIES, 2007). O *cod fish* do Atlântico (*Gadus mohua*) é o mais importante recurso marinho islandês. Em 2002, o *cod fish* foi responsável por 38% do total, em valor, de produtos de pescado exportados pela Islândia (ICELAND TRADE DIRECTORY, 2003). Em 2004, os produtos de *cod fish* representaram 40,3%, em valor, quanto aos produtos islandeses exportados, sendo que a totalidade do *cod fish* capturado é exportada (ICELANDIC MINISTRY OF FISHERIES, 2004).

Estabelecer parâmetros de qualidade a partir da pesca até o processamento é importante para garantir qualidade ao pescado como matéria-prima para a indústria; a pesca é o primeiro e o mais importante elo de uma cadeia produtiva que esteja sendo rastreada. Depois do abate, evisceração, lavagem e mensuração, o pescado é colocado em recipiente com gelo, o qual é etiquetado, permitindo armazenar informações detalhadas como, por exemplo, a capacidade do maquinário empregado na pesca e o volume capturado, data e área da pesca, entre outras informações. Estas informações são a chave para elaborar o histórico deste alimento, desde a pesca até o processamento e devem colaborar para melhorar o rendimento e a qualidade do produto. Estas informações são valiosas para a indústria pesqueira, pois são um indicativo de quais parâmetros vão influenciar na qualidade do produto.

O objetivo principal desta pesquisa foi contribuir com o controle de qualidade do *cod fish* em águas islandesas usando sistema de rastreabilidade como uma ferramenta para melhorar a qualidade da matéria-prima.

Os objetivos específicos estabelecidos para este projeto foram:

- Estudar a ligação de sistemas de rastreabilidade com o controle de qualidade em pescado proveniente da pesca, observando o sinergismo entre eles;
- Observar como alguns fatores podem interferir na qualidade da matéria-prima com o intuito de dispor estas informações aos produtores como forma de ganhar em aspectos de qualidade e rendimento;
- Sugerir que o controle de qualidade para o setor pesqueiro brasileiro seja feito de forma adequada, através da implantação de sistemas de rastreabilidade que melhorem a qualidade da matéria-prima utilizada nas empresas de processamento.

Em 2003, foi criada pelo governo brasileiro, a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, através da Lei nº 10.683, com o objetivo de prover suporte ao desenvolvimento de todas as áreas do setor pesqueiro. A transformação da referida secretaria em ministério se deu pela lei nº 11.958 de 26 de junho de 2009 (BRASIL-SEAP, 2010). Assim, atualmente existem metas governamentais que visam a qualidade do recurso pesqueiro uma vez que o setor carece de programas que tenham o intuito de qualificar produtos de pescado, tanto para importação como para exportação.

Este projeto pode ser adaptado para ser aplicado ao setor pesqueiro brasileiro, o qual, em quase sua totalidade, não apresenta controle de qualidade a bordo, a partir das embarcações pesqueiras, sendo que os pescadores brasileiros estão, na sua maioria, classificados como artesanais, operando embarcações pequenas, com limitações quanto à capacitação e conseqüente falta de controle de qualidade na captura.

Há falta de informações quanto a origem do pescado capturado dificultando o controle de qualidade que deveria ser implementado imediatamente depois da captura. Órgãos governamentais que deveriam conduzir o serviço de inspeção, muitas vezes possuem informações limitadas quanto à captura e processamento.

Assim, este projeto pretende demonstrar a importância da inclusão da rastreabilidade, como pré-requisito em cada estágio da cadeia produtiva, no intuito de dispor uma ferramenta em prol da qualidade dos produtos pesqueiros brasileiros.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Expedições para coleta

A coleta de dados foi realizada em quatro viagens realizadas em embarcações de 430 t de capacidade, utilizando como maquinário de pesca o *bottom trawler*. A primeira coleta foi realizada a nordeste da costa islandesa, no mês de agosto, utilizando a embarcação Sturlaugur H. Böðvarsson AK. A segunda, a sudeste da costa islandesa, no mes de setembro, utilizando a mesma embarcação da primeira coleta. A terceira, a nordeste da costa islandesa, no mês de outubro, utilizou a embarcação Bjarni Sæmundsson RE do *Marine Research Institute* (MRI). A quarta, a oeste da costa islandesa, no mês de dezembro, utilizou a embarcação Hringur SH.

A coleta de dados foi feita em colaboração com Matís ofh.- Icelandic Food and Biothec R ; D, Marine Research Institute, Diretoria da Pesca e as indústrias pesqueiras HB Grandi hf e Gudmundur Runolfsson hf (Tabela 2.1; Figuras 2.1 e 2.2).

Tabela 2.1 Dados coletados na captura do *cod fish* islandês

<b>Datas</b>	<b>Embarcação</b>	<b>Maquinário pesqueiro</b>	<b>Localização (square n<sup>o</sup>)</b>	<b>Localização (GPS-início)</b>	<b>Localização (GPS-final)</b>	<b>Horário de início da pesca (h)</b>	<b>Horário de finalização da pesca (h)</b>	<b>Tempo dispendido na pesca (min)</b>	<b>Volume de peixes capturados (kg)</b>
6.8.2007	Sturlaugur H. Böðvarsson	<i>Bottom Trawl</i>	624 – 674 (exp*. 1)	66° 30’/ 25° 18’	66° 37’/ 24°48’	04:12	07:00	168	6600
24.9.2007	Sturlaugur H. Böðvarsson	<i>Bottom Trawl</i>	324 (exp. 2)	63° 14’/ 24° 05’	63° 14’/ 24° 15’	12:45	17:55	310	3300
19.10.2007	Bjarni Sæmundsson	<i>Bottom Trawl</i>	673 – 674 (exp. 3)	66° 51’/ 24° 37’	67° 00’/ 23° 58’	03:37	04:22	45	- **
			673 – 674 (exp. 3)	66° 53’/ 24° 31’	67° 02’/ 23° 54’	05:52	06:37	45	-**
6.12.2007	Hringur	<i>Bottom Trawl</i>	524 (exp 4)	65° 23’/ 24° 58’	65° 18’/ 24° 43’	03:50	06:00	130	500

\* exp = expedição

\*\* Volume de captura não mensurado



Sturlaugur H. Böðvarsson AK



Bjarni Sæmundsson RE



Hringur SH

Figura 2.1 Embarcações utilizadas para coleta de dados (SKIP, 2009)



- Coleta 1  
(Agosto/07)
- Coleta 2  
(Setembro/07)
- Coleta 3  
(Outubro/07)
- Coleta 4  
(Dezembro/07)

Fonte: Marine Research Institute – MRI (IMF, 2004)

Figura 2.2 Localização dos pontos de coleta – Ilustração do mapa islandês e respectivas áreas de pesca

### 2.2.2 Coleta e identificação na embarcação

A coleta de dados foi realizada com os primeiros 30 espécimens capturados, de forma aleatória. Cada peixe foi marcado com um identificador - ID (Figura 2.3), o comprimento foi mensurado em cm, foram realizadas pesagens do peixe inteiro e eviscerado e o estágio de maturidade foi estimado, macroscopicamente, utilizando padrão estabelecido por Powels (1958), a saber: nível 1 – imaturo, nível 2 – maduro sexualmente, nível 3 – em período de reprodução e nível 4 – pós período de reprodução.

Os peixes foram estocados em recipientes de plástico e mantidos em gelo e câmara fria (-1°C) até a chegada na planta de processamento (Figura 2.4)



Figura 2.3 *Cod fish* marcado individualmente com o ID



Figura 2.4 *Cod fish* estocados em gelo e câmara fria

### 2.3.3 Aferição dos parâmetros: peso, parasitas e *gaping* (defeitos físicos)

Os peixes capturados chegaram à indústria para serem processados após 4 dias de captura. Foram aferidos os seguintes parâmetros: peso do peixe inteiro, peso do peixe sem cabeça, peso do filé (sem pele), número de parasitas por filé e *gaping* em filés.

O número de parasitas (nematóides) foi aferido após inspeção visual, utilizando *candling table* (Figura 2.5). Os defeitos quanto à estrutura física dos filés (*gaping*) foram contados utilizando uma folha plástica contendo tabela quadriculada em 4 x 4 cm (Figura 2.6) (MARGEIRSSON et al., 2006).



Figura 2.5 *Candle table* para contagem e retirada de parasitas dos filés na planta de processamento

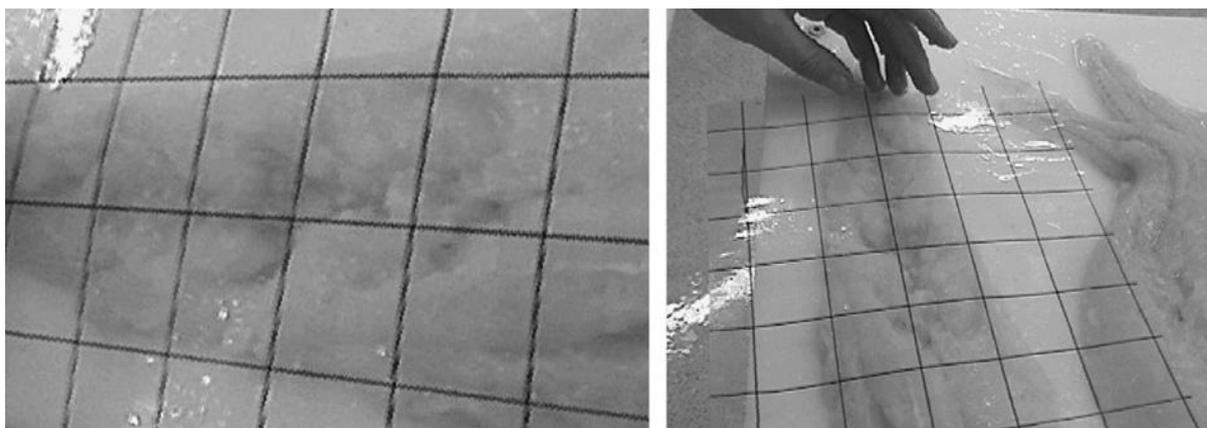


Figura 2.6 Mensuração de defeitos físicos - *gaping*

Fonte: Margeirsson et al. (2006)

#### 2.2.4 Avaliação do rendimento, presença de parasitas, *gaping*, proporção da cabeça e fator de condição

O rendimento foi calculado dividindo o peso dos filés pelo peso do peixe eviscerado e apresentado em porcentagem (%).

A correlação entre o número de parasitas e a incidência de *gaping* foi calculada dividindo o número de parasitas e o volume de *gaping* pelo peso dos filés.

A proporção de cabeça foi calculada, em relação ao peixe inteiro eviscerado e apresentada em porcentagem (%).

O fator de condição, que descreve o estado fisiológico em que o peixe se encontra, foi calculado utilizando o Fator Fulton ou Fator K, onde  $K = 100 (W/L^3)$ , sendo que W = peso total e L = comprimento total (WILLIAMS, 2000).

Os dados foram utilizados nas análises de regressão linear a fim de estudar a correlação entre os parâmetros que, efetivamente, interferem na qualidade da matéria-prima. As variáveis foram comparadas em 95% de limite de confiabilidade. Para as variáveis incidência de defeitos físicos e capacidade do equipamento de pesca foi utilizado também o teste de Tukey, através do programa SAS (2002).

#### 2.2.5 Diagnóstico do setor pesqueiro brasileiro

Através de levantamento bibliográfico foi elaborado diagnóstico do estado da arte da pesca no Brasil, objetivando a posterior transferência da tecnologia islandesa quanto a rastreabilidade, para o setor pesqueiro brasileiro.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Parasitas

A presença de parasitas em filés tem sido um sério problema para a indústria pesqueira por muitas décadas (WOULD et al., 2001) na produção de filés de *cod fish*, pois a operação de limpeza dos filés implica em alto custo e na diminuição do rendimento na produção (DAGBJARTSSON, 1973).

Quanto a incidência de parasitas em diferentes áreas de pesca, nos períodos analisados, não foram encontradas diferenças significativas entre estes parâmetros, exceto para a primeira coleta nas áreas 624 e 674 e para a segunda na área 324, sendo que valores mais altos foram observados na primeira coleta (Figura 2.7).

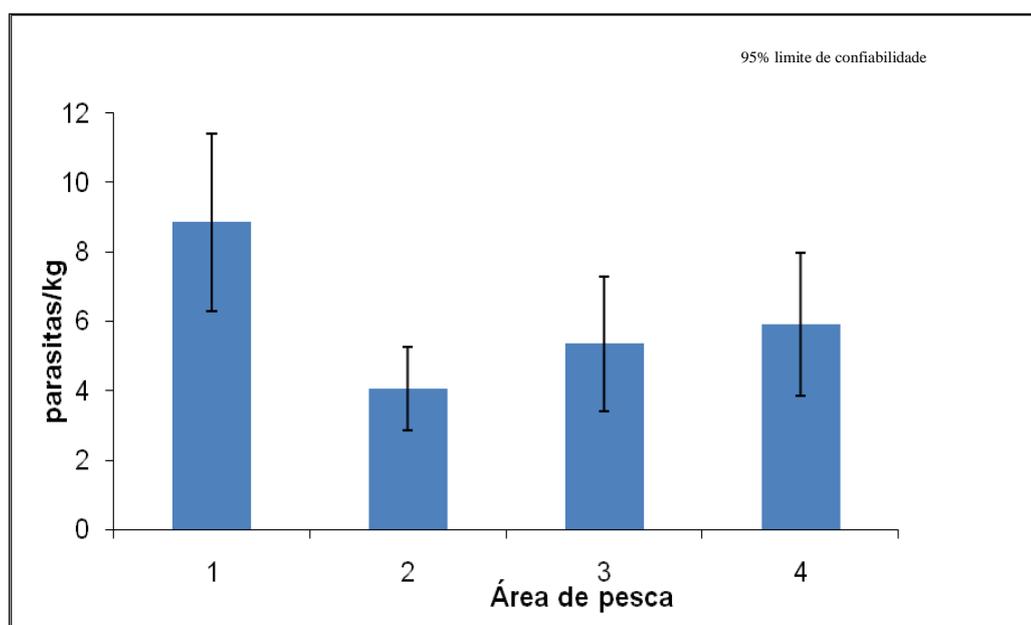


Figura 2.7 Parasitas/kg de pescado provenientes de diferentes áreas de pesca

Gudmundsson *et al.* (2006) estudando a ocorrência de parasitas, em diversas áreas de pesca, classificaram essas áreas de estudo em função da incidência de parasitas, sendo os valores encontrados por esses autores similares aos obtidos nesta pesquisa. Margeirsson *et al.* (2006) encontraram diferença significativa entre as áreas de pesca em relação a incidência de parasitas em *cod fish*.

Na segunda coleta houve menor incidência de parasitas, provavelmente pelo fato de que a área de pesca referente a esta coleta é mais distante da costa e, de acordo com Dagbjartsson (1973) e Margeirsson *et al.* (2007), o número de parasitas geralmente aumenta quanto mais próxima a área de pesca estiver da área costeira.

O Codex Alimentarius permite limites máximos de 5 parasitas/kg de peixe; a presença destes no peixe colocado à venda, no entanto não implica descuido ou práticas inadequadas por parte da indústria (WOOTTEN; CANN, 2001).

Estudando as regiões de pesca em diferentes estações do ano, é possível obter informações sobre a incidência de parasitas em diferentes locais e períodos e,

consequentemente, escolher a melhor área de pesca e estação para realizar a captura. Seguindo recomendações do Marine Research Institute baseados em levantamento de dados dos estoques pesqueiros de *cod fish* que se encontram em declínio, o governo islandês decidiu em julho de 2007 que o TAC (Total Capturado Admissível) para *cod fish*, no ano de 2007 – 2008, deveria ser fixado em 20% da biomassa passível de pesca, diminuindo o total pescado em cerca de 30% (130.000 t) comparado com cerca de 193.000 t capturadas no ano anterior (ICELANDIC MINISTRY OF FISHERIES, 2007).

Alguns autores tem estudado a correlação entre o tamanho do peixe e a incidência de parasitas (BIRGISSON, 1995; WOOTTEN; CANN, 2001; MARGEIRSSON et al., 2007). De maneira geral, peixes grandes possuem maior infestação de parasitas do que peixes pequenos da mesma espécie (WOOTTEN; CANN 2001). Portanto, quanto maior o *cod fish*, provavelmente mais parasitas ele estará apresentando (BIRGISSON, 1995; MARGEIRSSON et al., 2007). Neste quesito, o fator de correlação, embora baixo (\*\* $R^2=5,6\%$ ), foi altamente significativo.

Observou-se a tendência de peixes pequenos apresentarem maior incidência de parasitas, por kg (Figura 2.8). A explicação para tal acontecimento pode ser devido ao fato de que os peixes podem crescer mais rápido do que o crescimento do número de parasitas, ou porque os peixes de maior tamanho (média de 70,4 cm) são provenientes de uma área de pesca específica com menor incidência de parasitas, correspondendo à área da segunda coleta.

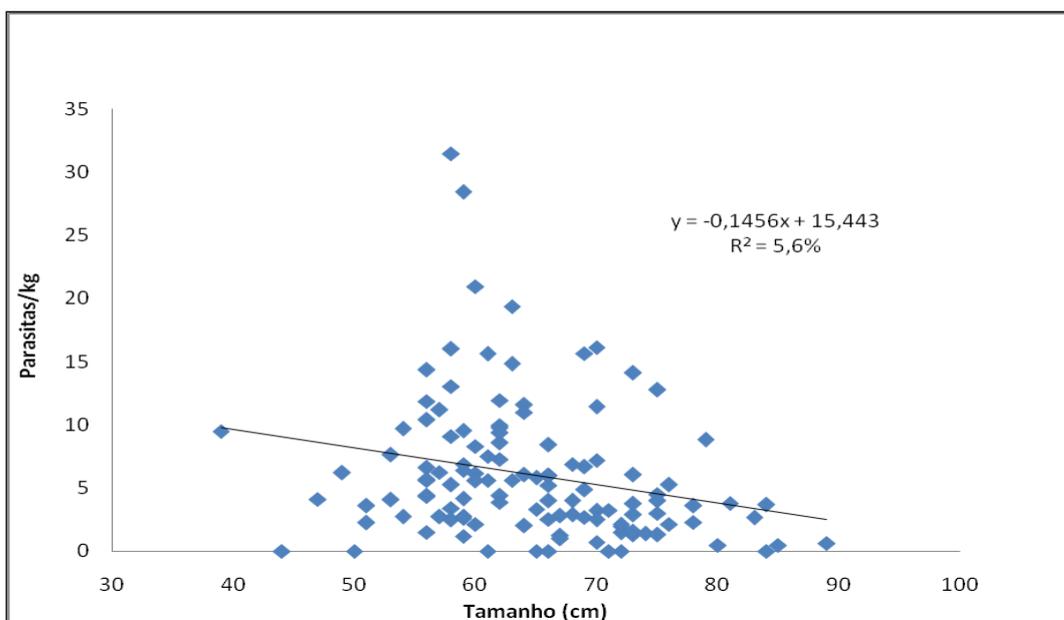


Figura 2.8 Tamanho do peixe (cm) e incidência de parasitas/kg em diferentes áreas de pesca

A incidência de parasitas foi inversamente proporcional ao estágio de maturidade sexual (Figura 2.9). Isto pode ser explicado pelo fato de que todas as amostras provenientes da coleta 1 possuíam estágio de maturidade nível 1 (Figura 2.10). Esta área de pesca teve a maior ocorrência de parasitas em comparação às demais áreas estudadas. Os resultados apresentaram diferença significativa entre os níveis de maturidade sexual 1 e 4.

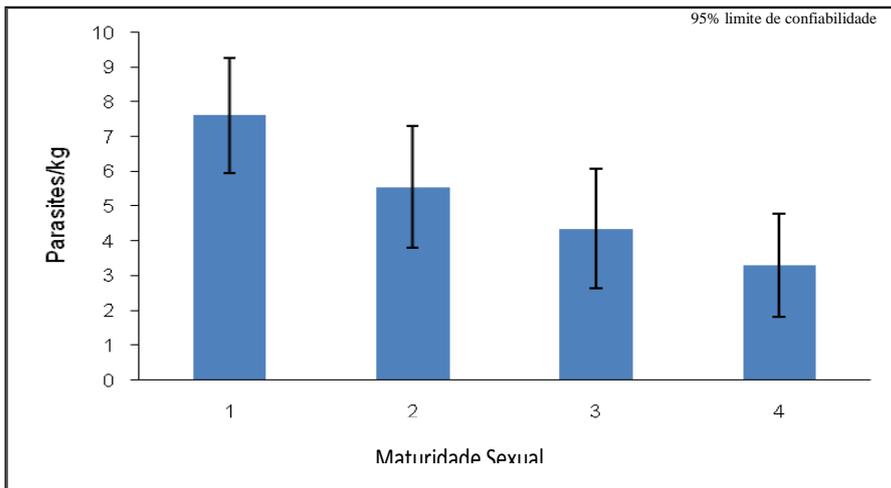


Figure 2.9 Parasitas/kg em função da maturidade sexual

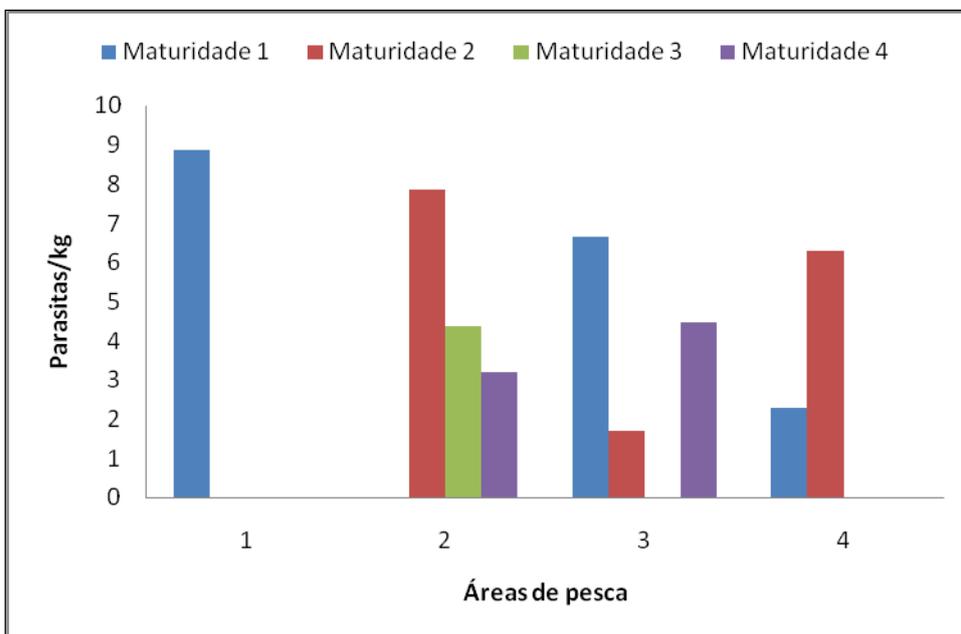


Figura 2.10 Incidência de parasitas/kg de pescado em diferentes níveis de maturidade sexual em função das áreas de pesca

### 2.3.2 Gaping - Defeitos físicos

O termo *gaping* é utilizado para designar injúrias físicas indesejáveis que podem ocorrer no filé de pescado *in natura*, ocasionando alterações visíveis na musculatura (LAVETY, 2001; LOVE, 2001<sub>a</sub>). Muitas variáveis podem afetar a incidência desse tipo de defeito físico, como a área de pesca, o intervalo de tempo entre a captura e o processamento, o volume de pescado obtido conforme o porte e a capacidade do maquinário pesqueiro e a estação do ano (MARGEIRSSON et al., 2007).

Ocorreram diferenças significativas entre alguns pontos de coleta (Figura 2.11). Gudmundsson et al., (2006) encontraram maior incidência de *gaping*, estudando as mesmas áreas de captura, em outros períodos.

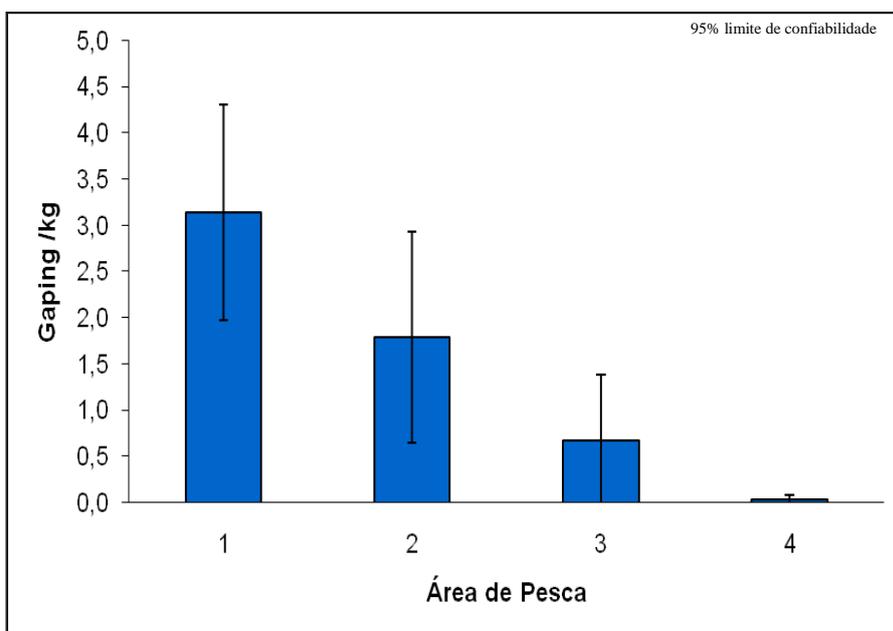


Figura 2.11: Incidência de *gaping*/kg de peixe em diferentes áreas de pesca.

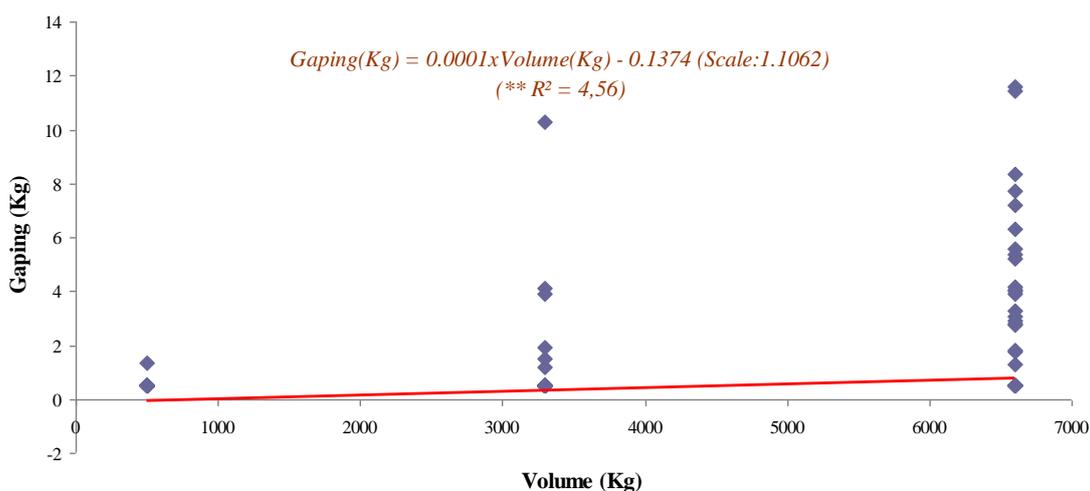
Houve correlação positiva entre o volume total pescado (Tabela 2.2) e a incidência de defeitos físicos (Figura 2.12), o coeficiente de regressão embora baixo, foi altamente significativo (\*\*  $R^2$  4,56%); quanto maior o volume do maquinário pesqueiro, maior a incidência de defeitos físicos. Houve diferença significativa entre a incidência de defeitos físicos e as diferentes áreas pesqueiras (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 Incidência de defeitos físicos e volume de captura

Datas	Valores médios da incidência de defeitos físicos*	Desvio padrão	Volume de captura Kg
Agosto/2007	3,14 <sup>a</sup>	3,19	6600
Setembro/2007	1,79 <sup>b</sup>	1,95	3300
Dezembro/2007	0,029 <sup>b</sup>	0,15	500

\* médias seguidas da mesma letra não apresentam diferença estatística ( $p < 0,05$ )

Não foi possível prever a real incidência de defeitos físicos que poderia ter ocorrido no pescado em função do volume de peixes conforme o maquinário pesqueiro, entretanto podemos atestar a variabilidade da incidência de defeitos físicos em função do volume do maquinário (Figura 2.12).

Figura 2.12 Incidência de *gaping*/kg e volume de pescagem do maquinário pesqueiro/kg

Outros fatores como área de pesca, estação do ano, intervalo de tempo dispendido no processo de captura e processamento, podem também afetar a incidência de defeitos físicos na matéria-prima.

Ocorreram diferenças entre níveis de maturidade e incidência de *gaping* (Figura 2.13). Para o nível de maturidade 3, observou-se maior incidência de defeitos físicos, quando comparada com os outros níveis. Outras variáveis podem ter influenciado a incidência de defeitos físicos como, por exemplo, a área de captura, sendo que os níveis de maturidade não foram uniformes nas diferentes coletas.

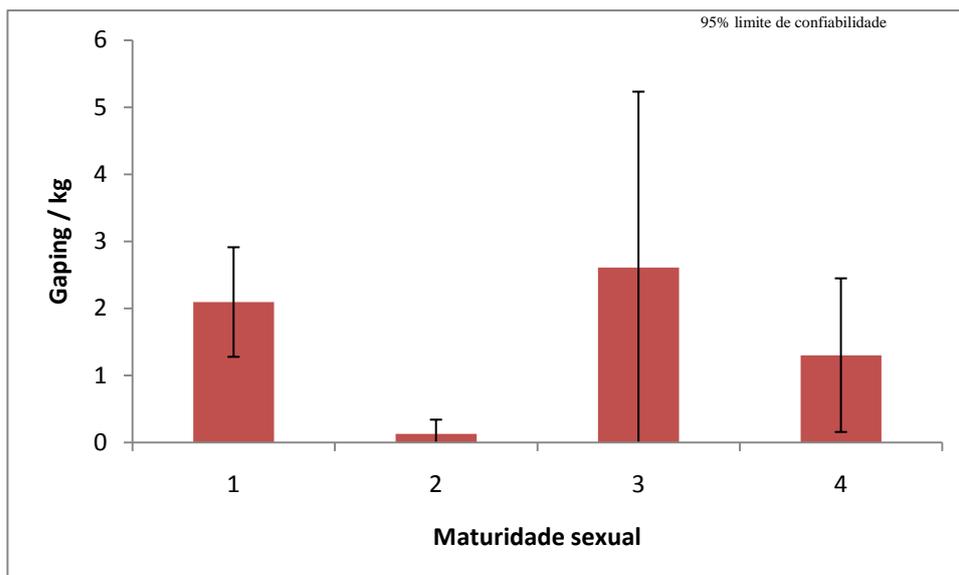


Figura 2.13 Incidência de *gaping*/kg de pescado em diferentes níveis de maturidade sexual

### 2.3.3 Rendimento

O rendimento em filé é, provavelmente, o fator mais importante sob o aspecto econômico para a indústria de processamento de *cod fish* (CIBERT et al., 1999) sendo que, o rendimento do filé pode ser melhorado em função de onde e quando o *cod fish* é capturado, dependendo da área, bem como, do período de pesca (MARGEIRSSON et al., 2007). Algumas diferenças entre áreas de pesca, puderam ser constatadas (Figura 2.14), entre as áreas referentes à segunda coleta, 324;terceira coleta, 673 e 674 e quarta coleta, 524.

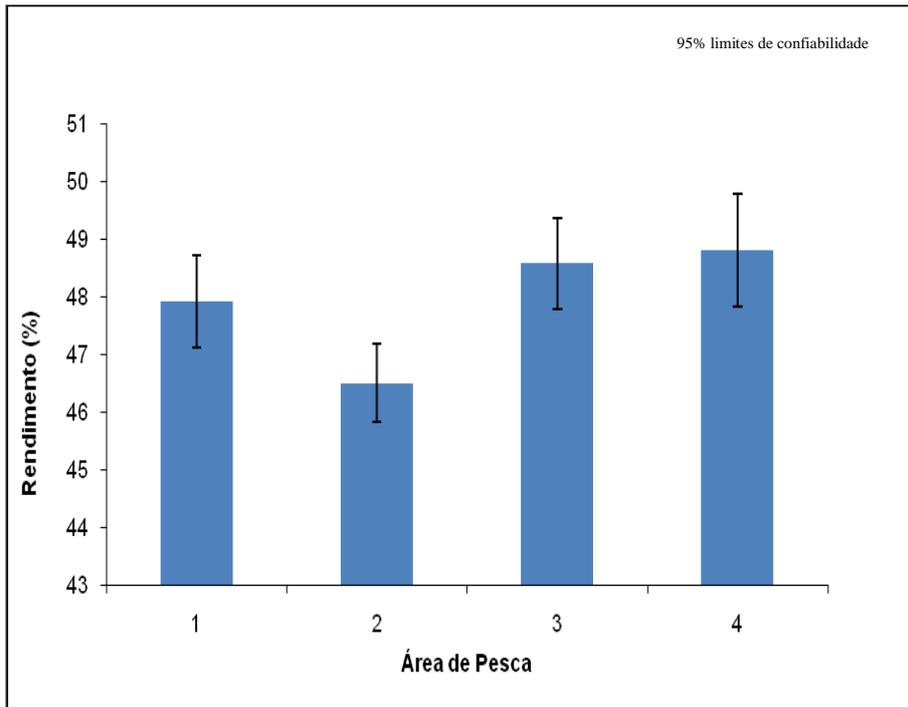


Figura 2.14 Rendimento e porcentagem de carne em diferentes áreas de pesca

As médias para rendimento em filé, foram mais baixas em comparação com os dados relatados por Gudmundsson et al. (2006), que encontraram valores em torno de 50-52%, nestas mesmas áreas, provavelmente pelo uso de equipamentos diferenciados para processamento, como as máquinas filetadoras.

De acordo com dados desta pesquisa, houve uma tendência em encontrar menores rendimentos em peixes com nível alto de maturidade, quando comparados aos demais (Figura 2.15). Em geral, não houve diferença estatística entre níveis de maturidade quanto ao rendimento, exceto entre o nível de maturidade 4 em relação aos níveis 1 e 2.

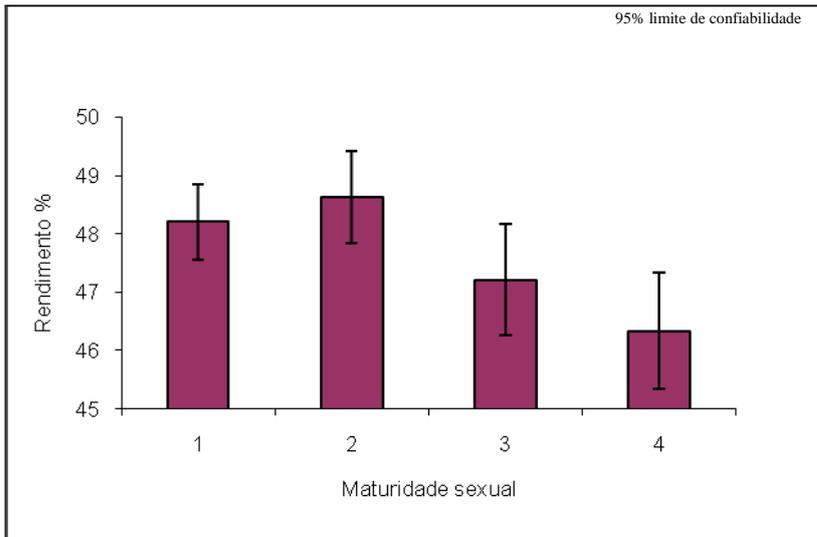


Figure 2.15 Rendimento (%) em diferentes níveis de maturidade sexual

Foi encontrada correlação negativa altamente significativa (\*\* $R^2=24,52\%$ ), entre as variáveis proporção de cabeça e rendimento em filé (Figura 2.16). Peixes que apresentaram maior proporção de cabeça, apresentaram menor rendimento em filés, dados estes, que concordam com os encontrados por Margeirsson *et al.* (2007).

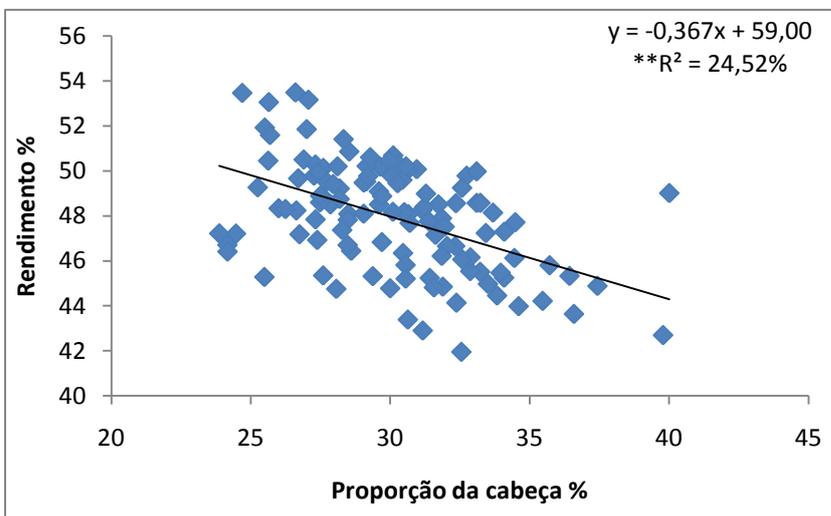


Figure 2.16 Rendimento, em porcentagem de carne, em função da proporção da cabeça em diferentes áreas de pesca

Estes dados são importantes para a aquicultura, no sentido de esclarecer quais são os atributos de maior importância para a espécie, bem como selecionar os indivíduos que naturalmente possuem estes atributos, visando desenvolver estudos de melhoramento genético para a espécie, buscando maior lucratividade para o setor produtivo.

### 2.3.4 Fator de condição

O fator de condição é usado para determinar o estado fisiológico de um peixe. Quanto a este parâmetro de maneira geral, não foram encontradas diferenças significativas entre as áreas estudadas, exceto na primeira coleta nas áreas 624 e 674 (Figura 2.17). Alguns autores relataram ter encontrado diferença significativa entre fator de condição, rendimento e áreas de captura, bem como, correlação positiva significativa entre as variáveis rendimento e fator de condição (EYJOLFSSON *et al.*, 2001), sendo que, muitas vezes o parâmetro fator de condição é utilizado para predizer o rendimento em filé (MARGEIRSSON *et al.*, 2007).

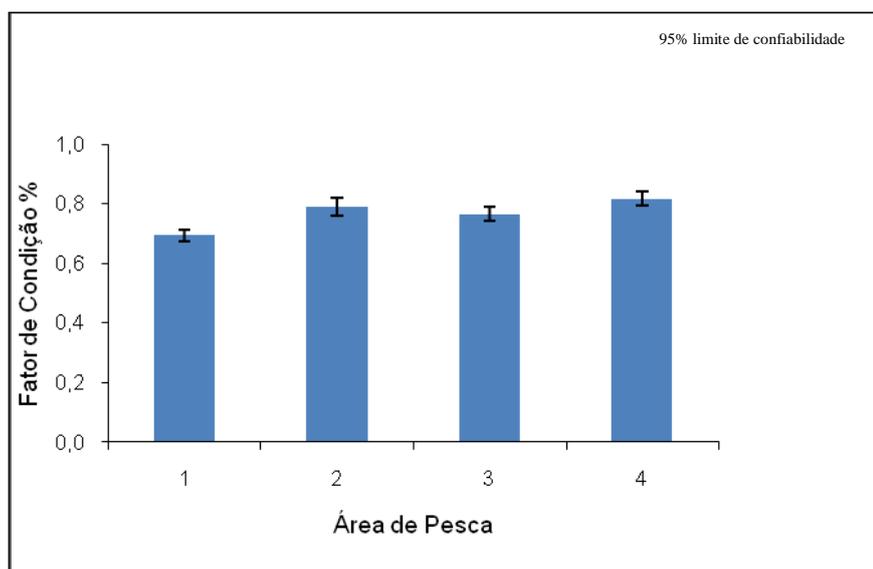


Figure 2.17 Fator de condição do pescado eviscerado em função das diferentes áreas de pesca

Diferenças nos índices de fator de condição são relatados durante o período reprodutivo, isto porque os peixes, durante este período, concentram sua energia na reprodução. No Atlântico norte, o *cod fish*, não está completamente recuperado, em pleno vigor até final de julho, pois o período reprodutivo ocorre na primavera (LOVE, 2001<sub>b</sub>).

### *2.3.5 Principais características da pesca no Brasil*

O setor pesqueiro brasileiro gera, aproximadamente, 800 mil empregos diretos, sendo a indústria pesqueira, composta de cerca de 300 empresas que trabalham com captura e processamento. A frota pesqueira brasileira em 2003, consistia em 25000 barcos, sendo 10% de porte industrial e a maioria artesanal de pequena escala (DIAS-NETO; MARRUL-FILHO, 2003).

A pesca ainda não ocupa lugar de destaque na política nacional entretanto, considerando a importância do setor pesqueiro em prover empregos e alimentos para a população, a pesca se destaca pois o pescado fornece proteína de excelente qualidade, e em alguns locais é a principal fonte proteica para a população; a indústria pesqueira é uma das poucas que tem grande demanda por trabalhadores com pouca ou nenhuma qualificação, por vezes, provendo empregos para grupos de pessoas excluídas da sociedade, sendo assim, o setor pesqueiro brasileiro tem grande importância no cenário político, econômico e social de nosso país (DIAS-NETO; MARRUL-FILHO, 2003).

A pesca marinha no Brasil, pode ser classificada em 4 categorias: pesca amadora, pesca de subsistência, pesca artesanal de pequena escala e pesca industrial de larga escala. A pesca amadora é praticada ao longo da costa, na maioria das vezes ligada a atividades de turismo e esporte, sendo que o produto desta atividade não pode ser vendido ou industrializado. A pesca de subsistência é exercida com o objetivo de obter sustento, sem propósito comercial, e é praticada com técnicas rudimentares (DIAS-NETO; DORNELLES, 1996).

A pesca artesanal no Brasil é baseada na unidade familiar ou grupo de vizinhos; os barcos são pequenos e também utilizados para transporte. A comercialização do pescado advinda da pesca artesanal é feita por pessoas, conhecidas como “atravessadores”, que compram o pescado dos pescadores e depois os revendem por um maior preço para consumidores e indústrias processadoras (DIEGUES, 1983).

Em 12/05/2004, com a Lei N<sup>o</sup>3, sobre o Registro Geral dos Pescadores (RGP), a então Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca do Brasil – Presidência da República (SEAP-PR), passou a ser responsável por certificar todo o setor pesqueiro, compreendendo pescadores, barcos, produtores, companhias (processadoras e de comercialização) e todas as atividades ligadas à pesca. Como resultado, o setor começou a se tornar mais organizado, processo fundamental para o crescimento do setor.

Um programa que monitora as atividades da pesca marinha (ESTATPESCA) foi criado em 2005. Este projeto tem suporte da SEAP/PR/PROZEE (Fundação de Pesquisa e Proteção de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva e do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e é designado “Monitoramento das atividades pesqueiras ao longo da costa brasileira” (BRASIL-SEAP, 2006). Este projeto de monitoramento originou-se devido a necessidade de ação permanente de supervisionar a exploração dos estoques pesqueiros, na busca de assegurar o fluxo contínuo de informações essenciais para a definição da política pesqueira, no intuito de garantir a sustentabilidade desta atividade (BRASIL-SEAP 2006).

A costa marítima possui grande diversidade, sendo representada pelas diferenças das características das atividades pesqueiras encontradas em todo o território nacional. Segundo dados da SEAP (BRASIL-SEAP, 2006), em 2004, a produção pesqueira na região Norte correspondeu a 18,7% do total capturado por uma frota de cerca de 8.000 barcos, ao longo da costa, realizado, principalmente, por pescadores artesanais com barcos de pequeno e médio porte. Nas áreas distantes da costa, a pesca é realizada com embarcações industriais, correspondendo a 2,6% da frota, sendo predominante a pesca artesanal. Na região Nordeste a produção pesqueira ficou em torno de 29,1% do total capturado, sendo predominante a pesca artesanal com, aproximadamente, 40.000 barcos pequenos, apresentado somente 0,6% de embarcações industriais. A região Sudeste produziu 21,7% e sua frota pesqueira está em torno de 4.600 barcos, sendo a maioria com mais de 8 m de comprimento; as embarcações industriais são responsáveis por aproximadamente, 1% da pesca nesta região. A região Sul tem a maior porcentagem de participação na produção pesqueira advinda da captura, ao redor de 30,5%. Nesta região há algumas espécies com relevante valor comercial, e por conta disto, a pesca na região é mais desenvolvida quando comparada às demais regiões brasileiras. A frota pesqueira está estimada em torno de 7.900 barcos, sendo 5.500 com menos de 8 m, entretanto, somente 0,6% do total capturado nesta região é proveniente da pesca industrial. Em resumo, somente 0,7% da produção pesqueira brasileira é proveniente da pesca industrial; a pesca artesanal prevalece em todos os estados brasileiros.

Em 2004, o setor produtivo de pescado gerou, em média, US\$ 1,75 bilhões, com parcela significativa devida à exportação de produtos com alto valor de mercado, como lagostas, camarões e tunídeos, gerando em torno de US\$ 0,85 bilhões. O Brasil possui 300 empresas com estrutura adequada para processar pescado. Atualmente, com os estoques pesqueiros em decadência, a aquicultura tem se tornado cada dia mais importante para o setor produtivo (BRASIL-SEAP 2006). Apesar da reconhecida importância social e econômica

para o desenvolvimento do país, informações sobre a situação pesqueira são limitadas e difíceis de serem obtidas, principalmente devido à falta de recursos humanos atuantes no setor, e de dados disponibilizados via agências governamentais de apoio (BRASIL-SEAP, 2006).

#### *2.3.5.1 Controle de qualidade e sistemas de rastreabilidade no setor pesqueiro brasileiro*

O tradicional mercado pesqueiro não tem mostrado mudanças ao longo dos anos. O que tem mudado, entretanto, é a postura de alguns países como Islândia, Noruega, Canadá e Estados Unidos, que tem voltado as atenções ao abastecimento do mercado com produtos pesqueiros de alta qualidade. Países provenientes da América Latina e Ásia estão se tornando importantes no cenário da comercialização de produtos pesqueiros (BULMER, 2004).

Devido à expansão do comércio internacional de pescado e, mais recentemente, em função do crescimento da venda do pescado, em varejo, pela cadeia supermercadista, ocorre um aumento na busca por alimentos advindos de uma cadeia produtiva rastreada e com controle de qualidade eficiente. Outras questões tem se tornado cada dia mais importantes no cenário da pesca, como questões ambientais, de responsabilidade social e sustentabilidade. No Brasil, muitos consumidores possuem dúvidas quanto à qualidade dos produtos de pescado; este é um dos fatores responsáveis pelo baixo consumo no país, em relação a outros países. Portanto, é importante para o setor produtivo conquistar a confiança do consumidor quanto à qualidade de seus produtos.

O governo brasileiro tem buscado adequar a legislação pesqueira para a implementação de um sistema de rastreabilidade eficiente; a indústria também tem feito sua parte, buscando se adequar às necessidades que este sistema exige. A União Européia (UE) tem imposto algumas restrições à importação de produtos pesqueiros brasileiros, no que tange a qualidade e rastreabilidade, sendo que programas de rastreabilidade para a cadeia produtiva pesqueira brasileira passaram a ser uma necessidade, tanto para o mercado interno quanto para o externo.

É crescente a preocupação de importadores da UE a respeito de questões referentes à rastreabilidade do setor pesqueiro, principalmente em relação a fornecedores de países em desenvolvimento. Acordos entre exportadores e importadores de pescado, podem superar problemas jurídicos e práticos referentes à rastreabilidade. Estes tipos de acordos são requisitos mínimos de trabalho tanto para a indústria quanto para o serviço de inspeção, no

intuito de facilitar e dinamizar o acesso à informação dos elos da cadeia em questão, no que diz respeito às exigências de um sistema de rastreabilidade eficaz (LIU, 2005).

Deste modo, toda a cadeia produtiva do pescado, das embarcações ao varejo, pode ser gerenciada de modo mais efetivo, uma vez que as informações podem ser armazenadas, rastreadas e utilizadas, juntamente com informações referentes à qualidade e segurança alimentar, aumentando, desta forma, a confiança mútua entre todos os elos da cadeia produtiva (EU, 2002).

No caso da produção primária pesqueira brasileira, a principal pergunta que deve ser feita é: Como pode um país em desenvolvimento como o Brasil, com mais de 90% do pescado capturado advindo da pesca artesanal, utilizando pequenas embarcações, sem estruturas adequadas para garantir qualidade desde a captura, sendo esta operada por pescadores locais sem qualificação necessária, fazer face às exigências dos regulamentos que um sistema de rastreabilidade aliado a ferramentas de qualidade exigem?

O monitoramento das embarcações pesqueiras por satélite é considerado fundamental no gerenciamento do setor pesqueiro; atualmente essas ferramentas tem sido utilizadas em todos os tradicionais países da América do Sul com histórico na produção pesqueira. Segundo dados da SEAP, em 2000, embarcações estrangeiras começaram a ser rastreadas; esta experiência trouxe excelentes resultados, e foram muito importantes na coleta de dados e fundamentais para a formulação de um programa nacional de rastreamento de embarcações, que até o momento está limitada às embarcações industriais (BRASIL-SEAP, 2006).

O principal objetivo de um projeto de monitoramento é prover segurança aos trabalhadores de embarcações industriais, em caso de acidentes em alto mar, e permitir aos órgãos responsáveis o acompanhamento, em tempo real, de todos os procedimentos referentes à captura, bem como ter o controle sobre as embarcações que estão circulando em águas brasileiras. Com estas informações, será possível através de equipamento GPS - *Global Positioning System* ter a identificação de cada embarcação, sua localização e, conseqüentemente, a área de pesca (BRASIL-SEAP, 2006).

O Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS não inclui em seus objetivos a coleta de informações sobre a origem da matéria-prima capturada. O setor pesqueiro industrial está adotando o sistema de GPS devido a novas exigências para este segmento quanto às informações sobre área de captura, pois esta é a primeira informação necessária para que o sistema de rastreabilidade seja eficaz. As embarcações que podem utilizar o sistema GPS no Brasil ainda são poucas, pois as embarcações artesanais ainda não possuem condições para coletar esses dados, porém, é

importante que seja iniciada a implantação desta ferramenta nas embarcações já preparadas (BRASIL-SEAP, 2007<sub>a</sub>).

A rastreabilidade é definida como a habilidade de descrever o histórico de um determinado produto; esta informação é muito importante para a segurança da cadeia produtiva de alimentos, entretando, não confere, por si, qualidade à matéria-prima. Devido a este fato, é importante ter suporte governamental e das instituições de fomento à pesquisa, para estudar os fatores e parâmetros que podem influenciar a qualidade da matéria-prima em relação à captura. Esforços tem sido feitos no intuito de estudar o controle de qualidade desde a matéria-prima até o produto final, mas ainda são incipientes, frente ao volume de informações que ainda necessitam ser estudados. Parâmetros como data e horário de captura, área de pesca, estação, tipo e tempo de uso do maquinário de pesca, tempo de captura da matéria-prima e a influência desses fatores nos parâmetros de qualidade da matéria-prima, necessitam ser estudados e utilizados em prol de melhorar a qualidade da matéria-prima, o que, conseqüentemente, geraria benefícios para o setor pesqueiro brasileiro.

Para países em desenvolvimento, seria um grande avanço a implantação das diretrizes de sistemas de rastreabilidade no setor pesqueiro, não só no intuito de buscar melhorar e estruturar uma cadeia produtiva, mas também para registro de informações para subsidiar os órgãos governamentais competentes. Estas mudanças são muito bem vindas no cenário da segurança alimentar mundial, bem como a credibilidade de produtos alimentícios advindos de países em desenvolvimento, contribuindo para a expansão do mercado pesqueiro internacional nas últimas décadas

## **2.4 CONCLUSÕES**

Esta pesquisa sinalizou que o estudo das variáveis ambientais, bem como a metodologia de captura, somando-se às informações coletadas dentro das indústrias de processamento, podem ser úteis ao setor pesqueiro, no sentido de melhorar a qualidade da matéria-prima.

Os sistemas de rastreabilidade estão fortemente ligados ao controle de qualidade do pescado que pode ser usado como ferramenta para melhorar a qualidade dos produtos da indústria pesqueira, entretanto, os sistemas atuando por si, não melhoram a qualidade do produto, sendo essencial que sistemas de rastreabilidade e as ferramentas de controle de qualidade trabalhem em conjunto

A localização das áreas de pesca pode influenciar a ocorrência de parasitas e este fator afeta a qualidade da matéria-prima; a indústria pesqueira se utiliza dessas informações, para definir o melhor local e época para a pesca.

O volume de peixes obtido conforme o maquinário pesqueiro pode influenciar a incidência de *gaping* assim, pequenos volumes são recomendados durante a pesca, visando a obtenção de produtos com qualidade superior.

Para o Brasil a observância e estudos de técnicas que viabilizem a adoção de sistemas de rastreabilidade e controle de qualidade, da captura ao consumidor, são cruciais para a implantação efetiva de sistemas de rastreabilidade;

As autoridades competentes brasileiras devem revisar a legislação pesqueira para que esta dê suporte à implantação de sistemas de rastreabilidade;

O governo brasileiro, através do Programa Nacional de Rastreamento das Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS, deve adotar a coleta dos dados referente à área pesqueira onde a captura é realizada;

Deve-se adotar como padrão em todas as embarcações pesqueiras, a coleta de informações quanto a área de pesca, horário e dia da captura; maquinário de pesca utilizado, métodos a bordo de manipulação do pescado, temperatura de armazenamento durante todo o período de captura, visando a adoção de sistemas de rastreabilidade como ferramenta para melhorar a qualidade da matéria-prima.

## REFERÊNCIAS

BAILEY, D.V.; JONES, E.; DICKINSON, D.L. Knowledge management and comparative international strategies on vertical information flow in the global food system. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 84, n. 5, p. 1337–1344, 2002.

BIRGISSON, R. **Natural variability of cod regarding production properties**. Report - 111. Reykjavick, Iceland: Iceland Fisheries Laboratories, 1995, 14 p.

BORRESEN, T. Traceability in the fishery chain to increase consumer confidence in fish products - application of molecular biology techniques. In: TRANS-ATLANTIC FISHERIES TECHNOLOGY CONFERENCE - TAFT, 1., 2003, Reykjavik, Iceland. **Proceedings...** Reykjavik, Iceland: The Icelandic Fisheries Laboratories, 2003. p. 180-184.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca - SEAP. **O diagnostico da pesca extrativa no Brasil**. Brasília, DF, 2003. Disponível em: <http://200.198.202.145/seap/html/diagnostico.htm>. Acesso em: 08 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca - SEAP. **Monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil**. Relatório Técnico Final. Brasília, DF, 2006. 321 p. (Convênio SEAP/PROZEE/IBAMA, 109/2004).

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca - SEAP. **Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite** – PREPS. Brasília, DF, 2007a. 12 p. Disponível em: [www.presidencia.gov.br/seap](http://www.presidencia.gov.br/seap). Acesso em: 15 fev. 2007.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca - SEAP. **Aqüicultura e pesca: um grande negócio brasileiro nas próximas décadas**. Brasília, DF, 2007b. Disponível em: [www.presidencia.gov.br/seap](http://www.presidencia.gov.br/seap). Acesso em: 22 set. 2007.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca - SEAP. **Histórico da SEAP**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: [http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/html/sobre\\_secretaria/historico\\_main.html](http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/html/sobre_secretaria/historico_main.html). Acesso em: 02 maio 2010.

BULMER, R. **New directions in Seafood Markets 2004** – What Processor/Exporters need to think about. Reykjavick, Iceland: Fiskifelag Island, 2004. 8 p.

CIBERT, C.; FERMON, Y.; VALLOD, D.; MEUNIER, F.J. Morphological screening of carpa *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. **Aquatic Living Resources**, Paris, v. 12, n. 1, p. 1-10, 1999.

DAGBJARTSSON, B. **Rannsóknir varðandi hringormavandamaílið. (Research on the parasites problem)**. Reykjavik, Iceland: Icelandic Fisheries Laboratories, 1973. (Technical Report. 35).

DIAS-NETO, J.; DORNELLES, L.C.C. **Diagnóstico da pesca marítima do Brasil**. Brasília, DF: IBAMA, 1996. 165 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca, 20).

DIAS-NETO, J.; MARRUL-FILHO, S. **Síntese da situação da pesca extrativa marinha no Brasil**. Brasília, DF: IBAMA, 2003. 53 p.

DICKINSON, D.L.; BAILEY, D.V. Meat traceability: are U.S. consumers willing to pay for it? **Journal of Agricultural and Resource Economics**, Laramie, WY, v. 27, n. 2, p. 348–364, 2002.

DIEGUES, A.C.S. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar**. São Paulo: Ática, 1983. 287 p. (Ensaio, 94).

EUROPEAN UNION (EU). Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002. Laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority (EFSA) and laying down procedures in matters of food safety. **Official Journal of European Communities**, Brussels, v. 45, L. 31, p. 1-24, 2002.

EYJOLFSSON, B.; ARASON, S.; PORKELSSON, G.; STEFÁNSSON, G. **Condition factor of cod, production yield and production management**. Report 2-01. Reyjavik, Iceland: Icelandic Fisheries Laboratories, 2001.

GADARSSON, F. Traceability of Icelandic Brand products in Iceland. Reyjavik, Iceland: Iceland Trade Directory, Icelandic Services Ltd., 2007. (IS/FG/H/Traceability/2.11.2007). Disponível em: <http://www.icelandic.is>. Acesso em: 02 nov. 2007.

GLEDHILL, J. Tracing the line - Using information technology to reduce costs while meeting industry requirements. **Food Processing**, Chicago, v. 63, n. 2, p. 48-57, 2002.

GUDMUNDSSON, R.; MARGEIRSSON, S.; ARASON, S.; JENSSON, P. Cod processing forecast. Reyjavik, Iceland: Icelandic Fisheries Laboratories, 2006. [http://www.matis.is/media/utgafa//Skyrla\\_27-06.pdf](http://www.matis.is/media/utgafa//Skyrla_27-06.pdf). Acesso em: 14 fev. 2007.

ICELAND TRADE DIRECTORY. **Fish processing and fishing gear in Iceland**. Reyjavik, Iceland, 2003. Disponível em: [http://www.icelandexport.is/english/industry\\_sectors\\_in\\_iceland/fish\\_processing\\_and\\_fishing\\_gear\\_in\\_iceland/](http://www.icelandexport.is/english/industry_sectors_in_iceland/fish_processing_and_fishing_gear_in_iceland/). Acesso em: 24 nov. 2007.

ICELANDIC MINISTRY OF FISHERIES. **Icelandic fisheries in figures**. Reyjavik, Iceland, 2004. Disponível em: [http://eng.sjavarutvegsraduneyti.is/media/sjavarutvegur\\_i\\_tolum/Baklingur\\_i\\_heild\\_04.pdf](http://eng.sjavarutvegsraduneyti.is/media/sjavarutvegur_i_tolum/Baklingur_i_heild_04.pdf). Acesso em: 28 nov. 2005.

ICELANDIC MINISTRY OF FISHERIES. **Responsible fisheries**: Atlantic Cod stocks. Reyjavik, Iceland, Information Centre of the Icelandic Ministry of Fisheries, 2007. Disponível em: <http://www.fisheries.is/stocks/cod.htm>. Acesso em: 16 fev. 2007.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANISATION – ISO. **ISO 8402:1994** - Quality management and quality assurance - Vocabulary. Geneva, 2004. Disponível em: [http://www.cenorm.be/standardization/tech\\_bodies/workshop/otherthanict/ws8.htm](http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/workshop/otherthanict/ws8.htm)

LAVETY, J. **Gaping in farmed salmon and trout**. Aberdeen, UK: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2001. 6 p. (Torry Research Station, 90).

LIU, J. **Investigation on traceability of fish products in Iceland** – A traceability study for fish processing industry in China. Final Project. Reykjavik, Iceland: United Nations University, Fisheries Training Programme, 2005. 56 p.

LOVE, R.M. **Gaping in fillets**. Aberdeen, UK: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2001a. 7 p. (Torry Research Station, 61).

LOVE, R.M. **Processing Cod**: the influence os season and fishing ground. Aberdeen, UK: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2001b. 7 p. (Torry Research Station, 71).

MARGEIRSSON, S.; NIELSEN, A.A.; JÓNSSON, G.R.; ARASON, S. Effect of catch location, season and quality defects on value of Icelandic cod (*Gadus Morhua*) products. In: LUTEN, J.B.; JACOBSEN, C.; BEKAERT, K.; SÆBØ, A.; OEHLenschLÄGER, J. **Seafood research from fish to dish: Quality, safety and processing of wild and farmed fish**. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2006. cap. 4, p. 265-274.

MARGEIRSSON, S.; JONSSON, G.R.; ARASON, S.; THORKESSON, G. Influencing factors on yield, gaping, bruises and nematodes in cod (*Gadus morhua*) fillets. **Journal of Food Engineering**, London, v. 80, p. 503-508, 2007.

POWELS, P.M. Studies on reproduction and feeding of Atlantic cod (*Gadus callarias L.*) in the southwestern Gulf of St. Lawrence. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 15, p. 1383-1402, 1958.

SAS INSTITUTE. **The SAS System** - release 9.1.3 – SP2. Cary, NC, 2002.

SKIP.IS-VEFUR SJÓMANNA. Disponível em: <http://www.skip.is>. Acesso em: 03 jan. 2009.

THOMPSON, M.; SYLVIA, G.; MORRISSEY, M.T. Seafood traceability in the U.S. In: ANNUAL MEETING OF THE INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 2003, Chicago. p. 12-18.

THOMPSON, M.; SYLVIA, G.; MORRISSEY, M.T. Seafood Traceability in the United States: current trends, system design, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 1, p. 1-7, 2005.

UNNEVEHR, L.J.; MILLER, G.Y.; GOMEZ, M.I. Ensuring food safety and quality in farmlevel production: emerging lessons from the pork industry. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 81, n. 5, p. 1096–1101, 1999.

WILLIAMS, J.E. **The coefficient of condition of fish**. In: SCHENEIDER, J.C. (Ed.). **Manual of fisheries survey methods**. II: With periodic updates. Lansing, MI: Michigan Department of Natural Resources, 2000. (Fisheries Special Report, 25).

WOOTEN, R.; CANN, D.C. **Rounds worms in Fish**. Aberdeen, UK: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2001. 5 p. (Torry Research Station, 80).

WOULD, J.P.; WESTAD, F.; HEIA, K. Detection of parasites in cod fillets by using SIMCA Classification in multispectral images in the visible and NIR Region. **Applied Spectroscopy**, Bound Brook, v. 55, n. 8, p. 160-294, 2001.

### 3 Diagnóstico da qualidade e das condições toxicológicas da água de cultivo e da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em fazenda aquícola\*.

#### Resumo

Boas práticas de manejo são necessárias durante todo o período de produção, sendo que a qualidade da água de cultivo pode se configurar como o primeiro entrave na cadeia produtiva do pescado. Com o objetivo de obter diagnóstico ambiental e de qualidade em tilapicultura na região Centro Oeste do Estado de São Paulo, foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e toxicológicas na água de cultivo e na tilápia, bem como, o levantamento do fitoplâncton, com o intuito de estudar as interferências ambientais, a sazonalidade da massa fitoplanctônica, produção e acúmulo de cianotoxinas no pescado, e a eficiência do processo de depuração. As coletas foram realizadas no período de seca (maio a agosto/2006), com temperaturas variando de 10 a 29,2°C. Quanto aos parâmetros físico-químicos analisados para avaliar a qualidade da água de cultivo, alguns se apresentaram acima do limite tolerado pela legislação ambiental, a saber: nitrogênio amoniacal, chumbo, pH e cor. Apresentaram valores abaixo do recomendado pela literatura, a alcalinidade e a condutividade elétrica. A densidade de algas foi baixa ao longo de todo o estudo, e nenhuma espécie foi considerada dominante ou abundante. A única espécie de cianobactéria identificada durante a contagem, *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli, foi encontrada em níveis abaixo do tolerado pela legislação. Observou-se alta diversidade específica em relação ao fitoplâncton, havendo distribuição uniforme dos táxons nas amostras analisadas. Saxitoxinas foram detectadas nas amostras de água, fitoplâncton e pescado, e Geosmina (GEO) nas amostras de água. Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do filé estiveram dentro do tolerado pela legislação. Concluiu-se que a densidade de cianobactérias na água de cultivo não pode ser considerada preditiva quanto a sinalizar a ausência de saxitoxinas, portanto, a legislação vigente deveria ser revista. Os resultados desta pesquisa sugerem que a depuração é um processo simples e que pode, portanto, ser adotado por produtores, no sentido de diminuir ou eliminar a presença de STX. O monitoramento de STX em água doce deveria ser considerado uma questão relevante no quesito segurança alimentar pelas autoridades competentes, pois a ocorrência de espécies de cianobactérias, produzindo STX na aquíicultura, pode representar riscos à qualidade do pescado comercializado, resultando em um problema de saúde pública.

Palavras-chave: Aqüicultura. Geosmina. Densidade fitoplanctônica.

\* Publicado em: GALVÃO, J.A.; OETTERER, M.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; GOUVÊA-BARROS, S.; HILLER, S.; ERLER, K.; LUCKAS, B.; PINTO, E.; KUJBIDA, P. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. *Toxicon* (54) p. 891-894, 2009.

## Abstract

Water quality is set as a hindrance in the productive chain of fish growing. Therefore, good management practices are essential during the whole period of production. With the purpose of performing a quality and environmental diagnosis on tilapia aquaculture farms in the Midwestern region of São Paulo state and in order to study environmental interferences, phytoplankton mass seasoning, production and accumulation of cyanotoxins in fish, as well as the efficiency of the depuration process, physicochemical, microbiological and toxicological analyses were carried out in cultivation water and in the tilapia. Data collecting was performed in the dry season (between May and August in 2006), at temperatures ranging from 10 to 29.2°C. The following results were found in the analyses of the cultivation water were in disagreement with the environmental legislation: ammoniacal nitrogen; total value of lead; pH and color. The following results were found in the analyses of the cultivation water were in disagreement with the literature for total alkalinity and electrical conductivity. The density of algae was low all along the study. None of the species was considered dominant or abundant. The unique identified cyanobacteria specie during the counting, *Chroococcus minutus* (Kützling) Nägeli, was considered below the concentration tolerated by the legislation. High specific diversity related to phytoplankton occurred in the present study and uniform distribution of taxons in the analyzed samples were found. Geosmina (GEO) was detected in the water samples. The parameters physicochemical and microbiological in the fillet were within those permitted by the Brazilian legislation. It was concluded that the survey on the density of cyanobacteria in the cultivation water cannot be considered predictive when it comes to signal the absence of Saxitoxins, therefore, the in force legislation should be revised. Findings in this paper suggest that depuration is a simple process which can be adopted by producers in order to either reduce or eliminate STX. Additionally, monitoring freshwater should be considered a high priority issue on food safety by the responsible authorities, as the presence of cyanobacteria producing STX in aquaculture could pose risks to the quality of traded fish, resulting in a public health problem.

Keywords: Aquaculture. Geosmin. Phytoplankton mass.

## 3.1 INTRODUÇÃO

A degradação dos corpos d'água tem sido assunto recorrente no meio científico, sendo os corpos d'água classificados, prioritariamente, de acordo com o seu grau de trofia.

Um dos maiores desafios encontrados por aquicultores é o de manter o equilíbrio entre água, peixe e organismos microscópicos em seus sistemas de cultivo

(BRUNSON, LUTZ, DURBOROW, 1994), conseqüentemente, as boas práticas de manejo na produção são essenciais para a produção do pescado com qualidade, visando a sustentabilidade do sistema.

Em condições naturais, as diferentes espécies de fitoplâncton convivem de forma equilibrada com os demais organismos presentes no corpo d'água, porém, o aumento na carga de nutrientes no corpo d'água pode resultar no processo de eutrofização e favorecer a dominância de cianobactérias que, sendo potencialmente tóxicas, podem produzir toxinas, tornando-se um problema de saúde pública.

O estudo de florações de cianobactérias potencialmente tóxicas é de fundamental importância, tanto para águas de abastecimento e recreação, bem como, para o cultivo de organismos aquáticos, pois a qualidade do pescado reflete a qualidade da água em que este foi cultivado.

Ocorrência de problemas com algumas espécies de fitoplâncton tem sido constatados em vários estados brasileiros (ANJOS et al., 2006; BEYRUTH et al., 1992; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2010; CALIJURI; DEBERDT; MINOTI, 1999; GALVÃO et al., 2009; HUSZAR et al., 2000; LAGOS et al., 1999; MAGALHÃES; SOARES; AZEVEDO, 2001; MOLICA et al., 2002; SOARES; MAGALHÃES; AZEVEDO. 2004; TUNDISI; MATSMURA-TUNDISI, 1992; YUNES et al, 2003).

As saxitoxinas são produzidas por algumas espécies de microalgas, principalmente dinoflagelados marinhos. Estes compostos são neurotoxinas com poderosa ação antagonista sobre os canais de sódio, causando enfraquecimento, paralisia e morte por insuficiência respiratória em mamíferos (HUMPAGE, 2008).

Saxitoxinas são também sintetizadas por cianobactérias de água doce, portanto há o risco eminente dessas toxinas serem transferidas da água para o pescado e causar riscos a humanos (PEREIRA et al., 2004; SAMSUR et al., 2006). No Brasil, saxitoxinas e anatoxinas são produzidas em água doce por cianobactérias do gênero *Anabaena* (MONSERRAT; YUNES; BIANCHINI, 2001), *Aphanizomenon*, *Planktothrix*, *Lynbya* (YUNES et al., 2003) e *Cylindrospermopsis* (LAGOS et al., 1999; MOLICA et al., 2002).

A bioacumulação de saxitoxinas em organismos marinhos tem sido estudada principalmente em moluscos bivalves (NEGRI; JONES, 1995; WIEGAND; PLUGMACHER, 2005; SEPHTON et al. 2007; DEEDS et al., 2008). Para cianobactérias de água doce, altas concentrações de toxinas, são resultado da presença de matéria orgânica na água. As cianotoxinas podem se acumular no pescado pela

ingestão direta do fitoplâncton ou através da absorção de toxinas dissolvidas na água, via epitélio do pescado. O bioacúmulo de microcistina em pescado de água doce tem sido investigado, sendo a microcistina – LR e RR (MC – LR; MC - RR) encontrada em várias espécies de pescado (MAGALHÃES; SOARES; AZEVEDO, 2001; IBELINGS; CHORUS, 2007).

A tilápia absorve os metabólitos produzidos por algas e outros microrganismos (LOVSHIN, 1997), o que torna a qualidade da água de cultivo, não só uma questão ambiental de importância, mas também de saúde pública.

Com o objetivo de realizar diagnóstico ambiental e de qualidade em fazenda produtora de tilápias, foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas e toxicológicas na água de cultivo e na tilápia, bem como, o levantamento do fitoplâncton, com o intuito de estudar as interferências ambientais e a sazonalidade na massa fitoplanctônica, bem como, a produção e o acúmulo de cianotoxinas no pescado. A eficiência do processo de depuração também foi estudada, via efeito desta prática na diminuição da concentração de cianotoxinas em tilápias do Nilo.

## **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 Procedimentos de coleta**

A pesquisa foi realizada em fazenda aquícola da região Centro Oeste do Estado de São Paulo (22<sup>o</sup>12'38" S/49<sup>o</sup>39'22" W), onde há o cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanque rede (Figura 3.1). Foram realizadas três coletas (mês de maio, julho e agosto de 2006), de amostras da água do cultivo, da água do tanque de depuração e da tilápia.



Figura 3.1 Tanques rede com cultivo de tilápia na região Centro Oeste do Estado de São Paulo

As coletas das amostras de água foram realizadas no período de 11h:30 min a 13h, sendo efetuadas, manualmente, seguindo recomendações da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (1988). As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro neutro de borossilicato com volume de 1 Litro, os quais foram previamente envoltos em papel pardo e esterilizados por 2 h, em estufa Fanem, modelo 315 SE, a temperatura de 170-180 °C (CETESB, 1988; GALVÃO et al., 2006).

As análises biológicas do fitoplâncton foram qualitativas e quantitativas. Para as análises qualitativas, as coletas foram feitas utilizando rede para fitoplâncton de tela em *nylon* com 25 micra de abertura de malha e 30 cm de diâmetro; desta, uma parte foi transportada a fresco e a outra fixada com solução *Transeau* (BICUDO; MENEZES, 2006). Para as análises quantitativas foi realizada coleta utilizando garrafa de *Van Dorn* sendo as amostras fixadas em lugol acético, para posterior contagem (WETZEL; LIKENS, 1991).

Quanto às amostras de tilápia, foram coletados 24 indivíduos adultos de, aproximadamente, 1 kg de peso corpóreo, sendo 12 indivíduos usados como controle,

ou seja, sem o processo de depuração e o restante, outros 12, foram submetidos ao processo de depuração em um tanque de 1,40 x 2,40 m com água corrente de boa qualidade, sem alimentação por 5 dias sendo a densidade de 32 peixes/m<sup>3</sup>. Depois deste período, os peixes foram abatidos por choque térmico e transportados em gelo para a planta de processamento da ESALQ/USP onde as amostras foram processadas (SAVAY DA SILVA, 2009) (Figuras 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5).



Figura 3.2 Evisceração do pescado



Figura 3.3 Lavagem do pescado pós evisceração



Figura 3.4 Processo de filetagem



Figura 3.5 Pesagem e embalagem dos filés de pescado

### 3.2.2 Análises ambientais

#### 3.2.2.1 Análises físico-químicas

**3.2.2.1.1 Alcalinidade:** realizado através de titulação potenciométrica, utilizando o peagâmetro Jenway 3020 e bureta digital (MACKERETH et al., 1978).

**3.2.2.1.2 Fósforo total:** determinado por espectrofotometria de absorção atômica em uma solução final de 0,1 % de lantânio, em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer, modelo A Analyst 100 (APHA, 1992).

**3.2.2.1.3 Nitrogênio amoniacal:** o nitrogênio foi determinado na forma de amônia ( $\text{NH}_3$ ), hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) e íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). A amostra foi tamponada a pH 9,5, a fim de minimizar a hidrólise de compostos orgânicos contendo nitrogênio e, posteriormente, passando por um processo de destilação em micro destilador Kjeldahl; a amônia obtida foi titulada com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N, utilizando o indicador vermelho de metila 0,1% (APHA, 1975).

**3.2.2.1.4 Condutividade elétrica:** a condutividade é medida através de uma ponte de *wheatstone* na qual a amostra é distribuída entre dois eletrodos situados na chamada “célula” de condutividade, guardando entre si uma distância de 1 cm.

**3.2.2.1.5 pH:** determinado através de equipamento digital Tec 3MP, TECNAL (BRASIL, 1981).

**3.2.2.1.6 Dureza total:** calculado com base no equivalente de carbonato de cálcio, segundo APHA (1995).

**3.2.2.1.7 Turbidez:** analisada através de método turbidimétrico, sendo os resultados expressos em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) (APHA, 1975).

**3.2.2.1.8 Temperatura do ar e dados pluviométricos:** cedidos pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO do Instituto Agrônomo de Campinas do Estado de São Paulo– IAC (informação verbal)<sup>1</sup>.

**3.2.2.1.9 Temperatura da água:** utilizou-se um termômetro de mercúrio LAMOTTE, modelo 1066.

---

<sup>1</sup> Informação fornecida por Rochane Caran em Piracicaba, em 2011

**3.2.2.1.10 Cálcio e Magnésio:** determinados por espectrofotometria de absorção atômica em uma solução final de 0,1% de lantânio, utilizando espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer – modelo A Analyst 100 (APHA, 1975).

**3.2.2.1.11 Oxigênio dissolvido:** os níveis de oxigênio dissolvido na água dos tanques de cultivo foram medidos, através do *Kit LAMOTTE, Fresh water aquaculture test Kit*, modelo AQ-2.

**3.2.2.1.12 Cor:** determinada por comparação visual de amostras onde se conhece a concentração das soluções coloridas. O método de medição consiste na comparação com padrão de cobalto-platina, sendo considerada unidade de cor, a produzida por 1 mg/L de platina na forma de íon cloroplatinado. Os resultados foram expressos em mg Pt/L (APHA, 1995).

#### **3.2.2.1.13 Análise de metais**

Foram retiradas alíquotas, em triplicata, para determinação dos parâmetros químicos nos extratos solubilizados e lixiviados. O tratamento preliminar das amostras constou de digestão com HNO<sub>3</sub> (50 mL do extrato + 5 mL de ácido) conforme o método EPA - *Environmental Protection Agency 3015* (EPA, 1996), utilizando-se a técnica de digestão por microondas em sistema fechado.

A determinação das dosagens dos metais nos extratos digeridos foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica Varian-Zeeman (Modelo 640-Z), equipado com forno de grafite e gerador de vapor frio (EAA-FG). As determinações foram iniciadas com a construção da curva de calibração, utilizando-se um controle (branco) e padrões, sendo que os padrões para Hg, Cd, e Pb foram preparados a partir da solução intermediária de 50 mg/L. Em seguida, o aparelho foi zerado aspirando-se, na chama, água destilada e deionizada. As concentrações padrões de trabalho foram repassadas ao equipamento e aspiradas, estando o branco e os padrões em ordem crescente de concentração; após a leitura do último padrão, o equipamento imprimiu automaticamente a curva de calibração. Na seqüência, as amostras foram aspiradas e o resultado em mg/L foi emitido automaticamente.

As análises foram conduzidas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995).

### 3.2.2.1.14 Análise de geosmina

Para a realização das análises de geosmina, foi utilizada água ultra-pura obtida a partir de um sistema Milli Q (Millipore, SP, Brasil); cloreto de sódio P.A., Merck; geosmina (100 mg/L, em metanol), fibra de PDMS/DVB-polidimetilsiloxano/divinilbenzeno e *holder* para SPME - *Solid Phase Micro-Extraction* da Sigma-Aldrich (Bellefonte, PA, USA).

O padrão foi diluído com água tipo I (Milli Q) e armazenado sob refrigeração até o uso.

Para extração dos compostos voláteis, foi utilizada microextração em fase sólida (SPME) da fração aérea (*headspace*) de todas as amostras, utilizando fibra com recobrimento de PDMS/DVB, de 65 µm de espessura, com *holder* manual de SPME. A literatura descreve a fibra PDMS/DVB como a melhor opção para extração de geosmina (SAITO, OKAMURA; KATAOKA, 2008). A fibra foi exposta ao *headspace* de cada alíquota de 10 mL de água, com 1 g de cloreto de sódio, e uma barra magnética (2 mm x 7 mm) com recobrimento de *teflon*, e colocadas em frasco ambar de 30 mL com tampa e septo. Os frascos foram aquecidos em chapa com agitação magnética a 70°C e 510 rpm, por 45 minutos. Após o tempo de exposição a fibra foi recolhida e injetada num cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas *Ion Trap Varian Saturn 2100T*, GC/MS, com injetor *split/splitless*. Após 10 minutos de exposição a fibra foi recolhida e retirada do injetor. A identificação foi realizada comparando os tempos de retenção de soluções padrão de Geosmina ( $m/z$  112) e os espectros de massas. As áreas dos picos, das soluções padrão, foram usadas para construir a curva de calibração e determinar a concentração de geosmina nas amostras.

A separação cromatográfica foi realizada empregando uma coluna capilar de sílica fundida, RESTEK, RTX, 5Si1, MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) com a seguinte programação de temperatura: 50°C por 10 minutos, 50° a 250°C na velocidade de 15°C/min, e posteriormente 5 minutos a 250°C. Foi utilizado o modo de injeção *splitless* por 5 minutos, com velocidade linear de 36,6 cm/seg, gás de arraste hélio de alta pureza, com fluxo de 1 mL/min e temperatura do injetor de 250°C. O espectrômetro de massas foi operado nas seguintes condições: modo impacto de elétrons (EI), energia de 70 eV, eletromultiplicadora em 1600 V, temperatura do *trap* 180°C, temperatura da linha de transferência 250°C e temperatura do *manifold* 40°C.

A determinação quantitativa da concentração do *headspace*, que se correlaciona com a concentração do composto na fase líquida, foi realizada utilizando calibração externa. Curvas de calibração foram determinadas, bem como o coeficiente de correlação da curva ( $r^2$ ), limites de quantificação (LOQ), taxa de recuperação e desvio padrão (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1 Caracterização cromatográfica da Geosmina**

<b>Composto</b>	<b>Faixa linear (ng/L)</b>	<b><math>r^2</math></b>	<b>LOQ (ng/L)</b>	<b>Recuperação média (%)</b>
<b>Geosmina</b>	<b>5-100</b>	<b>0,9979</b>	<b>5</b>	<b>92</b>

### 3.2.2.2 Análises microbiológicas

#### 3.2.2.2.1 Coliformes totais e termotolerantes

A determinação de coliformes totais foi realizada pelo método do número mais provável (NMP) constituída da série de 3 tubos da amostra em Caldo Lauril Sulfato Triptose suplementado com 4-metilumbeliferil-b-D-glicuronídeo (LST-MUG), onde alíquotas de 1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  foram transferidas para tubo com este meio de cultura e incubados a 35 °C, por 48 h. Para confirmação de coliformes totais, os tubos que apresentaram formação de gás e turvação do meio tiveram alíquotas transferidas para tubos de Caldo Verde Brilhante (VB) através de uma alça microbiológica e incubados a 35 °C, por 24 h. Os tubos do Caldo VB que apresentaram turvação e formação de gás nos respectivos tubos de Duhran foram considerados positivos para coliformes totais. As amostras do Caldo LST-MUG que apresentaram turvação e formação de gás nos respectivos tubos de Duhran, além da fluorescência quando submetidos à luz ultra violeta (UV), foram consideradas positivas para *E.coli*. Os resultados foram obtidos através da tabela de Número Mais Provável – NMP e expressos em NMP/g (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997).

#### 3.2.2.2.2 Contagem de heterotróficos

Para realização desta análise, alíquotas de 1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  foram inoculadas, em *pour plate* em duplicata, em placas de Petri e em seguida, foi adicionado

o *Plate Count Agar* (PCA). Após a homogeneização e completa solidificação do meio de cultura, as placas foram incubadas invertidas em estufa a 35 °C, por 48 h, para contagem dos microrganismos mesófilos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997). Os resultados foram expressos em UFC/g, e transformados em log UFC/g, quando necessário.

### 3.2.2.3 Caracterização do fitoplâncton da água de cultivo

A identificação das algas foi realizada a partir da confecção de lâminas semi-permanentes e posteriores observações em microscópio óptico com ocular de medição acoplada. Lâminas permanentes para a identificação de diatomáceas também foram feitas a partir da metodologia descrita por Carr, Hergenrader e Troelstrup (1986). Os táxons foram identificados e classificados de acordo com Prescott e Vinyard (1982), Komárek e Fott (1983), Komárek e Anagnostidis (1999, 2005), Popovský e Pfiester (1990), Krammer e Lange-Bertalot (1991a, b), Komárek e Cronberg (2001), John, Whitton e Brook (2002), Bicudo e Menezes (2006), Cybis et al. (2006) e Cronberg e Annadother (2006). Para a análise da densidade do fitoplâncton, foi utilizado o método de Utermöhl (1958). Alíquotas amostrais com três pseudo-repetições foram colocadas em câmaras de sedimentação com volume de 10 mL, por 24 h e observadas em microscópio invertido Zeiss Jeneval e objetiva com aumento de 40 vezes (WEBER, 1973).

A abundância relativa foi expressa em termos de porcentagem, e baseou-se no número total de organismos de cada táxon na amostra e o somatório desses organismos em cada amostra, sendo considerados dominantes os táxons com valores > 70%; abundantes de 70 a 40 %; pouco abundantes de 40 a 10% e raros, os táxons com ≤ 10%. (LOBO; LEIGHTON, 1986).

A frequência de ocorrência das espécies, também expressa em termos de porcentagem, foi calculada levando-se em consideração o número de amostras em que o táxon ocorreu, em relação ao número total das amostras coletadas, sendo considerados muito frequentes os táxons com valor >70%; frequentes de 70 a 40% ,e pouco frequentes de 40 a 10% (MATEUCCI; COLMA, 1982).

O índice de diversidade específica foi calculado, considerando de alta diversidade os valores iguais ou maiores que 3 bits.Cél<sup>-1</sup>; média diversidade, os valores menores que 3 e maiores ou iguais a 2 bits. Cél<sup>-1</sup>; baixa diversidade, os valores iguais ou

menores que 2 e maiores que 1 bits.  $Cél^{-1}$ ; e muito baixa diversidade valores iguais ou menores que 1 bits.  $Cél^{-1}$  (SHANNON, 1948). A Equitabilidade (J) é calculada segundo Pielou (1977) com valores entre 0 e 1, sendo considerados altos ou equitativos os valores superiores a 0,5. Os valores para diversidade e equitabilidade foram calculados utilizando o Programa Estatístico DIVERSITY.

#### 3.2.2.4 Análises toxicológicas

As análises de cianotoxinas foram realizadas através de LC-ESI-MS (*Liquid chromatography- electrospray ionization - mass spectrometry*) para microcistina (MC-LR, -RR, -LA, -LF, -LW e -YR), NOD, ANA e CYN, e por HPLC-FD (*High-performance liquid chromatography with fluorescence detection*) para (STX, neosaxitoxina (NEO), goniautoxina (GTX1, GTX2, GTX3, GTX4), e decarbamoil STX (dcSTX).

Todas as amostras foram liofilizadas e estocadas a  $-80^{\circ}\text{C}$  em frascos de vidro, para determinação de MC-LR, -RR, -LA, -LF, -LW e -YR, NOD, ANA, CYN, STX, NEO, GTX1, GTX2, GTX3, GTX4, e dcSTX em análises cromatográficas.

Para a extração das cianotoxinas as amostras foram tratadas de acordo com a AOAC (1990). As MC, NOD, ANA e CYN foram isoladas e identificadas seguindo o método modificado por Dahlmann, Budanowki e Luckas (2003) e Bittencourt-Oliveira et al. (2005). As cianotoxinas foram extraídas 2 vezes com uma mistura de água e metanol (50:50, v/v) por 10 min em banho ultrasônico e, posteriormente, tratadas por 2 min em homogeneizador ultrasônico Sonopuls GM 70 (Bandelin<sup>®</sup>, Berlin, Germany). Os extratos foram centrifugados a 14000 rpm e o sobrenadante filtrado usando um disco de filtração com seringa em PTFE (TEFLON) de 0,22  $\mu\text{m}$  (Roth<sup>®</sup>, Karlsruhe, Germany).

Os extratos (20  $\mu\text{L}$ ) foram analisados por cromatografia líquida acoplada a um espectrometro de massas com ionização por eletrospray (LC-ESI-MS). Foram utilizados para a análise os padrões marca Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA) para MC, NOD, ANA e CYN. As STX foram isoladas seguindo o método modificado descrito por Anjos et al. (2006), utilizando 50 mg de amostra liofilizada, na qual foi adicionado 1mL de ácido acético (0.03 N), sonicada a 35 kHz por 60seg em banho de gelo e centrifugada a 14000 rpm por 5 min, sendo o filtrado sobrenadante removido através de uma seringa com filtro (0,45  $\mu\text{m}$ ). Uma alíquota de 10  $\mu\text{L}$  do extrato foi analisada por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência (DIENER et al., 2006). Foi

usado gradiente com tampão de par iônico, constituído de ácido octanosulfônico e fosfato de amônia a pH 6,9 e acetonitrila para separar as STX. Depois da oxidação pós-coluna com ácido periódico na unidade de derivatização aquecida a 50 °C, os produtos resultantes foram expostos a um detector de fluorescência com comprimento de onda de excitação de 330 nm e de emissão de 395 nm. As STX foram identificadas comparando cromatogramas obtidos de extratos de amostras com os cromatogramas das soluções padrões. Padrões quantitativos de STX, NEO, GTX1, GTX2, GTX3, GTX4, e dcSTX foram adquiridos do Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá - *National Research Council Canada*, Halifax, NS, Canada. A quantificação de cianotoxinas foi feita através do fator de resposta (área do pico / concentração da toxina) obtido através de injeção de quantidades conhecidas das toxinas provenientes do padrão

### **3.2.3 Análises do pescado**

#### **3.2.3.1 Análises microbiológicas**

Foi retirada alíquota de 25g de amostras de filé de tilápia, diluída com 225 mL de solução peptonada salina a 1% tamponada e homogeneizada em Stomacher, para a diluição  $10^{-1}$ . Posteriormente foram retiradas alíquotas de 1 mL e adicionadas a 9 mL de solução salina peptonada 1% até a diluição  $10^{-6}$ .

##### **3.2.3.1.2 Coliformes totais e termotolerantes**

O método quantitativo utilizado foi o mesmo citado no item 3.2.2.2.1.

##### **3.2.3.1.3 Contagem de mesófilos aeróbicos**

Foi usado o método da Contagem Padrão em Placas (CPP), descrito no item 2.1.2.2., exceto que as diluições foram feitas até a diluição  $10^{-6}$ .

##### **3.2.3.1.4 *Staphylococcus coagulase positivo***

Realizada segundo Silva, Junqueira e Silveira (1997), onde as placas contendo Ágar Baird-Parker (BPA) foram preparadas 48 h antes da realização da análise. Foram inoculadas, em superfície, alíquotas de 0,1; 0,3; 0,3 e 0,3 mL, totalizando 1 mL da diluição  $10^{-1}$  e alíquotas de 0,1 mL, em duplicata, das diluições  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$ . O

espalhamento do inóculo foi realizado com alça de Drigalski. Após a inoculação, as placas foram incubadas invertidas em estufa a 37 °C por 48 h. As colônias típicas foram isoladas, para realização dos testes de Gram, catalase e coagulase (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007). Os resultados foram expressos em UFC/g, e, quando necessário, transformados em log UFC/g.

#### **3.2.3.1.5 *Salmonella* sp**

Para essa análise optou-se por utilizar o *kit* rápido 1-2 Test Salmonella, aprovado pela AOAC (WALLACE; HAMMACK, 2005). Foram pesados 25 g de amostra, os quais foram homogeneizados em 225 mL de Caldo Lactosado e incubados a 37 °C por 24 h. A seguir, 1 mL do caldo foi transferido para 9 mL de Caldo Tetrionato/Iodo Iodeto e colocado em banho-maria a 45 °C por 6 a 8 h. A seguir, 1,5 mL foram transferidos para o *kit* 1-2 Test Salmonella da *Biocontrol System* INC (cod. 10107), o qual foi incubado a 35 °C por 24 h. A manipulação do *kit* seguiu as instruções previstas no seu próprio manual de instruções (BIOCONTROL..., 2008). O resultado foi expresso em ausência ou presença em 25 g.

#### **3.2.3.2 Análises Físico químicas**

**3.2.3.2.1 pH:** A mensuração foi realizada através do potenciômetro digital TECNAL, modelo TEC3-MP, seguindo as instruções do manual de uso do equipamento (TECNAL..., 1999). O preparo da amostra foi realizado segundo Pregnotatto e Pregnotatto (1985).

**3.2.3.2.2 Bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT):** Para realização dessa análise foi efetuada uma adaptação, segundo Savay da Silva et al. (2008), a partir do método por destilação descrito em “Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes: sal e salmoura”, da normativa nº 20 de 21 de julho de 1999 (BRASIL, 1999), onde foram homogeneizados 50 g de amostra com 150 mL de ácido tricloroacético, para precipitação do nitrogênio protéico; o filtrado, contendo o nitrogênio volátil foi alcalinizado a vapor, recebido em solução de ácido bórico e titulado com solução de ácido sulfúrico 0,01 N, padronizado em presença de indicador adequado.

**3.2.3.2.3 Perda de peso:** Os peixes foram pesados em lotes de 12 indivíduos, antes e depois da depuração para verificação da perda de peso no período experimental, sendo os resultados expressos em porcentagem.

### **3.2.3.3 Análises Toxicológicas**

Idem metodologia citada no tópico 3.2.2.3

## **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.3.1 Parâmetros ambientais**

#### **3.3.1.1 Características climatológicas e físico-químicas**

A temperatura média anual do Estado de São Paulo, situa-se entre 18 e 24°C. No verão, principalmente no mês de janeiro, são comuns médias de temperaturas máximas de 30°C e no inverno, principalmente no mês de julho, a média das temperaturas mínimas varia de 6°C a 20°C, com mínimas de -4° a 8°C (CLIMAS BRASILEIROS, 2011).

O máximo pluviométrico da região Sudeste normalmente ocorre em janeiro e o mínimo em julho, enquanto o período seco, normalmente centralizado no inverno, possui uma duração desde seis meses, no caso do vale dos rios Jequitinhonha e São Francisco, até cerca de dois meses nas serras do Mar e da Mantiqueira (CLIMAS BRASILEIROS, 2011).

No período de coleta, as temperaturas variaram de 10 a 29,2 °C com valores mínimos durante a segunda coleta e o máximo durante a primeira coleta. Quanto ao regime pluviométrico, as coletas foram realizados no período considerado de seca, com pouca incidência de chuva, que só ocorreu durante a terceira coleta (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 Temperatura do ar (°C) e pluviosidade (mm)

	1º coleta	2º coleta	3º coleta
Temperatura mínima	14,2	10	10,2
Temperatura máxima	29,2	25	26,4
Pluviosidade	0	0	15

Quanto à temperatura da água de cultivo no período de coleta, houve variação de 6 °C, com mínimo de 15,5°C e máximo de 21,5°C (Tabela 3.2). Já na água de depuração a amplitude ficou em torno de 2,5°C, tendo a mínima em 18°C e a máxima em 20,5°C. Esses valores estão abaixo do recomendado pela literatura quanto a conforto térmico da tilápia que seria entre 27 e 32 °C (JUSTI et al., 2005), sendo considerada temperatura ideal a faixa de 29 a 31°C (SHELTON; POPMA, 2006) temperaturas fora da faixa de conforto reduzem o apetite, o crescimento e diminuem a tolerância ao manuseio e às doenças (SALVADOR et al., 2003), sendo o desenvolvimento da tilápia bem abaixo do esperado a temperaturas abaixo de 16°C (SHELTON; POPMA, 2006).

Tabela 3.3 Temperatura (°C) da água de depuração e da água de cultivo

	1º coleta	2º coleta	3º coleta
Água de depuração	20,5	19	18
Água de cultivo	21,5	19,5	15,5

Segundo o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), os valores desejáveis de oxigênio dissolvido para água doce destinada à piscicultura (classe 2) devem ser superiores a 5 mg/L. Os valores registrados nos tanques de cultivo durante o período de estudo foram adequados à aquicultura, apresentando-se de acordo com o valores tolerados pela legislação, variando de 8,5 a 11,2 mg/L (Tabela 3.4).

A quantidade mínima de Oxigênio dissolvido (OD) que o peixe pode tolerar, em segurança, depende da temperatura e da espécie do peixe. A solubilidade do oxigênio diminui com o aumento da temperatura. Peixes de águas mais quentes com temperatura média de 25,5 °C, podem tolerar concentrações menores de OD do que espécimes de águas frias, com temperatura média de 15,5 °C. Em regra geral o OD deve ser mantido em 5 mg/L (BUTTNER; SODERBERG; TERLIZZI, 1993).

As tilápias toleram baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água conseguindo sobreviver a valores médios de 0,5 mg/L (SHELTON; POPMA, 2006), sendo que Stickney (1986) descreveu sobrevivência de tilápias a concentrações de 0,1 mg/L, explicando o fato na habilidade de tilápias para usar o oxigênio dissolvido das camadas mais superficiais da lâmina d'água.

Tabela 3.4 Parâmetros físico-químicos de qualidade da água de cultivo (valores médios\*)

<b>Parâmetros físico-químicos</b>	<b>1º coleta</b>	<b>2º coleta</b>	<b>3º coleta</b>
Fósforo total (mg/L)	0,1	0,065	0,055
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	21,5	18,1	17,6
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,67	0,34	0,34
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,085	0,055	0,055
pH	9,7	6,7	6,9
Dureza total (mg/L)	20,5	16,85	16,6
Cálcio (mg/L)	5,05	3,85	3,85
Magnésio ( mg/L)	1,95	1,75	1,7
Turbidez (UNT)	81,5	31	33,5
Cor (mg Pt/L)	276	32	34
O D (mg/L)	11,2	8,5	8,5

\* Média calculada a partir de análise realizada em 2 replicatas

Segundo o CONAMA (BRASIL, 2005), os valores desejados de pH, em viveiros de aquíicultura, variam de 6 a 9. No tanque de cultivo em estudo, os valores de pH na água variaram de 6,7 a 9,7 (Tabela 3.4) , e no tanque de depuração de 6,2 a 6,35 (Tabela 3.5).

Os valores de pH podem variar durante o dia, em função da atividade fotossintética e respiratória das comunidades aquáticas, diminuindo em função do aumento na concentração de gás carbônico na água. Tilápias apresentam baixa sobrevivência em águas com pH abaixo de 4. A exposição a águas ácidas causa aumento na secreção de muco, irritação e inchaço nas brânquias, culminando com a destruição do tecido branquial. O pH da água de cultivo deve ser mantido entre 6 e 8, 5.

Abaixo de 4,5 e acima de 10,5 a mortalidade é significativa (SHELTON; POPMA, 2006).

O fósforo total deve, segundo o CONAMA (BRASIL, 2005), apresentar-se em um teor máximo de 0,03 mg/L, no ambiente lântico - tanque de cultivo e de no máximo 0,05 mg/L no ambiente intermediário - tanque de depuração. Pode-se verificar que no tanque de cultivo os valores encontrados variaram de 0,055 a 0,1 mg/L (Tabela 3.4), superiores ao limite da legislação, provavelmente devido a eutrofização em que se encontrava a água do tanque de cultivo, podendo ser atribuído ao efeito da ração e excreta dos peixes no sistema. No tanque de depuração foi registrado o mesmo valor para todas as coletas, de 0,015 mg/L, estando de acordo com o tolerado pela legislação (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 Parâmetros físico-químicos água de depuração (valores médios\*)

	1º coleta	2º coleta	3º coleta
Fósforo total( mg/L)	0,015	0,015	0,015
Alcalinidade Total ( mg CaCO <sub>3</sub> /L)	9,4	9,1	9,2
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	0,28	0,22	0,22
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,1	0,085	0,085
pH	6,25	6,20	6,35
Dureza total (mg/L)	35,05	34,95	34,5
Cálcio (mg/L)	9,35	9,35	9,2
Magnésio (mg/L)	2,85	2,85	2,8
Turbidez (UNT)	6,5	3,5	3,5
Cor aparente (mg Pt/L)	2	1,5	1,5

\* Média calculada a partir de análise realizada em 2 replicatas

A amônia não ionizada (NH<sub>3</sub>) é um metabólico proveniente da excreção nitrogenada dos peixes e outros organismos aquáticos e da decomposição microbiana de resíduos orgânicos como restos de alimentos, fezes e adubos orgânicos.

A literatura diverge quanto aos limites adequados de nitrogênio amoniacal na água de cultivo. Conceição (2002) recomenda que não seja excedido o valor de 0,05 mg/L para peixes tropicais e 0,012 mg/L para os salmonídeos. Boyd (1997) afirma que níveis abaixo de 0,15 mg de amônia (NH<sub>3</sub>)/L, são considerados seguros no cultivo de

pescado, como camarões e peixes tropicais. Especificamente para a tilápia, a concentração letal de amônia (DL 50) é de 2,3 a 2,6 mg/L (BOYD, 1990).

A legislação prevê que os valores máximos de nitrogênio amoniacal total, tolerados em águas utilizadas para piscicultura devem ser inferiores a 3,7 mg/L, em águas com pH menor ou igual a 7,5 e inferiores a 0,5 mg/L para pH superiores a 8,5 (BRASIL, 2005). Os valores obtidos na primeira coleta estão acima do preconizado pela legislação, com pH por volta de 9,7 e nitrogênio amoniacal 0,67 mg/L, outro parâmetro que corrobora com a ocorrência de eutrofização no ambiente de cultivo.

Os parâmetros de qualidade não devem ser analisados somente perante os valores descritos pela legislação, pois muitos deles são influenciados pelos demais quanto à sua toxidez. Níveis elevados de pH, como o ocorrido na primeira coleta, podem potencializar problemas com toxidez por amônia (SHELTON; POPMA, 2006).

O pH afeta o equilíbrio de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ ; em valores inferiores a 7 a fração de  $\text{NH}_4^+$  na reação de equilíbrio será predominante. Já com um pH mais alto, a fração de  $\text{NH}_3$  aumenta, podendo atingir concentrações tóxicas para os organismos aquáticos. Em água doce, a porcentagem de cada forma de amônia está determinada, basicamente, pelo pH e, em menor grau, pela temperatura do meio (ARANA, 2004).

A elevação do pH aumenta a concentração da forma não iônica da amônia na água, ou seja, a fração tóxica da amônia. Valores elevados de pH podem ocorrer nos horários de intensa luminosidade (insolação), em viveiros com grande quantidade de fitoplâncton. Sob baixos valores de pH ocorre aumento na proporção das formas tóxicas de nitrito e do gás sulfídrico, compostos tóxicos aos peixes e camarões, e que podem estar presentes em vários viveiros com grande acúmulo de resíduos orgânicos (SHELTON; POPMA, 2006)

A proximidade dos níveis de fósforo e nitrogênio, dentro e fora dos tanques, demonstra a qualidade da ração utilizada para a alimentação dos peixes confinados (BARBOSA et al., 2000). A alimentação é uma importante fonte de nutrientes para o sistema, e o seu controle pode ser feito por meio do uso de rações de alta qualidade, minimizando os impactos ambientais (BOYD, 2006).

Outra forma de minimizar os problemas causados pelo excesso de nutrientes, como o fósforo, é abrir mão de produtos químicos contendo ferro, alumínio e íons cálcio, que precipitam compostos de fósforo. Mais pesquisas são necessárias nesta área de conhecimento para indicar qual o melhor reagente para esta função, no intuito de limitar o crescimento demasiado do fitoplâncton (BOYD, 2006).

A alcalinidade recomendada para o cultivo em viveiros deve estar acima de 20 mg/L e o ideal entre 200 a 300 mg/L, pois um bom aporte de carbonato de cálcio mantém o equilíbrio entre bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e gás carbônico livre ( $\text{CO}_2$ ), mitigando as variações de pH (TOLEDO; CASTRO, 2001; BUTTNER; SODERBERG; TERLIZZI, 1993).

Os valores da alcalinidade total nos tanques de cultivo variaram de 17,6 a 21,5mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . (Tabela 3.4). Já no tanque de depuração, os valores ficaram em torno de 9 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  (Tabela 3.5). A alcalinidade funciona como um tampão regulador do pH da água do tanque ou viveiro. Em águas com alcalinidade acima de 20 mg/L ocorre melhor desenvolvimento do fitoplâncton, e conseqüentemente mudanças diárias bruscas do pH são minimizadas (TOLEDO; CASTRO, 2001; SALVADOR et al., 2003). Os valores encontrados para alcalinidade na água de cultivo estão abaixo dos recomendados pela literatura, conseqüentemente, poderão ocorrer oscilações diárias nos valores de pH no ambiente de cultivo e depuração.

Em ambientes aquáticos com boa reserva alcalina, acima de 50-100 mg/L, o pH flutua uma ou duas unidades, diariamente. Na parte da manhã os níveis de dióxido de carbono estão altos e o pH está baixo com o resultado da respiração durante a noite; o dióxido de carbono forma ácido quando dissolvido na água. Quando o dióxido de carbono é removido da água, o pH sobe. O pH mais baixo durante o dia está, normalmente, associado ao mais baixo nível de oxigênio dissolvido. O pH mais alto do dia está tipicamente associado aos altos níveis de oxigênio dissolvido (BUTTNER; SODERBERG; TERLIZZI, 1993). Na situação descrita neste ambiente de cultivo é recomendada a aplicação de calcário, devido ao fato da alcalinidade total ser inferior a 20 mg/L (BOYD, 2006).

A condutividade elétrica da água é medida pela sua capacidade em conduzir eletricidade, e depende da quantidade de íons nela contidos, constituindo um bom indicador da concentração total de sais na água. A tilápia é uma espécie considerada tolerante, uma vez que resiste a condutividade de 0,15 a 0,2 mS/cm (MOLLE; CADIER, 1992). Os valores encontrados para condutividade elétrica tanto para a água de cultivo, 0,055 – 0,085 mS/cm, como para a água de depuração, 0,085 – 0,1 mS/cm, estão inferiores ao valor considerado limite a ser tolerado pela tilápia, conforme a literatura (Tabelas 3.4 e 3.5).

A dureza pode ser definida como a concentração total de cálcio e magnésio na água, proveniente da dissolução de rochas calcáreas, variando de acordo com a

composição do solo de cada região. Os valores referentes a dureza total variaram de 16,6 a 20,5 mg/L na água de cultivo e 34,5 a 35,5 mg/L na água de depuração (Tabelas 3.4 e 3.5), classificados segundo Aragão, Buratini e Bertolotti (2003) como água mole (0 a 75 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ), sendo que para peixes brasileiros de forma geral, recomenda-se em torno de 50-80 mg  $\text{CaCO}_3$ /L. Os valores na água de cultivo para o cálcio variaram de 3,85 a 5,05 mg/L e para o magnésio 1,7 a 1,95 mg/L. Para a água de depuração os valores variaram, para o cálcio de 9,2 a 9,35 mg/L e para o magnésio de 2,8 a 2,85 mg/L. Recomenda-se a calagem para aumentar a dureza da água de cultivo.

A baixa dureza do corpo hídrico pode ser corrigida com adição de cloreto ou óxido de cálcio nos tanques. A utilização de óxido de cálcio em tanques de aquicultura é benéfica, uma vez que eleva o pH, disponibiliza carbono orgânico na água, diminui a transparência e a quantidade de matéria orgânica no sedimento, proporcionando melhor qualidade de água e produtividade (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2006).

A turbidez é um bom indicativo da densidade planctônica na água do tanque e dos viveiros. Águas com transparência maior que 60 cm permitem a penetração de grande quantidade de luz em profundidade, favorecendo o crescimento de plantas aquáticas submersas e de algas filamentosas. Águas com valores de transparência inferiores a 30 cm indicam um excessivo enriquecimento em nutrientes e em plâncton; podem apresentar maiores riscos de problemas com o baixo oxigênio dissolvido. Leituras de transparência de água são usadas como ferramenta no controle de adubação e da alimentação dos peixes (TOLEDO; CASTRO, 2001).

Segundo o CONAMA (BRASIL, 2005), a turbidez para água doce destinada à piscicultura (classe 2), deve ser de até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Os valores para água de cultivo variaram de 31 a 81,5 UNT (Tabela 3.4). Para a água de depuração os valores variaram de 3,5 a 6,5 UNT (Tabela 3.5), estando todos os valores abaixo dos preconizados pela legislação.

A cor dos corpos hídricos ocorre devido a existência de substâncias dissolvidas, ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica, podendo originar-se de minerais ou vegetações naturais, tais como substâncias metálicas, compostos de ferro e manganês, húmus, turfa, tanino, algas e protozoários, ou ainda, de despejos industriais (APHA, 1995).

O CONAMA (BRASIL, 2005), estabelece como limite para cor verdadeira, em águas utilizadas para cultivo de organismos e pesca o valor de 75 mg Pt/L. Os valores para cor, variaram de 32 a 276 mg Pt/L para água de cultivo (Tabela 3.4). Os valores

para cor estão 3,68 vezes mais altos que os sugeridos pelo CONAMA, atestando excesso de produtos dissolvidos na água que conferem coloração. Os valores da água de depuração variaram de 1,5 a 2 mg Pt/L (Tabela 3.5) estando de acordo com o previsto pela legislação.

O CONAMA (BRASIL, 2005) preconiza valores limites para alguns metais em amostras destinadas ao cultivo de organismos aquáticos em água doce, sendo para Cádmio 0,001 mg/L; Chumbo 10 µg/L e Mercúrio 0,2 µg/L. Os valores para chumbo nas amostras variaram de 0,07 a 0,935 µg/L.

Os valores encontrados nas amostras de água de cultivo para Cádmio e Mercúrio estiveram abaixo do limite de detecção do método utilizado, respectivamente <0,30 mg/L e <15 µg/L (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 Metais na água de cultivo (Valores médios \*)

	1º coleta	2º coleta	3º coleta
Cádmio total (mg/L)	** n.d.	** n.d.	** n.d.
Chumbo total (µg/L)	0,935	0,085	0,07
Mercúrio total (µg/L)	***n.d.	***n.d.	***n.d.

\* Média calculada a partir de análise realizada em 2 replicatas

\*\* n.d. = menor que o limite de quantificação do método <0,30 mg/L

\*\*\*n.d. = menor que o limite de quantificação do método <15 µg/L

### 3.3.1.2 Características microbiológicas

Os coliformes são importantes indicadores da qualidade da água; a resolução do CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) preconiza como tolerado, o valor de até 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL, em menos de 80% das amostras analisadas. Os valores encontrados nas amostras coletadas dos tanques de cultivo e de depuração estão todos dentro do tolerado pela legislação (Tabela 3.7). Os valores de coliformes totais e termotolerantes apresentaram-se mais baixos na água de cultivo quando comparado aos obtidos na água de depuração; este é um ponto crítico de controle, pois a água de depuração é proveniente de poço artesiano e não deve apresentar coliformes termotolerantes.

No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, a Resolução Conama nº 20, de 18 de junho de 1986, estabeleceu que o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80 % ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. As amostras analisadas nesta pesquisa estiveram abaixo destes valores.

Se submetêssemos os valores médios encontrados neste estudo à legislação mexicana por exemplo, quanto às áreas destinadas ao cultivo de organismos marinhos, teríamos aprovação da área utilizada para estudo nos referidos períodos de coleta, pois os valores encontrados estão abaixo de 70 NMP/100mL (HOUSER, 1965; PROGRAMA...1989).

Os índices de heterotróficos variaram, na água de cultivo, de  $6,75 \cdot 10^1$  a  $9 \cdot 10^2$  UFC/mL e na água de depuração de  $2 \cdot 10^2$  a  $3 \cdot 10^2$  (Tabela 3.7) apresentando amplitude de variação menor em relação à água de cultivo.

Lizárraga-Partida e Cárdenas (1996) constataram que o índice de pluviosidade influencia na contagem de heterotróficos, concordando com dados encontrados nesse trabalho, mesmo as coletas tendo sido realizadas em época com pouca incidência de chuvas. A contagem de heterotróficos mais alta,  $9 \cdot 10^2$  UFC/mL, se deu no único período de ocorrência de chuvas, referente à terceira coleta (Tabelas 3.2 e 3.7).

A contagem padrão de bactérias aeróbias heterotróficas mesófilas é considerada a técnica que melhor estima a densidade de bactérias contaminantes em águas não potáveis. A importância da avaliação do grau de poluição dessas águas, utilizando a contagem padrão de bactérias, está relacionada à determinação e delimitação da fonte poluidora, além de reforçar os padrões de qualidade da água e de traçar a sobrevivência de microrganismos (APHA, 1992).

Tabela 3.7 Parâmetros microbiológicos da água de cultivo e de depuração (valores médios\*)

	<b>Microrganismos</b>	<b>1º coleta</b>	<b>2º coleta</b>	<b>3º coleta</b>
ÁGUA DE CULTIVO	Coliformes totais NMP/mL	0,4	0,3	0,4
	Coliformes termotolerantes NMP/mL	*n.d.	0,3	*n.d.
	Heterotróficos UFC/mL	$5,55.10^2$	6,75.10	$9.10^2$
ÁGUA DE DEPURAÇÃO	Coliformes totais NMP/mL	1,5	4,3	0,9
	Coliformes termoterantes NMP/mL	0,9	0,3	0,3
	Heterotróficos UFC/mL	$2,165.10^2$	$2.10^2$	$3.10^2$

\* Média calculada a partir de análise realizada em 2 replicatas

\*n.d.= menor que o limite de detecção do método <0,3 NMP/mL

### 3.3.1.3 Levantamento do fitoplâncton da água de cultivo

Foram identificadas 37 espécies fitoplanctônicas sendo uma espécie de Cyanobacteria, 24 de Chlorophyceae, 10 de Bacillariophyceae, e uma de Euglenophyceae.

Na comunidade fitoplanctônica, as espécies que se apresentaram mais frequentes, foram as Chlorophyceae: *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs, *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat, *Scenedesmus bijugus* (Turpin) Kützing, *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson ex Ralfs e *Tetrastrum elegans* Playfair; seguidas das Bacillariophyceae: *Achananthes* sp, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen e *Melosira* sp (Tabela 3.8).

Nenhuma espécie foi considerada dominante ou abundante. Na primeira coleta *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson ex Ralfs, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen e *Melosira* sp foram pouco abundantes e as demais espécies raras. Na segunda, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen e *Melosira* sp. foram pouco abundantes e as demais espécies raras. Na terceira *Dimorphococcus lunatus* A. Braun, *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson ex Ralfs e *Tetrastrum elegans* Playfair foram pouco abundantes e as demais espécies raras (Tabela 3.8)

A densidade de algas foi baixa ao longo de todo o estudo. Considerando que a espécie de cianobactéria identificada e quantificada é unicelular, o número de células da espécie, ou seja,  $13 \text{ org.mL}^{-1}$  é igual a  $13 \text{ cel/mL}$ , portanto, abaixo do que é permitido pelo CONAMA (BRASIL, 2005) para águas destinadas à aquicultura, que é de até  $50.000 \text{ cel/mL}$ .

Tabela 3.8 Caracterização do fitoplâncton da água de cultivo quanto à Densidade - Dens (org.mL<sup>-1</sup>), Abundância - Ab (%) e Frequência Fq (%)

Espécies	1° Coleta		2° Coleta		3° Coleta		Fq
	Dens.	Ab	Dens.	Ab	Dens.	Ab	
<b>Cyanophyta</b>							
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	0	0	0	0	13	+	33
<b>Sub-total</b>	0		0		13		
<b>Chlorophyta</b>							
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini	0	0	41	8	0	0	33
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	0	13	+	33
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle	3	0	3	1	0	0	67
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	0	0	10	2	103	4	67
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) W. West & G.S. West	24	3	0	0	13	0	67
<i>Desmidium</i> sp.	0	0	0	0	23	1	33
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	12	1	0	0	13	+	67
<i>Dimorphococcus lunatus</i> A. Braun	0	0	33	7	490	17	67
<i>Euastrum</i> sp.	0	0	0	0	52	2	33
<i>Kirchneriella obesa</i> (G.S. West) Schmidle	12	1	0	0	23	1	67
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	0	0	0	0	26	1	33
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	0	0	9	2	23	1	67

(continuação...)

(continua)

<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	6	1	0	0	0	0	33
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs	33	4	37	7	218	7	100
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	3	0	16	3	94	3	100
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Kützing	24	3	29	6	158	5	100
<i>Scenedesmus protuberans</i> F.E. Fritsch & M.F. Rich	9	1	15	3	0	0	67
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson ex Ralfs	80	10	45	9	680	23	100
<i>Schoederia judayi</i> G.M. Smith	0	0	0	0	23	1	33
<i>Staurastrum leptocladum</i> L.N. Johnson	0	0	3	1	13	+	67
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	0	0	0	0	45	2	33
<i>Staurastrum</i> sp.2	0	0	0	0	23	1	33
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair	36	4	37	7	501	17	100
<i>Willea irregulares</i> (Wille) Schmidle	0	0	3	1	23	1	67
<b>Sub-total</b>	240		281		2555		
<b>Bacillariophyta</b>							
<i>Achananthes</i> sp.	21	3	9	2	23	1	100
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	274	33	97	19	101	3	100
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	73	9	23	5	0	0	67
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	0	0	3	1	0	0	33
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg	0	0	6	1	0	0	33
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	3	0	0	0	13	+	67
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	182	0	53	1	45	6	67

(continua)

(continuação...)

<i>Melosira</i> sp.	0	22	3	11	163	2	100
<i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrenberg) W. Smith - Unchecked	3	0	0	0	0	0	33
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	12	1	0	0	0	0	33
<b>Sub-total</b>	567		194		345		
<b>Euglenophyta</b>							
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg	3	0	3	1	0	0	67
<b>Sub-total</b>	3		3		0		
<b>Dinophyta</b>							
<i>Peridinium</i> sp.	12	1	21	4	23	1	67
<b>Sub-total</b>	12		21		23		

+\* corresponde a valores de abundância <1

Ocorreu neste estudo, alta diversidade específica em relação ao fitoplâncton, com índices superiores a  $3 \text{ bit.Cel}^{-1}$  (Figura 3.6), sendo encontrada, uma distribuição uniforme dos táxons nas amostras analisadas.

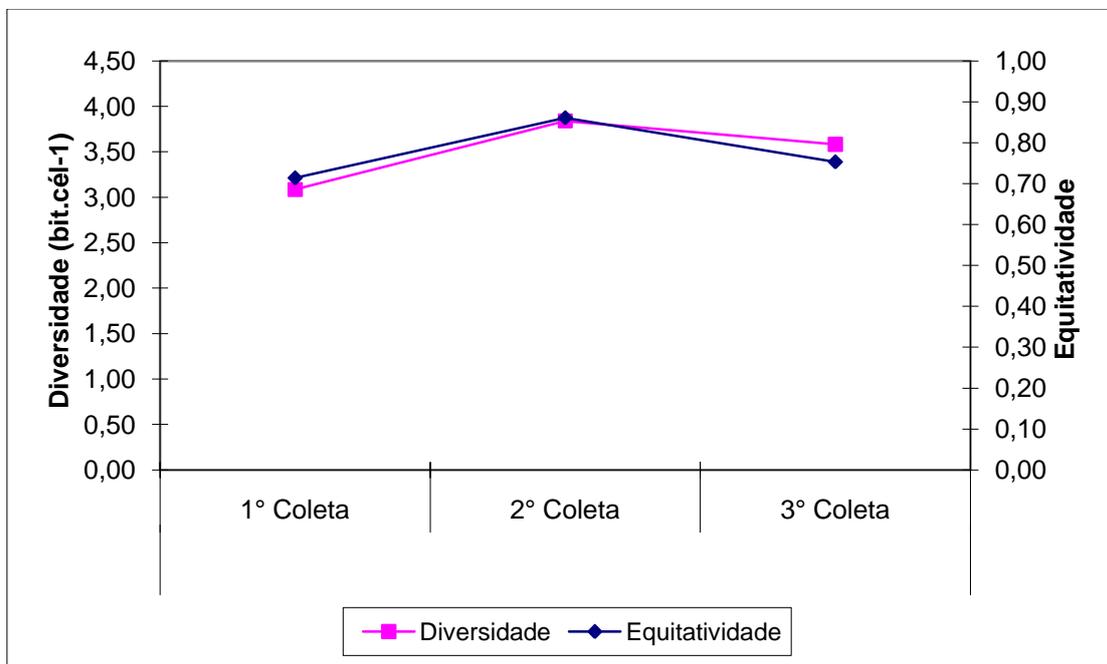


Figura 3.6 Índices de Diversidade e Equitatividade fitoplanctônica em função dos período de coleta

A presença de algumas espécies em relação às outras, é influenciada por fatores ambientais. A dinâmica dos nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) tem efeito direto na biota aquática, interferindo no crescimento e desenvolvimento dos organismos planctônicos e macrófitas. O fósforo é apontado como principal responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas destinados à criação de organismos aquáticos (ESTEVES, 1998).

A predação natural do fitoplâncton também constitui grande fator de interferência na dinâmica fitoplanctônica. Alguns organismos com tamanho reduzido e parede celular rígida são mais resistentes à predação por tilápias como no caso de Dinophyceae e Chlorophyceae, porém outros organismos, como Cyanobacteria e Zygnemaphyceae sofrem grande predação (FIGUEREDO; GIANI, 2005).

### 3.3.1.4 Substâncias provenientes de metabólicos fitoplanctônicos

#### 3.3.1.4.1 Cianotoxinas

Os cromatogramas mostraram que somente STX foram detectadas nas amostras analisadas (Figura 3.7, Tabela 3.9). Análises microscópicas da amostra de água de cultivo *in natura* revelaram a ocorrência de *Anabaena spiroides* Klebahn (potencialmente produtora de SXT) que poderia ter produzido estas cianotoxinas encontradas durante o período de diagnóstico. Porém, nas amostras coletadas para contagem de células e preservadas com lugol acético (WETZEL; LIKENS, 1991), esta espécie não foi encontrada (Tabela 3.8). Isto pode ser explicado devido à sensibilidade destes organismos ao preservativo e possível ruptura celular.

MC, NOD, ANA, e CYN não foram detectadas por LC-ESI-MS, nem tão pouco NEO, GTX1, GTX3 e GTX4 foram detectadas por HPLC-FD dentro dos limites de cada método: 0,5 ng para NOD; 0,7 ng para MC; 1 ng para ANA; 1,5 ng para CYN; 0,3 ng para NEO; 0,8 ng para GTX<sub>1</sub>; 0,015 ng para GTX<sub>3</sub>; e 0,96 ng para GTX<sub>4</sub>.

A presença de nutrientes na água, advindos da aquicultura, principalmente provenientes do processo de alimentação do pescado, foi considerada responsável pela eutrofização, afetando o ambiente e seus recursos pesqueiros (PRIETO et al., 2006), resultando em problemas como a incidência de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas (SOARES; MAGALHÃES; AZEVEDO, 2004).

Na legislação ambiental vigente (BRASIL, 2005) há limites para cianotoxinas (microcistinas, 1µg.L<sup>-1</sup>) na água tratada e para a densidade de cianobactérias. Nas amostras em estudo, a contagem de cianobactérias foi de 13 cel. mL<sup>-1</sup> somente na terceira coleta, sendo encontrada a espécie *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli, numa densidade abaixo do tolerado pela legislação 50.000 cel/mL, o que atesta que densidade baixa de cianobactérias não é preditivo quanto a ausência de cianotoxinas no ambiente.

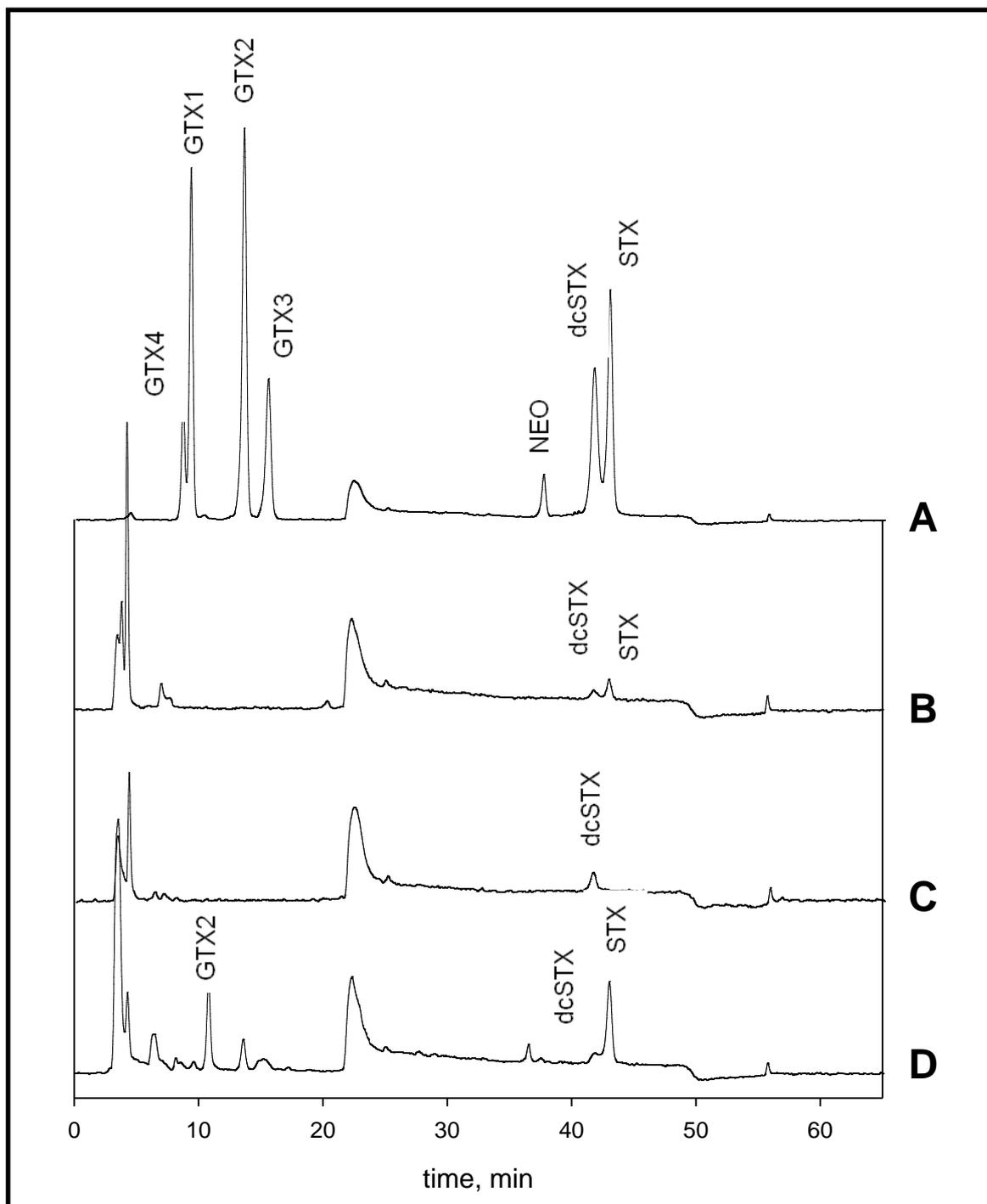


Figura 3.7 Cromatogramas referentes aos picos de saxitoxinas, sendo A = padrões analíticos de STX; B = amostras de hepatopâncreas; C = amostras de filé de tilápia e D=amostras de água

Tabela 3.9 Cianotoxinas (ng/mg amostra) na água de cultivo (Valores médios \*)

	1º coleta	2º coleta	3º coleta
<b>Água de cultivo</b>			
STX	n.d.**	n.d.	n.d.
dcSTX	n.d.	n.d.	n.d.
GTX <sub>2</sub>	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Amostra de rede (fitoplâncton)</b>			
STX	313	206	n.d.
dcSTX	207	191	n.d.
GTX <sub>2</sub>	50	31	n.d.

\* Média calculada a partir de análise realizada em 3 replicatas

\*\* n.d. menor que o limite de quantificação do método analítico: GTX<sub>2</sub> <0,03; dcSTX <0,04; STX <0,03

### 3.3.1.4.2 Substâncias que causam *off flavor*

A Geosmina (GEO) foi detectada nas amostras de água provenientes da coleta 1 e 2 (Figura 3.8). Analisando as amostras de água quanto à presença de GEO pode-se observar decréscimo dos valores, da primeira à terceira coleta: 22,73 ng/L; 8,81 ng/L; e não quantificado, respectivamente. Quanto ao número de espécies, ocorreu crescente aumento em relação às coletas: 20, 22, 27, respectivamente. Quanto à densidade média, a terceira coleta apresentou significativo aumento do número de indivíduos: 822, 500 e 2935 org.mL<sup>-1</sup>, respectivamente. Não havendo correlação aparente do número de indivíduos com a produção de compostos de *off flavor*.

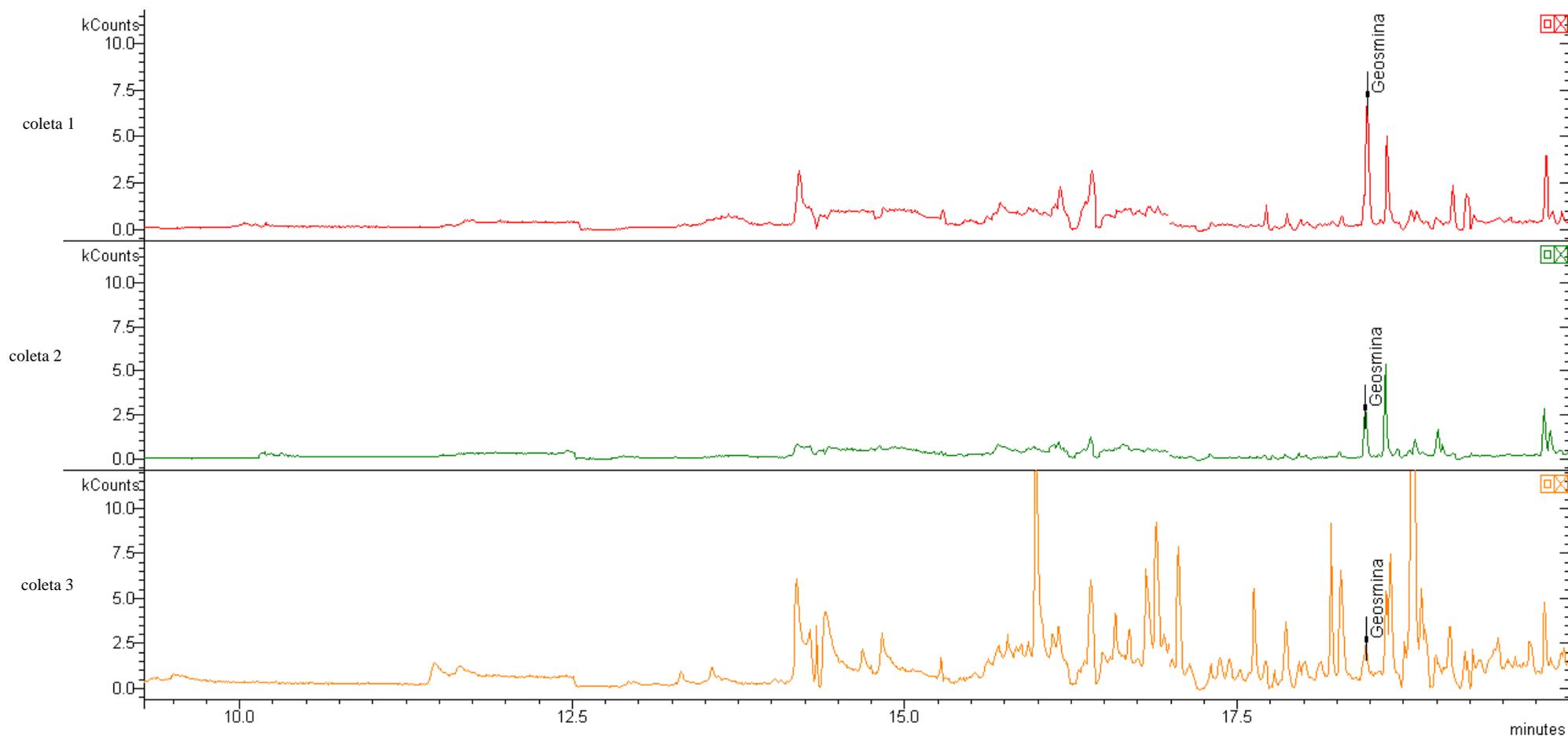


Figura 3.8 Cromatograma referentes aos picos para Geosmina nas coletas 1,2 e 3, respectivamente

Segundo a literatura, é possível detectar sensorialmente a presença de geosmina em concentrações de 35 a 40 ng/L (WOOD; SNOEYINK, 1977; PERSSON, 1980; MARTIN et al., 1987), estando os valores encontrados nesta pesquisa abaixo do citado como detectável pela literatura.

Dentre as espécies de microalgas encontradas nas amostras estudadas (Tabela 3.8), não foram identificadas espécies que, segundo a literatura, são potencialmente produtoras de compostos que causam *off flavor* (BERGLIND et al., 1983; HENLEN, 1970; IZAGUIRRE et al., 1999; JÜTNER et al., 1986; MATSUMOTO; TSUCHIYA, 1988; TSUCHIYA et al., 1981; NAES et al., 1988; TABACHNEK; YURKOWSKI, 1976; PERSSON, 1988; RASHASHI et al., 1995; SUGIURA et al., 1998; ZIMMERMAN et al., 1995; WU; JÜTNER, 1988; WATSON, 2003).

Pode-se levantar algumas hipóteses para o ocorrido: os compostos causadores de *off flavor* podem ter sido produzidos por actinobactérias ou por alguma espécie de fungo (SMITH; BOYER; ZIMBA, 2008); esses compostos podem ter sido produzidos anteriormente ao período de coleta, quando as espécies produtoras desses compostos secundários estavam presentes no ambiente, e foram decrescendo com o passar do tempo, ou, então, as espécies produtoras desses compostos localizam-se na vegetação das margens ou no sedimento (SMITH; BOYER; ZIMBA, 2008).

Há a necessidade de se estudar a possibilidade de que outras espécies encontradas nesta pesquisa, sejam potencialmente produtoras de compostos que geram *off flavor*.

### **3.3.2 Parâmetros de qualidade do pescado**

#### **3.3.2.1 Análises físico-químicas**

Verificou-se no decorrer das coletas, diferença quanto às perdas de peso durante o processo de depuração (Tabela 3.10). Pode-se constatar que quanto menor a temperatura da água (Tabela 3.3), menores foram as perdas de peso durante o processo de depuração, provavelmente devido à diminuição do metabolismo dos animais. O que leva à possibilidade de otimização do processo de depuração.

Tabela 3.10 Perda de peso de tilápias submetidas ao processo de depuração

Coleta	Perda de peso(%)
1º	15
2º	9
3º	0,5

Lovell e Broce (1985) sugerem o processo de depuração para a eliminação de *off flavor* em *catfish* (*Pimelodus* sp), mas alerta para a significativa perda de peso que pode chegar a 12% do peso inicial, em função da não alimentação durante o processo. Em seu estudo, o autor registrou perda de peso de 5% nos peixes submetidos a 3 dias de depuração e de 7% após 6 dias de depuração.

Sob temperaturas de 22 a 24°C o *catfish* (*Pimelodus* sp) apresentou perda de peso entre 10 a 17%; já a 16°C a perda de peso ficou em torno de 8 a 9%, concordando com dados encontrados nesta pesquisa sobre menores perdas de peso quando utilizadas temperaturas mais baixas (JONHSEN et al., 1996).

Os valores quanto ao pH do filé apresentaram variações mínimas de 6,2 a 6,3. Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2001) os limites máximos de pH estão na faixa de 6,5 a 6,8 no pescado em estado fresco. Portanto, todas as amostras estão de acordo com a legislação vigente.

A literatura relata que, enquanto avança a deterioração bacteriana, há acúmulo de produtos de natureza básica, tais como trimetilamida, dimetilamida, amônia e algumas bases orgânicas, como putrescina e cadaverina, produzidas pela hidrólise bacteriana de compostos nitrogenados. Entretanto, mudanças de pH, devido à deterioração bacteriana, diferem marcadamente com a variedade do pescado e a época do ano (TOMIYASU; ZENITANI, 1957).

Segundo a legislação, o valor máximo permitido para BNVT é de 30mg/100g (BRASIL, 2001). Os valores observados nas amostras de tilápia variaram de 8,4 a 11,6 mg/100g estando portanto, abaixo do limite tolerado pela legislação (Tabela 3.11).

Os teores de BNVT, são indicadores de possíveis alterações, uma vez que dentro desta denominação genérica, encontram-se diferentes substâncias como amônia, trimetilamina, dimetilamina, etilamina, monometilamina, putrescina, cadaverina e

espermidina, sendo que, quantitativamente, as maiores alterações químicas associadas à deterioração são devidas à produção de trimetilamina e amônia (SIKORSKI et al., 1994).

Tabela 3.11 Características físico-químicas de filés de tilápia

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
Filés não depurados			
pH	6,3	6,2	6,2
BNVT (mg/100g)	8,6	11,6	10,5
Filé depurado			
pH	6,2	6,2	6,2
BNVT (mg/100g)	10,4	8,4	10,2

\* Valores médios de análises realizadas em 3 replicatas

### 3.3.2.2 Análise microbiológica

Segundo a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA (BRASIL, 2001), o limite máximo para coliformes termotolerantes é de  $10^2$  NMP/g, para pescado *in natura*. Observou-se, neste trabalho, que todos os valores encontrados para coliformes termotolerantes, nas amostras de filé de tilápia, estão dentro dos limites tido como aceitáveis pela legislação (Tabela 3.12).

Apesar da legislação brasileira não possuir limite de tolerância para este tipo de alimento, no que se refere a coliformes totais, tais análises foram realizadas para que se tivesse conhecimento da presença ou não desses microrganismos no alimento, assim como da qualidade higiênico-sanitária deste, pois a contagem dos coliformes totais

corresponde ao total dos microrganismos gram-negativos, da família das Enterobacteriaceae, encontrados em uma amostra.

Tabela 3.12 Parâmetros microbiológicos do filé de pescado depurado (FD) e não depurado (FC) (valores médios\*)

Coleta	Coliformes	Coliformes	Mesófilos	<i>Staphylococcus</i>	<i>Salmonella</i> sp	
	Totais	Termotolerantes	UFC/g	UFC/g		
	NMP/mL	NMP/mL				
FD	1°	4	4	$2,4 \cdot 10^2$	**n.d.	Ausência
	2°	3	*n.d.	$4,7 \cdot 10^2$	**n.d.	Ausência
	3°	9	9	$4,0 \cdot 10^2$	**n.d.	Ausência
FC	1°	4	*n.d.	$3,4 \cdot 10^2$	**n.d.	Ausência
	2°	1,5.10	9	$4,0 \cdot 10^2$	**n.d.	Ausência
	3°	2,3.10	3	1,75.10	**n.d.	Ausência

\* Valores médios de análises realizadas em 2 replicatas

\*n.d.= menor que o limite de detecção do método  $<0,3$  NMP/mL

\*\*n.d.= menor que o limite de detecção do método  $< 10^2$

A legislação brasileira não apresenta limites para mesófilos aeróbicos, sendo considerado como esperado, as contagens de até  $10^2$ . Esses microrganismos estão ligados à manipulação e ao armazenamento em temperaturas inadequadas, e quanto maior o número de indivíduos encontrados, mais rápida será a alteração e conseqüente deterioração do alimento.

Na legislação vigente (BRASIL, 2001) estão estabelecidos os limites de tolerância para *Staphylococcus* de, no máximo,  $10^3$  UFC/g e para *Salmonella*, ausência em 25 g, tanto para o pescado *in natura* como para o pescado congelado. Todos os valores encontrados para *Staphylococcus* e *Salmonella* estão de acordo com o tolerado pela legislação (Tabela 3.12).

A legislação brasileira não especifica se os valores utilizados como limite tolerado se referem ao pescado na produção ou no varejo.

### 3.3.2.3 Cianotoxinas

Quanto à análise de toxinas nas amostras de pescado, detectou-se o grupo das saxitoxinas: STX e dcSTX. Os resultados indicaram que a tilápia do Nilo pode acumular essas toxinas no hepatopâncreas e nos filés, se estas estiverem presentes no ambiente (Figuras 3.9 e 3.10).

Dados toxicológicos de STX são limitados e precisam ser estudados mais detalhadamente. Não há relatos sobre os efeitos crônicos das STX em animais ou seres humanos, conseqüentemente, o Painel Científico dos Contaminantes da Cadeia Alimentar (CONTAM Panel) não pôde estabelecer a dose tolerável de ingestão diária para esta toxina, porém, decidiu estabelecer a dose referência aguda (DRf aguda) para STX (EFSA, 2009).

A partir das informações disponíveis sobre a intoxicação em seres humanos, incluindo dados de mais de 500 indivíduos, uma concentração de menor efeito adverso observado (LOAEL – *Lowest Observed Adverse Effect Level*) da ordem de 1,5 µg de STX por kg de peso corporal (p.c.) foi estabelecido. Em função de que muitos indivíduos não sofreram reações adversas em altas doses ingeridas, é esperado que a concentração LOAEL tenha efeito em pessoas sensíveis. Portanto, o CONTAM Panel concluiu que um fator 3 foi suficiente para estimar a concentração de efeito adverso não-observado (NOAEL- *No Observable Adverse Effect Level*) como de 0,5 µg de STX, por kg de p.c. Assim, o CONTAM Panel adotou 0,5 de µg STX, por kg de p.c. como a dose referência aguda (DRf aguda) para SAX e seus equivalentes (EFSA, 2009).

Para proteção contra efeitos agudos de STX, a monitorização de moluscos se faz necessária. De acordo com a FAO e WHO, toxinas pertencentes à família das STX não podem exceder 80 µg STX/100 g em moluscos *in natura* (CODEX, 2008). Porém, o CONTAM Panel observou o consumo de 400 g de carne de molusco contaminado com STX em concentrações maiores do que a DRf aguda estabelecida. No limite máximo recomendado para STX, o consumo desse alimento resultaria em uma ingestão de 320µg da toxina, equivalente a 5,3 µg/kg de p.c. em um adulto de 60 kg, sendo este consumo, consideravelmente superior ao DRf aguda estabelecido equivalente a 30 µg/Kg de p.c, de um adulto de 60 Kg e é, portanto, uma preocupação para a saúde pública (EFSA, 2009).

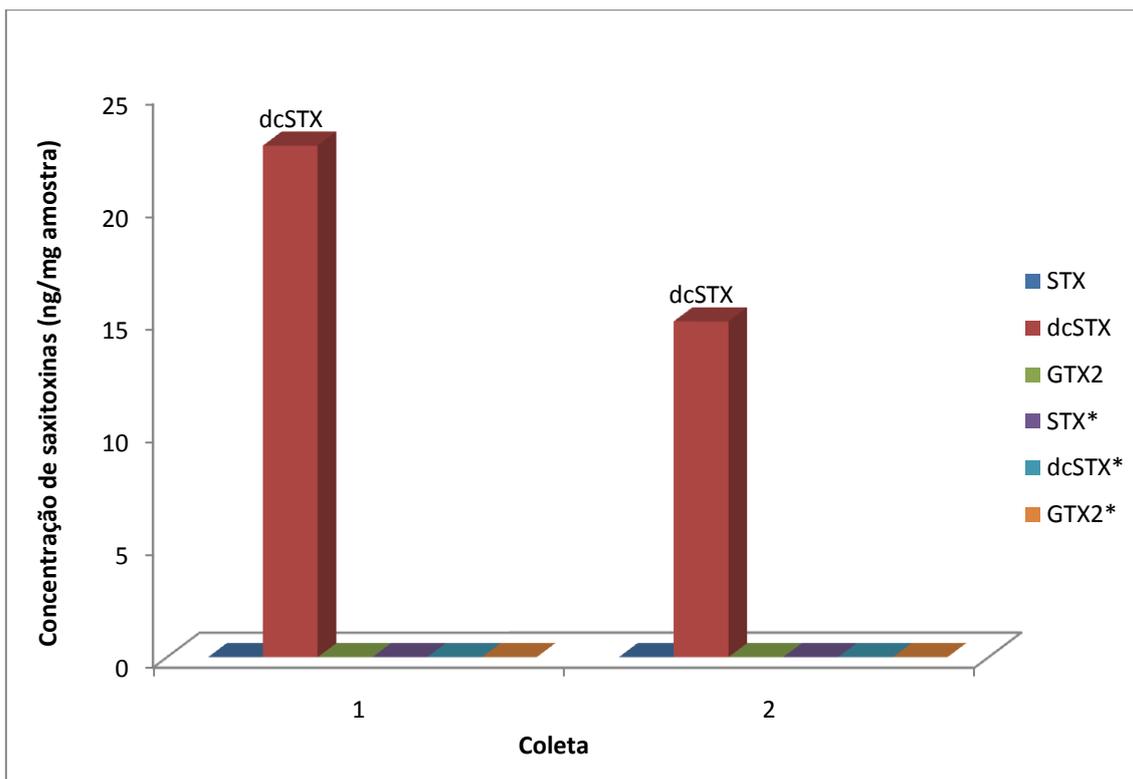


Figura 3.9 Incidência de saxitoxinas em filés de tilápia (STX, dcSTX, GTX2) e filés de tilápia depurada (STX\*, dcSTX\*, GTX2\*) em diferentes períodos de coletas

Deve ser levado em consideração pelo meio científico e autoridades competentes, o fato de que a não detecção das cianotoxinas na água de cultivo (Tabela 3.9), não isenta sua presença no ambiente, pois elas se fizeram presentes nas amostras de fitoplâncton (Figura 3.10). Como as tilápias se alimentam do fitoplâncton, a bioacumulação pode ter se dado tanto no hepatopâncreas quanto no filé (Figuras 3.9 e 3.10).

Embora os níveis de STX encontrados nos músculos de tilápia no presente estudo, estejam abaixo dos preconizados pela legislação, há o perigo eminente da presença destas toxinas em alimentos, visto que, uma maior exposição do pescado a estas toxinas pode resultar em maior bioacumulação, como já foi documentado para MC (IBELINGS; CHORUS, 2007), resultando em um problema de saúde pública.

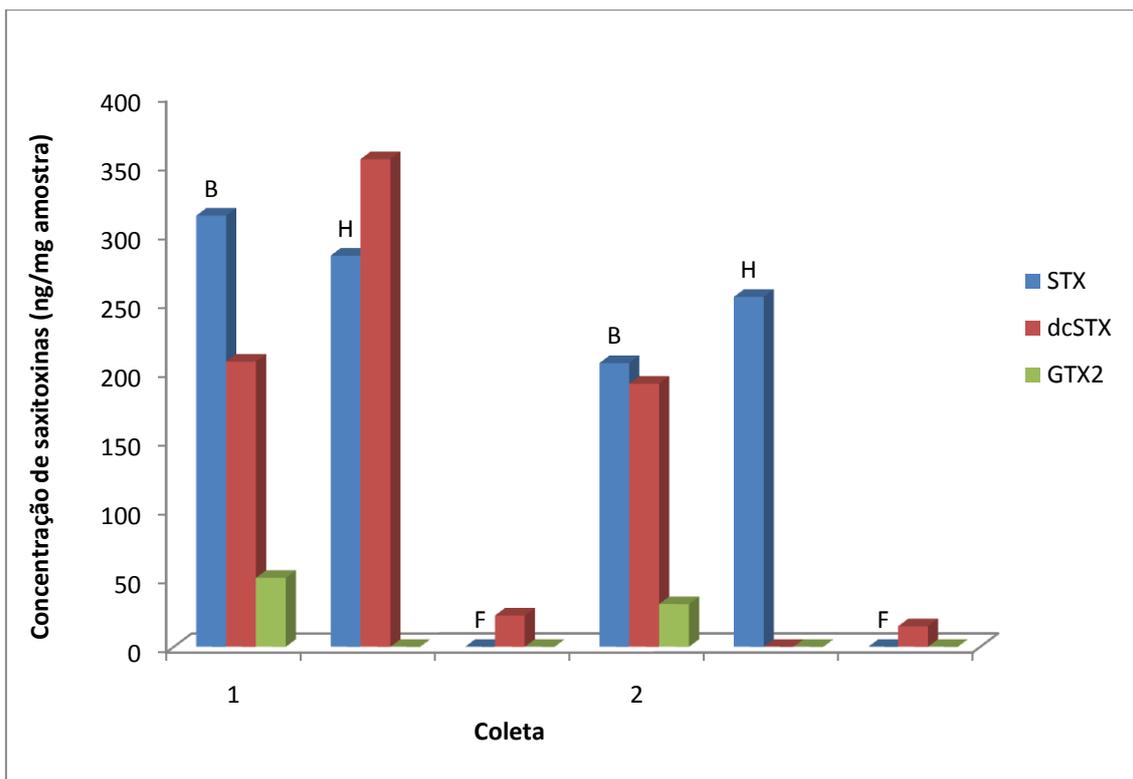


Figura 3.10 Incidência de saxitoxinas (STX, dcSTX, GTX<sub>2</sub>) em amostras do fitoplâncton (B), hepatopâncreas (H) e filés de tilápia (F) em diferentes períodos de coleta

O cultivo de tilápias em água doce tem sido frequentemente praticado no Brasil e em muitos outros países da África e na China (CANONICO et al., 2005), sendo que, o uso da depuração na rotina da produção, tem resultado na diminuição do número de microorganismos, *off flavor* e eliminado ou diminuído a presença de substâncias advindas do metabólitos de fitoplâncton no pescado. Neste processo, o pescado é transferido para tanques artificiais com água limpa e corrente, sem alimentação (STICKNEY, 2005).

Os resultados deste trabalho sugerem que a depuração, além de ser adotada para minimizar problemas com contaminação microbiana e *off flavor*, é um processo simples, que pode ser adotado por produtores, no sentido de diminuir ou eliminar a presença de STX (Figuras 3.9 e 3.11).

O monitoramento de STX em água doce deveria ser considerado uma questão relevante no quesito segurança alimentar pelas autoridades competentes, pois a ocorrência de florações de cianobactérias, produzindo STX em aquicultura, pode representar riscos à qualidade do pescado comercializado (DITTMAN; WIEGAND, 2006).

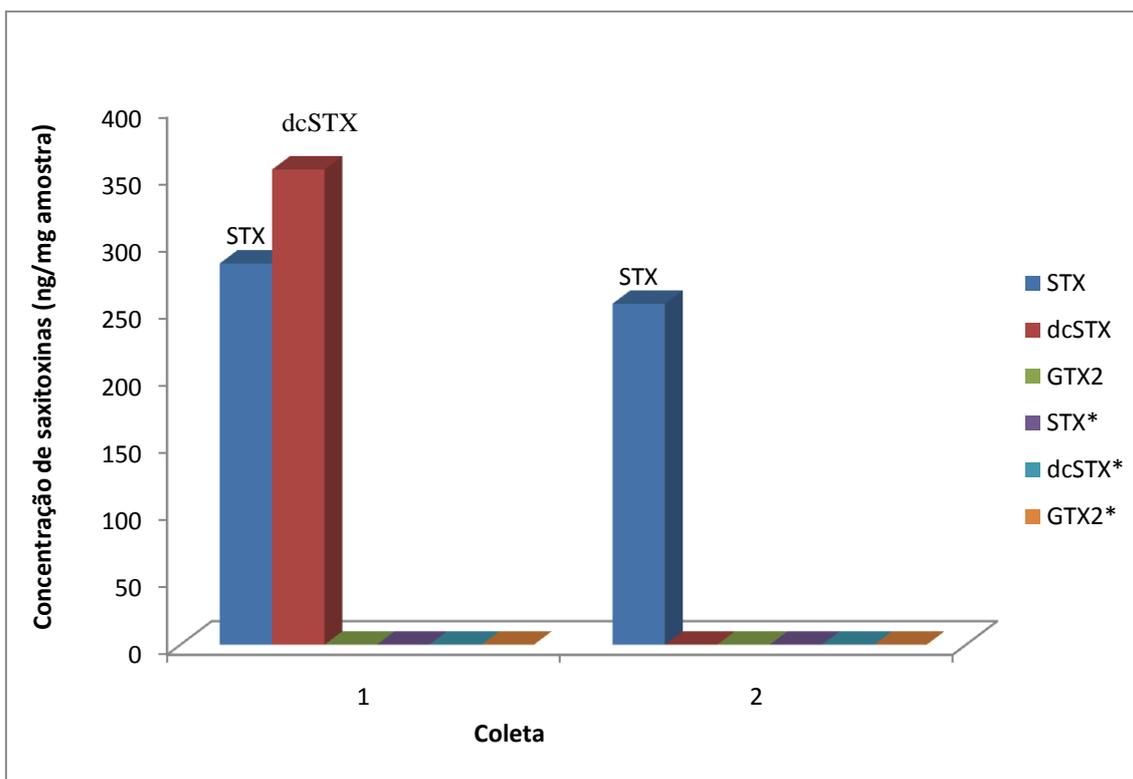


Figura 3.11 Incidência de saxitoxinas em hepatopâncreas de tilápia (STX, dcSTX, GTX2) e hepatopâncreas de tilápia depurada (STX\*, dcSTX\*, GTX2\*)

### 3.4 CONCLUSÕES

Boas práticas de manejo são necessárias durante todo o período de produção do pescado cultivado, para que sejam minimizados impactos ambientais devido ao aporte excessivo de nutrientes, especialmente nitrogênio amoniacal e fósforo total, provenientes da ração, na água de cultivo.

O levantamento da densidade de cianobactérias na água de cultivo, não pode ser considerada preditiva quanto a sinalizar a ausência de saxitoxinas, portanto, a legislação vigente deveria ser revista.

A não detecção de saxitoxinas na água de cultivo, não isenta sua presença no ambiente, pois as mesmas foram detectadas no fitoplâncton. A tilápia se alimenta do fitoplâncton, e foram detectadas saxitoxinas tanto no hepatopâncreas quanto no filé, mostrando bioacumulação dessas substâncias.

Os resultados desta pesquisa sugerem que a depuração deve ser adotada por produtores, no sentido de diminuir ou eliminar a presença de STX.

O monitoramento de STX em água doce deveria ser considerado uma questão relevante no quesito segurança alimentar, pelas autoridades competentes, pois a ocorrência de florações de cianobactérias produzindo STX na aquíicultura, pode representar riscos à qualidade do pescado comercializado, resultando em um problema de saúde pública

Embora tenham sido detectados compostos que conferem *off flavor* à água de cultivo, nenhuma espécie de microalga no momento da coleta foi relacionada à síntese deste composto.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 14. ed. Washington, DC, 1975. 1193 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington, DC, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, DC, 1995. 875 p.

ANJOS, F.M.D.; OLIVEIRA, M.C.B.; ZAJAC, M.P.; HILLER, S.; CHRISTIAN, B.; ERLER, K.; LUCKAS, B.; PINTO, E. Detection of harmful cyanobacteria and their toxins by both PCR amplification and LC-MS during a bloom event. **Toxicon**, Oxford, v. 48, n. 3, p. 239-245, 2006.

ARAGÃO, M.A.; BURATINI, S.V.; BERTOLETTI, E. Total hardness of surface waters in São Paulo State (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 15-18, 2003.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2004. 231 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, VA, 1990. p. 881-882.

BARBOSA, D.S.; OLIVEIRA, M.D.; NASCIMENTO, F.L.; SILVA, E.L.V. Avaliação da qualidade da água na piscicultura em Tanques-rede, Pantanal, MS. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3., 2000, Corumbá- MS. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000.

BERGLIND, L.; HOLTAN, H.; SKULBERG, O.M. Case studies on off-flavors in some Norwegian lakes. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 15, p. 199-209, 1983.

BEYRUTH, Z.; SANTANA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; CARVALHO, M.C.; PEREIRA, H.A.S.L. Toxic algae in freshwaters of São Paulo State. In: CORDEIRO-MARINHO, M.; AZEVEDO, M.T.P.; SANT'ANNA, C.L.; TOMITA, N.Y.; PLASTINO, E.M. **Algae and environment: a general approach**. São Paulo: SBFic/CETESB, 1992. p. 53-64.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2006.

BIOCONTROL SYSTEM INC. **Manual Biocontrol para utilização do kit 1-2 Test Salmonella**. Disponível em: <[http://courses.ag.uidaho.edu/fst/fstmmbb417/1-2\\_Directions-English.pdf](http://courses.ag.uidaho.edu/fst/fstmmbb417/1-2_Directions-English.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2008.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; SANTOS, D.M. da S.; MOURA, A.N. Cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using molecular method. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 70, p. 1005-1010, 2010.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; KUJBIDA, P.; CARDOZO, K.H.M.; CARVALHO, V.M.; MOURA, A.N.; COLEPICCOLO, P.; PINTO, E. A novel rhythm of microcystin biosynthesis is described in the cyanobacterium *Microcystis panniformis* Komárek et al. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 326, p. 687-694. 2005.

BOYD, C.E. Management of bottom soil condition and pond water and effluent quality. In: CHHORN, L.; WEBSTER, C.D. (Ed.). **Tilapia: biology, culture and nutrition**. Chicago: Food Products Press, 2006. cap. 11, p. 449-468.

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aquicultura**. Campinas: Mogiana Alimentos, 1997. 55 p.

BOYD, C.E. **Water quality management for pond fish culture**. New York: Elsevier, 1990. p. 197-253.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos para oficiais de controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II – Métodos físicos e químicos**. Brasília, DF, 1981. cap. 11, p. 5-6: Pescado fresco.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 40, de 21 de março de 2001: regulamento técnico para rotulagem nutricional obrigatória de alimentos e bebidas embaladas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 mar. 2001. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/40\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/40_01rdc.htm)>. Acesso em: 01 jan. 2009.

BRASIL. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999. Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes: sal e salmoura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 142, Seção 1, p. 10, 27 jul. 1999. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2855>>. Acesso em: 01 jan. 2009.

BRUNSON, M.W.; LUTZ, C.G.; DURBOROW, R.M. **Algae blooms in commercial fish production ponds**. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, 1994. (SRAC Publication, 466).

BUTTNER, J.K.; SODERBERG, R.W.; TERLIZZI, D.E. **An introduction to water chemistry in freshwater aquaculture**. Dartmouth: University of Massachusetts, Northeastern Regional – Aquaculture Center, 1993. 4 p. (NRAC Fact Sheet, 170).

CALIJURI, M.C.; DEBERT, G.L.B.; MINOTI, R. A produtividade primária pelo phytoplankton na Represa de Salto Grande (Americana – SP). In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. São Paulo: FAPESP, FUNABIO, 1999. p. 109-148.

CANONICO, G.C.; ARTHINGTON, A.; MCCRARY, J.K.; THIEME, M.L. The effects of introduced tilapia on native biodiversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, Chichester, v. 15, p. 463-483, 2005.

CARR, J. M.; HERGENRADER, G. L.; TROELSTRUP, N. H. A simple inexpensive method for cleaning diatoms. **Transactions of the American Microscopical Society**, Menasha, v. 105, p. 152-157, 1986.

CLIMAS BRASILEIROS. **Região sudeste**. Disponível em: <http://www.brcactaceae.org/clima.html#sudeste>. Acesso em: 10 fev. 2011.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. **Report of the twenty-ninth session of the codex committee on fish and fishery products**. Rome, Italy. 2008. p. 67.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1988.

CONCEIÇÃO, C.H.Z. **Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no controle das características químicas, físicas e biológicas da água para piscicultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2002.

CRONBERG, G.; ANNADOTTER, H. **Manual on aquatic cyanobacteria a photo and a synopsis of their toxicology**. Kobenhavn, Denmark: International Society for the Study of Harmful Algae - ISSHA, 2006. 106 p.

CYBIS, L.F.; BENDATI, M.M.; MAIZONAVE, C.R.M.; WERNER, V.R.; DOMINGUES, C.D. **Manual para estudo de cianobacterias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa Lomba de Sabão e Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul**. Porto alegre: ABES, 2006. 64 p.

DAHLMANN, J.; BUDAKOWSKI, W.R.; LUCKAS, B. Liquid chromatography–electrospray ionisation-mass spectrometry based method for the simultaneous determination of algal and cyanobacterial toxins in phytoplankton from marine waters and lakes followed by tentative structural elucidation of microcystins. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 994, n. 1-2, p. 45-57, 2003.

DEEDS, J.R.; LANDSBERG, J.H.; ETHERIDGE, S.M.; PITCHER, G.C.; LONGAN, S.W. Non-traditional vectors for paralytic shellfish poisoning. **Marine Drugs**, Basel, v. 6, p. 308-348, 2008.

DIENER, M.; ERLER, K.; HILLER, S.; CHRISTIAN, B.; LUCKAS, B. Determination of Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) toxins in dietary supplements by application of a new HPLC/FD method. **European Food Research and Technology**. Heidelberg, v. 224, p. 147-151. 2006.

DITTMANN, E.; WIEGAND, C. Cyanobacterial toxins – occurrence, biosynthesis and impact on human affairs. **Molecular Nutrition and Food Research**, Weinheim, v. 50, p. 7-17, 2006.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY - EFSA. Marine biotoxins in shellfish – saxitoxin group. **The EFSA Journal**, Parma, Italy, n. 1019, p. 1-3, 2009.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Test methods for evaluating solid waste physical/chemical methods –SW846**. Richmond: EPA, National Technical Information Service, 1996.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência; FINEP, 1998. 602 p.

FIGUEREDO, C.C.; GIANI, A. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplankton community of the Furnas Reservoir (Brazil). **Freshwater Biology**, Oxford, v. 50, p. 1391-1403, 2005.

GALVÃO, J.A.; FURLÁN, E.F.; SALÁN, E.O.; PORTO, E.; OETTERER, M. Características físico-químicas e microbiológicas (*S. aureus* e *B. cereus*) da água e de mexilhões cultivados na região de Ubatuba-SP. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, p. 1124-1129, 2006.

GALVÃO, J.A.; OETTERER, M.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; GOUVÊA-BARROS, S.; HILLER, S.; ERLER, K.; LUCKAS, B.; PINTO, E.; KUJBIDA, P. Saxitoxins accumulation by freshwater tilapia (*Oreochromis niloticus*) for human consumption. **Toxicon**, Oxford, v. 54, p. 891-894, 2009.

HENLEY, D.E. **Odours metabolite and other selected studies of cyanophyta**. 1970. Thesis (PhD) - North Texas State University, Denton, 1970.

HOUSER, L.S. **National shellfish sanitation program**: manual of operations. Part I. Sanitation of shellfish growing areas. Washington: Department of Health, Education and Welfare, 1965. 142 p.

HUMPAGE, A. Toxin types, toxicokinetics and toxicodynamics. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 619, p. 383-415, 2008.

HUSZAR, V.L.M.; [SILVA, L.H.S. da](#); [MARINHO, M.M.](#); [DOMINGOS, P.](#); [SANT'ANNA, C.L.](#) Cyanoprocaryotes assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 424, n. 1/3, p. 67-77, 2000.

IBELINGS, B.W.; CHORUS, I. Accumulation of cyanobacterial toxins in freshwater "seafood" and its consequences for public health: A review. **Environmental Pollution**, London, v. 150, p. 177-192, 2007.

IZAGUIRRE, G.; TAYLOR, W.D.; PASEK, J. Off flavor problems in two reservoirs, associated with planktonic *Pseudanabaena* species. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 6, p. 85-90, 1999.

JOHN, D.M.; WHITTON, B.A.; BROOK, A.J. **The freshwater algal flora of the British Isles**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

JONHSEN, P.B.; LLOYD, S.W.; VINYARD, B.T.; DIOGINI, C.P. Effects of temperature on the uptake and depuration of the *off flavor* metabolite 2-methylisoborneol by Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). **Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science**, Ottawa, v. 27, n. 1, p. 15-20, 1996.

JÜTNER, F.; HOFLACHER, B.; WURSTER, K. Seasonal analysis of volatile organic biogenic substances (VOBS) in freshwater phytoplankton populations dominated by Dinobryon, Microcystis and Aphanizomenon. **Journal of Phycology**, Baltimore, v. 22, p. 169-175, 1986.

JUSTI, K.M.; PADRE, R.G.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; VISENTAINER, J.V. SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Efeito da temperatura da água sobre desempenho e perfil de ácidos graxos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 529-534, 2005.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H.; Mollenhauer, D. (Ed.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1**. Jena: Gustav Fischer, 1999.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: Büdel, B.; Krienitz, L.; Gärtner, G.; Schagerl, M. (Ed.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2**. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005.

KOMÁREK, J.; CRONBERG, G. Some Chroococcalean and Oscillatorialen Cyanoprokaryotes from southern African lakes, ponds and pools. **Nova Hedwigia**, Weinheim, v. 73, p. 129-160, 2001.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. **Chlorophyceae**. Chlorococcales. Stuttgart: Begründet von August Thienemann, 1983.

KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. **Bacillariophyceae**, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae and Eunotiaceae. Stuttgart: Semper Bonis Artibus, 1991a.

KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. **Bacillariophyceae**, 4. Teil: Achananthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) and *Gomphonema* Gesamthitratverzeichnis. Stuttgart: Semper Bonis Artibus, 1991b.

LAGOS, N.; ONODERA, H.; ZAGATTO, P.A.; AZEVEDO, S.M.F.Q.; OSHIMA, Y.; The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*, isolated from Brazil. **Toxicon**, Oxford, v. 37, n. 10, p. 1359-1373, 1999.

LIZÁRRAGA-PARTIDA, M.L.; CÁRDENAS, G.V. Influence of water circulation on marine and faecal bacteria in a mussel-growing area. **Marine Pollution Bulletin**, London, v. 32, n. 2, p. 196-201, 1996.

LOBO, E.A.; LEIGHTON, G. Estructura de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. **Revista de Biología Marina**, Santiago, v. 22, n. 1, p. 143-170, 1986.

LOVELL, R.T.; BROCE, D. Cause of musty flavor in pond-cultured penaeid shrimp. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 50, p. 169-174, 1985.

LOVSHIN, L.L. Tilapia farming: a growing worldwide aquaculture industry. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...** Campinas: CBNA, 1997. p. 137-164.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis**: some revised method for limnologists. Kendall: Titus Wilson & Son, 1978. 117 p.

MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M.; AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. **Toxicon**, Oxford, v. 39, p. 1077-1085, 2001.

MARTIN, J.F.; McCOY, C.P.; GREENLEAF, W., BENNETT, L. Analysis of 2-methylisoborneol in water, mud and channel catfish from commercial culture ponds in Mississippi. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, Ottawa, v. 44, p. 909-912, 1987.

MATSUMOTO, A.; TSUCHIYA, Y. Earthy-musty odor-producing cyanophytes isolated from Five Waters areas in Tokyo. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 20, n. 8-9, p. 179-183, 1988.

MATTEUCCI, S.D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington, DC: Secretaria General de la Organizacion de los Estados Americanos, 1982. 168 p. (Programa Regional de Desarrollo Cientifico y Tecnológico).

MOLICA, R.J.R.; ONODERA, H.; GARCÍA, C.; RIVAS, M.; ANDRINOLO, D.; NASCIMENTO, S.M.; MEGURO, H.; OSHIRA, Y.; AZEVEDO, S.M.F.O.; LAGOS, N. Toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (*Cyanophyceae*) isolated from Tabocas reservoir in Caruaru, Brazil, including demonstration of a new saxitoxin analogue. **Phycologia**, Berkeley, v. 41, n. 6, p. 606-611, 2002.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE; Orstom; Tapi, 1992. 523 p.

MONSERRAT, J.M., YUNES, J.S., BIANCHINI, A. Effects of *Anabaena spiroides* (cyanobacteria) aqueous extracts on the acetylcholinesterase activity of aquatic species. **Environmental Toxicology & Chemistry**, New York, v. 20, n. 6, p. 1228-1235, 2001.

NAES, H.; UTKILEN, H.C.; POST, A.F. Factors influencing geosmin production by the cyanobacterium *Oscillatoria brevis* (Kütz.) Gom. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 20, p. 125-131, 1988.

NEGRI, A.P.; JONES, G.J. Bioaccumulation of paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins from the cyanobacterium *Anabaena circinalis* by the freshwater mussel *Alathyria condola*. **Toxicon**, Oxford, v. 33, p. 667-678, 1995.

PEREIRA, P.; DIAS, E.; FRANCA, S.; PEREIRA, E.; CAROLINO, M.; VASCONCELOS, V. Accumulation and depuration of cyanobacterial paralytic shellfish toxins by the freshwater mussel *Anodonta cygnea*. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 68, p. 339-350, 2004.

PERSSON, P.E. On the odor of 2-methylisoborneol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, p. 1344-1345, 1980.

PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley, 1977. 385 p.

POPOVSKÝ, J.; PFIESTER, L.A. **Dinophyceae** (Dinoflagellida). Stuttgart: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 1990.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. (Coord.). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p.

PRESCOTT, G.W.; VINYARD, W.C. **A synopsis of North American Desmids**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1982.

PRIETO, A.I.; JOS, A.; PICHARDO, S.; MORENO, I.; CAMEÁN, A.M. Differential oxidative stress responses to microcystins LR and RR in intraperitoneally exposed tilapia fish (*Oreochromis* sp.). **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 77, p. 314-321, 2006.

PROGRAMA MEXICANO DE SANIDADE DE MOLUSCOS BIVALVOS. **Manual de operacion**: I. Control sanitário de áreas de produccion de moluscos bivalvos. México, DF: Talleres Gráficos de la Nacion, 1989. 81 p.

RASHASH, D.M.C.; DIETRICH, A.M.; HOEHN, R.C.; PARKER, B.C. The influence of growth conditions on odor-compounds production by two chryrysophytes and two cyanobacteria. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 31, p. 165-172, 1995.

SAITO, K.; OKAMURA, K.; KATAOKA, H. Determination of musty odorants, 2-methylisoborneol and geosmin, in environmental water by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1186, n. 1-2, p. 434-437, 2008.

SALVADOR, R.; MULLER, E.E.; LEONHARDT, J.H.; PRETTO-GIORDANO, L.G.; DIAS, J.A.; FREITAS, J.C.; MORENO, A.M. Isolamento de *Streptococcus* spp de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água de tanques rede na Região Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2003.

SAMSUR, M.; YAMAGUCHI, Y.; SAGARA, T.; TAKATANI, T.; ARAKAWA, O.; NOGUCHI, T. Accumulation and depuration profilés of PSP toxins in the short-necked clam *Tapes japonica* fed with the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*. **Toxicon**, Oxford, v. 48, p. 323-330, 2006.

SAVAY-DA-SILVA, L.K. **Desenvolvimento do produto de conveniência: tilápia (*Oreochromis niloticus*) refrigerada minimamente processada embalada a vácuo – câoronização para a rastreabilidade**. 2009. 324 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SAVAY-DA-SILVA, L.K.; RIGGO, R.; MARTINS, P.E.; GALVÃO, J.A.; OETTERER, M. Otimização e padronização do uso da metodologia para determinação de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT) em camarões *Xyphopenaeus kroyeri*. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 20, p. 138-144, 2008. VII BMCFB. Preprint Series, Disponível em: [http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial\\_2009\\_2/v12ne\\_t0288.pdf](http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial_2009_2/v12ne_t0288.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2009.

SEPHTON, D.H.; HAYA, K.; MARTIN, J.L.; LEGRESLEY, M.M.; PAGE, F.H. Paralytic shellfish toxins in zooplankton, mussels, lobsters and caged Atlantic salmon, *Salmo salar*, during a bloom of *Alexandrium fundyense* off Grand Manan Island, in the Bay of Fundy. **Harmful Algae**, Amsterdam, v. 6, n. 5, p. 745-758, 2007.

SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, New York, v. 27, p. 379-423, 1948.

SHELTON, W.L.; POPMA, T.J. Biology. In: CHHORN, L.; WEBSTER, C.D. (Ed.). **Tilapia: biology, culture and nutrition**. Chicago: Food Products Press, 2006. cap. 1, p. 1-49.

SIKORSKI, Z.E.; KOLAKOWSKA, A.; BURT, J.R. Cambios bioquímicos y microbianos subsiguientes a la captura. In: SIKORSKI, E.D. (Ed.). **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1994. cap. 4, p. 73-101.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 295 p.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S. dos; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. 552 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; CELESTE, C.C.; BRAGA, F.M.S. Efeito do óxido de cálcio sobre variáveis limnológicas em viveiros de criação de *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 191-198, 2006.

SMITH, J.L.; BOYER, G.L.; ZIMBA, P.V. A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 280, p. 5-20, 2008.

SOARES, R.M.; MAGALHÃES, V.F.; AZEVEDO, S.M.F.O. Accumulation and depuration of microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) in *Tilapia rendalli* (Cichlidae) under laboratory conditions. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 70, p. 1-10, 2004.

SOUZA, M.L.; VIEGAS, E.E.M.; SOBRAL, P.J.A.; KRONKA, S.N. Efeito do peso de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento e a qualidade e seus filés defumados com e sem pele. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 51-59, 2005.

STICKNEY, R.R. Tilapia. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Culture of nonsalmonid freshwater fishes**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1986. p. 57-89.

STICKNEY, R.R. **Aquaculture**: an introductory text. Wallingford: CABI Publishing, 2005. 256 p.

SUGIURA, N.; IWAMI, N.; INAMOR, Y.; NISHIMURA, O., SUDO, R. Significance of attached cyanobacteria relevant to the occurrence of musty odor in Lake Kasumigaura. **Water Research**, New York, v. 32, p. 3549-3554, 1998.

TABACHNEK, J.L.; YURKOWSKI, M. Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites, geosmin and 2-methylisoborneol, in saline lakes in Manitoba. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 33, p. 25-35, 1976.

TECNAL EQUIPAMENTOS PARA LABORATÓRIO. **Manual do medidor de pH TEC3- MP**. Piracicaba, 1999. 6 p.

TOLEDO, J.J.; CASTRO, J.G.D. Parâmetros físico-químicos da água em viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta, Mato Grosso. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 1, n. 3, p. 2-10, 2001.

TOMIYASU, Y.; ZENITANI, B. Spoilage of fish and its preservation by chemical agents. **Advances in Food Research**, Amsterdam, v. 7, p. 41-82, 1957.

TSUCHIYA, Y.; MATSUMOTO, A.; OKAMOTO, T. Identification of volatile metabolites produced by blue-green algae *Oscillatoria splendid*, *Oscillatoria amoena*, *Oscillatoria geminate* and *Aphanizomenon* species. **Yakugaku Zasshi**, Tokyo, v. 101, p. 852-856, 1981.

TUCKER, C.S.; PLOEG, M. van der. Managing *off flavor* problems in pond-raised catfish. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, 1999. 7 p. (SRAC Publication, 192).

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Eutrophication of lakes and reservoirs: a comparative analysis, case studies, perspectives. In: CORDEIRO-MARINO, M.; AZEVEDO, M.T.P.; SANT'ANNA, C.L.; TOMITA, N.Y.; PLASTINO, E.M. (Ed.). **Algae and environment**: a general approach. São Paulo: Sociedade Brasileira de Ficologia, 1992. p. 1-33.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie**, Stuttgart, v. 9, p. 1-38, 1958.

WALLACE, H.A.; HAMMACK, T.S. Microbiological methods. In: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Gaithersburg, 2006. cap. 17, p. 153-155.

WATSON, S.B. Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or by products? A review of their biological activity. **Phycologia**, Berkeley, v. 42, p. 332-350, 2003.

WEBER, C.I. **Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents**. Cincinnati, OH: National Environmental Research Center, Office of Research & Development, 1973. (EPA-670/4-73-001).

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analyses**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 391 p.

WIEGAND, C.; PLUGMACHER, S. Ecotoxicological effects of selected cyanobacterial secondary metabolites a short review. **Toxicology and Applied Pharmacology**, New York, v. 203, p. 201-218. 2005.

WOOD, N.F.; SNOEYINK, V.L. 2-Methylisoborneol, improved synthesis and a quantitative gas chromatographic method for trace concentrations producing odor in water. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 132, p. 405-420, 1977.

WU, J.T.; JÜTNER, F. Effect of environmental factors on geosmin production by *Fischerella muscicola*. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 20, p. 143-148, 1988.

YUNES, J.S.; CUNHA, N.T. da; PROENCA, L.A.O.; BARROS, L.P.C.; MONSERRAT, J.M. Cyanobacterial neurotoxins from southern Brazilian freshwaters. **Comments on Toxicology**, London, v. 9, p. 103-115, 2003.

ZIMMERMAN, W.J.; SOLIMAN, C.M.; ROSEN, B.H. Growth and 2-methylisoborneol production by the cyanobacterium *Phormidium LM689*. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 31, p. 181-186, 1995.

#### **4 Monitoramento da qualidade da água de cultivo de fazenda aquícola com foco no fitoplâncton e cianobactérias, como parte de um programa de rastreabilidade da cadeia produtiva**

##### **Resumo**

A rastreabilidade é um sistema capaz de armazenar dados que registrem o histórico de um determinado alimento. Esta pesquisa teve como objetivo elencar parâmetros de relevância da qualidade da água utilizada para o cultivo de tilápia, estudar a correlação entre eles, bem como gerar dados confiáveis para abastecer um banco de dados modelo para a aquíicultura. Esta pesquisa foi realizada em fazenda aquícola da região de Igaratá, interior do Estado de São Paulo, no período seco e chuvoso, onde foram realizadas análises físico-químicas, microbiológicas, biológicas e toxicológicas na água de cultivo, no período de agosto/07 a agosto/2008, totalizando 8 coletas. Quanto aos parâmetros físico-químicos analisados para avaliar a qualidade da água de cultivo, apenas o fósforo total na oitava coleta, apresentou-se acima do limite tolerado pela legislação ambiental. Apresentaram valores abaixo do recomendado pela literatura, alcalinidade total, condutividade elétrica e dureza. Das 109 espécies de fitoplâncton identificadas, 16 são de cianobactérias, sendo *Anabaena* sp. considerada muito freqüente e abundante durante o período de coleta. As cianobactérias estiveram presentes durante todo o período de coleta, exceto na quarta coleta, variando de 25 a 10.351 org. mL<sup>-1</sup>. Ocorreu neste estudo, variação quanto a diversidade específica em relação ao fitoplâncton, com índices que variaram de 1,49 bit.Cel<sup>-1</sup> a 4,58bit.Cel<sup>-1</sup>, sendo que em 62,5% das coletas houve alto nível de diversidade específica. A equitatividade do fitoplâncton manteve-se alta em 75% das coletas, apresentando declínio durante a sexta e oitava coleta. Não foram detectados cianotoxinas nas amostras de água de cultivo. A Geosmina foi detectada em 62,5% das amostras, sua incidência manteve-se baixa no período estudado, variando de 5,25 a 7,17 ng/L. Conclui-se que o índice de fósforo total pode estar relacionado à maior incidência fitoplanctônica, uma vez que há uma tendência da quantidade de fósforo influenciar na densidade do fitoplâncton. Não foi encontrada correlação entre a densidade fitoplanctônica e a incidência de compostos de *off flavor*, como a geosmina, na água de cultivo. Não foi encontrada correlação entre a presença e densidade de cianobactérias, com a detecção da geosmina na água, portanto há a necessidade de se estudar a possibilidade de que outras espécies de fitoplâncton identificadas neste trabalho, sejam potencialmente produtoras de compostos que geram *off flavor*. Os dados levantados nesta pesquisa estão sendo utilizados, como parte de informação, a serem disponibilizadas em um banco de dados - *software*, em fase de finalização, que servirá como modelo para a cadeia produtiva do pescado advindo da aquíicultura.

**Palavras-chave:** Rastreabilidade. Cianobactéria. Geosmina. Qualidade. Tilápia do Nilo. Banco de dados.

## Abstract

Traceability is the ability to record data about the history of a particular food. This study aimed to list the relevant parameters of quality of water, to study the correlation between them, and generate reliable data to supply a database model for aquaculture. This study was carried out in aquaculture farm in São Paulo, during dry and rainy seasons. Physico-chemical, microbiological, toxicological and biological analyzes were carried out in the water cultivation, from the August/07 to August/2008, totaling eight collections samples. For the physicochemical parameters analyzed to assess the water quality, only the total phosphorus in the eighth sample collection, presented data above the limit tolerated by environmental legislation. Total alkalinity, hardness and electrical conductivity presented values below to the recommended in the literature. Were identified 109 species of fitoplâncton, 16 are cyanobacteria, and *Anabaena* sp. Was considered very frequent and abundant during the sampling period. Cyanobacteria were present throughout the collection period, except in the fourth sample collection, ranging from 25 to 10.351 org. mL<sup>-1</sup>. Occurred in this study, variation in species diversity in relation to phytoplankton, with rates ranging from 1.49 bit.Cel bit<sup>-1</sup> a 4.58 bit Cel<sup>-1</sup>, and in 62.5% of the sample collections there was a high level of specific diversity. The evenness of phytoplankton remained high at 75% of the collections, declínio presenter during the sixth and eighth sample collection. Cyanotoxins were not detected in samples of water. The geosmin was detected in 62.5% of the samples and the incidence was low, ranging from 5.25 to 7.17 ng / L. It is concluded that the rate of total phosphorus may be related to higher incidence of phytoplankton. There is a tendency to influence the amount of phosphorus in phytoplankton density. No correlation was found between phytoplankton density and the incidence of off flavor compounds such as geosmin in water. There was no correlation between the presence and density of cyanobacteria, with the detection of geosmin in water, so there is a necessity to study the possibility that other phytoplankton species identified in this work are potentially producing compounds that cause off flavor. The data collected in this survey are being used as part of information to be made in a database - software, currently being finalized, which will serve as a model for the fish productive chain.

**Keywords:** Traceability. Cyanobacteria. Geosmin. Quality. Nile Tilapia. Productive chain.

## 4.1 INTRODUÇÃO

Entre as vantagens da aquicultura de peixes de água doce em relação à marinha está a possibilidade de ser feito o monitoramento da água de cultivo e dessa forma poder controlar o sistema de produção, pois na cadeia produtiva do pescado, o meio ambiente se configura como o primeiro entrave à produção com qualidade.

Peixes cujos sabores são rejeitados pelos consumidores são detentores do *off flavour*; estes problemas de alteração de sabor que se desenvolvem durante o cultivo podem estar relacionados à dieta fornecida ou, ainda mais comumente, a desequilíbrios ambientais. (TUCKER; PLOEG, 1999).

Condições limnológicas específicas permitem o surgimento de diferentes espécies de actinomicetos e cianobactérias, sintetizando compostos como o metil-isoborneol (MIB) e a geosmina (GEO), capazes de alterar, negativamente, o sabor e o odor de filés de peixes que passam a apresentar sabores descritos como de “terra” ou de “mofo” (PERSSON, 1980; PLOEG; BODY, 1992; SCHRADER et al., 1998; TUCKER; PLOEG, 1999).

A incidência de cianobactérias além de provocar problemas com compostos causadores de *off flavour*, também podem produzir compostos altamente tóxicos que afetam a saúde de animais e do ser humano (CARMICHAEL, 1996).

A criação de sistema informatizado de rastreabilidade, com o intuito de gerar banco de dados confiáveis de um sistema de produção, atende a premícia de conhecer e de também armazenar dados importantes sobre o alimento, bem como, possibilitar aos demais elos da cadeia acesso a estas informações. A abrangência da rastreabilidade envolve o monitoramento das condições de produção, registro das operações de beneficiamento e comercialização até alcançar o consumidor final.

Adotar um sistema de rastreabilidade na produção aquícola, significa não apenas descrever o histórico de um referido produto, como também subsidia a formação de um banco de dados que permita o estudo de variáveis que possam gerar indicadores de ações a serem realizadas para minimizar impactos ambientais e melhorar a qualidade da matéria-prima para a indústria.

Este trabalho objetivou estabelecer parâmetros para montar um banco de dados, *software*, visando implementar um modelo de sistema de rastreabilidade em unidade de cultivo, analisando e discutindo os parâmetros para caracterização da qualidade da água de cultivo sob os aspectos microbiológicos, físico-químicos, biológicos (densidade do fitoplâncton) e toxicológicos.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Procedimentos de coleta

Esta pesquisa foi realizada em fazenda aquícola da região de Igaratá, interior do Estado de São Paulo (Figura 4.1) ( $23^{\circ}10'56,8''S - 46^{\circ}11'03,0''Ho$ ), onde há o cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram realizadas oito coletas de amostras de água do cultivo, a saber, agosto/07, setembro/2007, outubro/2007, dezembro/2007, fevereiro/2008, maio/2008, julho/2008, agosto/2008.

Essa fazenda foi eleita para fazer parte desta pesquisa por ser parceira do projeto “Rastreabilidade da cadeia produtiva de pescado cultivado – tilápia (*Oreochromis niloticus*)” edital FINEP/MCT/MPA, Aqüicultura, Ação transversal 12/2005, em desenvolvimento no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP.



Figura 4.1 Tanques-rede instalados na Fazenda Palmares, Igaratá – SP

As coletas das amostras de água foram realizadas no período da manhã entre 9h e 11h, sendo efetuadas manualmente, seguindo recomendações da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1988). As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro neutro de borossilicato com volume de 1 L, os quais

foram previamente envoltos em papel pardo e esterilizados por 2 h, em estufa Fanem, modelo 315 SE, a temperatura de 170-180 °C (CETESB, 1988; GALVÃO et al., 2006).

As análises biológicas do fitoplâncton foram qualitativas e quantitativas. Para as análises qualitativas, as coletas foram feitas utilizando rede para fitoplâncton, de tela em *nylon* com 25 micra de abertura de malha e 30 cm de diâmetro. Uma parte da amostra foi transportada a fresco e a outra fixada em solução *Transeau* (BICUDO; MENEZES, 2006). Para as análises quantitativas foi realizada coleta utilizando garrafa de *Van Dorn* sendo as amostras fixadas em lugol acético, para posterior contagem (WETZEL; LIKENS, 1991).

## 4.2.2 Mensuração da qualidade da água

### 4.2.2.1 Análises físico-químicas

**4.2.2.1.1 Alcalinidade:** realizado através de método titulométrico e titulação potenciométrica, utilizando o peagâmetro Jenway 3020 e bureta digital (MACKERETH et al., 1978).

**4.2.2.1.2 Fósforo total:** determinado por espectrofotometria de absorção atômica em uma solução final de 0,1 % de lantânio, em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer – modelo A Analyst 100 (APHA, 1992).

**4.2.2.1.3 Nitrogênio amoniacal:** o nitrogênio foi determinado na forma de amônia (NH<sub>3</sub>), hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH) e íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). A amostra foi tamponada a pH 9,5 a fim de minimizar a hidrólise de compostos orgânicos contendo nitrogênio e, posteriormente, passando por um processo de destilação em micro destilador Kjeldahl; a amônia obtida foi titulada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N, utilizando o indicador vermelho de metila a 0,1% (APHA, 1975).

**4.2.2.1.4 Condutividade elétrica:** a condutividade foi medida através de uma ponte de *wheatstone* na qual a amostra é distribuída entre dois eletrodos situados na chamada “célula” de condutividade, guardando entre si uma distância de 1 cm.

**4.2.2.1.5 pH:** determinado através de equipamento digital Tec 3MP – TECNAL (BRASIL, 1981).

**4.2.2.1.6 Dureza total:** calculado com base no equivalente de carbonato de cálcio, segundo APHA (1995).

**4.2.2.1.7 Turbidez:** analisada através de método turbidimétrico, sendo os resultados expressos em UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) (APHA, 1975).

**4.2.2.1.8 Temperatura do ar e dados pluviométricos:** cedidos pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO do Instituto Agrônomo de Campinas do Estado de São Paulo– IAC (informação verbal)<sup>1</sup>.

**4.2.2.1.9 Temperatura da água:** utilizou-se um termômetro de mercúrio LAMOTTE, modelo 1066.

**4.2.2.1.10 Cálcio e Magnésio:** determinados por espectrofotometria de absorção atômica em uma solução final de 0,1% de lantânio, utilizando espectrofotômetro Perkin Elmer – Modelo A Analyst 100 (APHA, 1975).

**4.2.2.1.11 Oxigênio dissolvido:** os níveis de oxigênio dissolvido dos tanques de cultivo foram medidos, através do *Kit* LAMOTTE – *Fresh water aquaculture test Kit*, Modelo AQ-2.

**4.2.2.1.12 Clorofila a:** as análises de clorofila foram realizadas através de espectrofotometria (JEFFREY; HUMPHREY, 1975; JEFFREY; MANTOURA; WRIGHT, 1997).

#### **4.2.2.1.13 Análise de metais**

Foram retiradas alíquotas, em triplicata, para determinação dos parâmetros químicos nos extratos solubilizados e lixiviados. O tratamento preliminar das amostras constou de digestão com HNO<sub>3</sub> (50 mL do extrato + 5 mL de ácido) conforme o método

---

<sup>1</sup> Informação verbal fornecida por Rochane Caran, em Piracicaba, em 2011.

EPA – *Environmental Protection Agency* 3015 (EPA, 1996), utilizando-se a técnica de digestão por microondas em sistema fechado.

A determinação das dosagens dos metais nos extratos digeridos foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica Varian-Zeeman (Modelo 640-Z), equipado com forno de grafite e gerador de vapor frio (EAA-FG). As determinações foram iniciadas com a construção da curva de calibração, utilizando-se um controle (branco) e padrões, sendo que os padrões para Hg, Cd, e Pb foram preparados a partir da solução intermediária de 50 mg/L. Em seguida, o aparelho foi zerado aspirando-se, na chama, água destilada e deionizada. As concentrações padrões de trabalho foram repassadas ao equipamento e aspiradas, estando o branco e os padrões em ordem crescente de concentração; após a leitura do último padrão, o equipamento imprimiu automaticamente a curva de calibração. Na seqüência, as amostras foram aspiradas e o resultado em mg/L foi emitido automaticamente.

As análises foram conduzidas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995).

#### **4.2.2.1.14 Análise de geosmina**

Para a realização das análises de geosmina, foi utilizada água ultra-pura obtida a partir de um sistema Milli Q (Millipore, SP, Brasil); cloreto de sódio P.A., Merck; geosmina (100 mg/L, em metanol), fibra de PDMS/DVB-polidimetilsiloxano/divinilbenzeno e *holder* para SPME - *Solid Phase Micro-Extraction* da Sigma-Aldrich (Bellefonte, PA, USA).

O padrão foi diluído com água tipo I (Milli Q) e armazenado sob refrigeração até o uso.

Para extração dos compostos voláteis, foi utilizada microextração em fase sólida (SPME) da fração aérea (*headspace*) de todas as amostras, utilizando fibra com recobrimento de PDMS/DVB, de 65 µm de espessura, com *holder* manual de SPME. A literatura descreve a fibra PDMS/DVB como a melhor opção para extração de geosmina (SAITO; OKAMURA; KATAOKA, 2008). A fibra foi exposta ao *headspace* de cada alíquota de 10 mL de água, com 1 g de cloreto de sódio, e uma barra magnética (2 mm x 7 mm) com recobrimento de *teflon*, e colocadas em frasco ambar de 30 mL com tampa e septo. Os frascos foram aquecidos em chapa com agitação magnética a 70°C e 510 rpm, por 45 minutos. Após o tempo de exposição a fibra foi recolhida e injetada num

cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas *Ion Trap Varian Saturn 2100T*, GC/MS, com injetor *split/splitless*. Após 10 minutos de exposição a fibra foi recolhida e retirada do injetor. A identificação foi realizada comparando os tempos de retenção de soluções padrão de Geosmina ( $m/z$  112) e os espectros de massas. As áreas dos picos, das soluções padrão, foram usadas para construir a curva de calibração e determinar a concentração de geosmina nas amostras.

A separação cromatográfica foi realizada empregando uma coluna capilar de sílica fundida, RESTEK, RTX, 5SiL, MS (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu$ m) com a seguinte programação de temperatura: 50°C por 10 minutos, 50° a 250°C na velocidade de 15°C/min, e posteriormente 5 minutos a 250°C. Foi utilizado o modo de injeção *splitless* por 5 minutos, com velocidade linear de 36,6 cm/seg, gás de arraste hélio de alta pureza, com fluxo de 1 mL/min e temperatura do injetor de 250°C. O espectrômetro de massas foi operado nas seguintes condições: modo impacto de elétrons (EI), energia de 70 eV, eletromultiplicadora em 1600 V, temperatura do *trap* 180°C, temperatura da linha de transferência 250°C e temperatura do *manifold* 40°C.

A determinação quantitativa da concentração do *headspace*, que se correlaciona com a concentração do composto na fase líquida, foi realizada utilizando calibração externa. Curvas de calibração foram determinadas, bem como o coeficiente de correlação da curva ( $r^2$ ), limites de quantificação (LOQ), taxa de recuperação e desvio padrão (Tabela 4.1).

**Tabela 4.1 Caracterização cromatográfica da Geosmina**

<b>Composto</b>	<b>Faixa linear (ng/L)</b>	<b><math>r^2</math></b>	<b>LOQ (ng/L)</b>	<b>Recuperação média (%)</b>
<b>Geosmina</b>	<b>5-100</b>	<b>0,9979</b>	<b>5</b>	<b>92</b>

#### **4.2.2.2 Análises microbiológicas**

##### **4.2.2.2.1. Coliformes totais e termotolerantes**

A determinação de coliformes totais foi realizada pelo método do número mais provável (NMP) série de 3 tubos da amostra em Caldo Lauril Sulfato Triptose suplementado com 4-metilumbeliferil-b-D-glicuronídeo (LST-MUG), onde alíquotas de

1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  foram transferidas para tubo com este meio de cultura e incubados a 35 °C por 48 h. Para confirmação de coliformes totais, os tubos que apresentaram formação de gás e turvação do meio tiveram alíquotas passadas para tubos de Caldo Verde Brilhante (VB) através de uma alça microbiológica e foram incubados a 35 °C por 24 h. Os tubos do Caldo VB que apresentaram turvação e formação de gás nos tubos de Duhran foram considerados positivos para coliformes totais. E os tubos do Caldo LST-MUG que apresentaram turvação e formação de gás nos tubos de Duhran, além da fluorescência quando submetidos à luz ultra violeta (UV), foram considerados positivos para *E.coli*. Os resultados foram obtidos através da tabela de Número Mais Provável – NMP e expressos em NMP/g (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997).

#### **4.2.2.2.2. Contagem de heterotróficos**

Para realização desta análise, alíquotas de 1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  foram inoculadas, em *pour plate* duplicata, em placas de Petri e em seguida, foi adicionado o *Plate Count Agar* (PCA). Após a homogeneização e completa solidificação do meio de cultura, as placas foram incubadas invertidas em estufa a 35 °C, por 48 h, para contagem dos microrganismos mesófilos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997). Os resultados foram expressos em UFC/g, e transformados em log UFC/g, quando necessário.

#### **4.2.2.2.3 *Enterococcus* sp**

Utilizou-se a técnica de tubos múltiplos, série de 3 tubos de Número Mais Provável (NMP). Para a prova presuntiva, inoculou-se 10 mL da água nos tubos contendo Caldo Azida Glicose em concentração dupla. Inoculou-se 1 mL da amostra em uma série de 3 tubos contendo Caldo Azida Glicose em concentração simples, e volume de 1 mL da diluição  $10^{-1}$ , para a diluição, utilizou-se 25 mL da amostra, o qual foi adicionada de 225 mL de solução salina peptonada 0,1%, efetuando-se a partir desta as demais diluições quantas foram necessárias, sendo as análises realizadas em triplicatas, sendo os tubos incubados a  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 48 h. A positividade foi indicada por turvação e alteração da cor, de violeta para amarelo, indicando viragem do pH por produção de ácido. Para a prova complementar, utilizou-se o crescimento em caldo *Ethyl Violet Azide Broth* - EVA.

Para prova confirmatória efetuou-se os seguintes testes:

- Coloração de Gram através de esfregaço da cultura com posterior identificação;

- Prova da catalase através da transferência de cultura em ágar para uma lâmina contendo uma gota de peróxido de hidrogênio a 3%. A formação de borbulhas indica positividade;

- Crescimento a 45°C através de inoculação em caldo BHI - *Brain Heart Infusion*, incubação a 45 °C ± 0,2°C por 24 h. A turvação do meio indica positividade;

- Crescimento em NaCl 6,5% através de inoculação em caldo BHI com 6,5% de NaCl, incubação a 36 °C ± 1°C por 24 h. A turvação do meio indica positividade.

Através da combinação do número de tubos positivos em cada série de diluição e utilizando-se a Tabela de Número Mais Provável, realizou-se o cálculo de NMP/100mL (SILVA et al., 2000).

#### 4.2.2.2.4 *Clostrídios sulfitos redutores*

Alíquotas de 1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  foram inoculadas, em duplicata, em placas de Petri e em seguida, foi adicionado uma fina camada do meio TSC (Trypticase Sulfito Cicloserina), acrescido do antibiótico D-cicloserina 4 %, para o teste presuntivo. Após a homogeneização e completa solidificação do meio de cultura, foi colocado mais uma camada do mesmo meio nas placas para garantir a anaerobiose do meio. Após completa solidificação dessa sobrecamada, as placas foram incubadas invertidas em jarras de anaerobiose, contendo sachê de anaerobiose da marca Aerobac hidratado com 10 mL de água destilada. As jarras foram colocadas em estufa a 46 °C ( $\pm 2$  °C) por 48 h. As colônias características foram submetidas aos testes confirmativos com crescimento em Caldo *Brain Heart Infusion* (BHI). Procedeu-se a desaeração, seguida de teste de catalase. Os resultados foram expressos em UFC/g em função do número de colônias típicas, diluição inoculada e porcentagem de colônias confirmadas e, quando necessário, transformado em log UFC/g (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997).

#### 4.2.2.2.5 *Salmonella* sp.

Para essa análise optou-se por utilizar o *kit* rápido 1-2 Test Salmonella, aprovado pela AOAC (WALLACE; HAMMACK, 2005). Foram pesados 25 g de amostra, os quais foram homogeneizados em 225 mL de Caldo Lactosado e incubados a

37 °C por 24 h. A seguir, 1 mL do caldo foi transferido para 9 mL de Caldo Tetrionato/Iodo Iodeto e colocado em banho-maria a 45 °C por 6 a 8 h. A seguir, 1,5 mL foram transferidos para o *kit 1-2 Test Salmonella da Biocontrol System INC* (código 10107), o qual foi incubado a 35 °C por 24 h. A manipulação do *kit* seguiu as instruções previstas no manual de instruções (BIOCONTROL..., 2008). O resultado foi expresso em ausência ou presença em 25 g.

#### 4.2.2.3 Caracterização do fitoplâncton da água de cultivo

A identificação das algas foi realizada a partir da confecção de lâminas semi-permanentes e posteriores observações em microscópio óptico com ocular de medição acoplada. Lâminas permanentes para a identificação de diatomáceas também foram feitas a partir da metodologia descrita por Carr, Hergenrader e Troelstrup (1986). Os táxons foram identificados e classificados de acordo com Prescott e Vinyard (1982), Komárek e Fott (1983), Komárek e Anagnostidis (1999, 2005), Popovský e Pfiester (1990), Krammer e Lange-Bertalot (1991a, 1991b), Komárek e Cronberg (2001), John, Whitton e Brook (2002), Bicudo e Menezes (2006), Cybis et al. (2006) e Cronberg e Annadother (2006). Para a análise da densidade do fitoplâncton, foi utilizado o método de Utermöhl (1958). Alíquotas amostrais com três pseudo-repetições foram colocadas em câmaras de sedimentação com volume de 10 mL, por 24 h e observadas em microscópio invertido Zeiss Jeneval e objetiva com aumento de 40 vezes (WEBER, 1973).

A abundância relativa foi expressa em termos de porcentagem, e baseou-se no número total de organismos de cada táxon na amostra e o somatório desses organismos em cada amostra, sendo considerados dominantes os táxons com valores > 70%; abundantes de 70 a 40 %; pouco abundantes de 40 a 10% e raros, os táxons com ≤ 10%. (LOBO; LEIGHTON, 1986).

A frequência de ocorrência das espécies, também expressa em termos de porcentagem, foi calculada levando-se em consideração o número de amostras em que o táxon ocorreu, em relação ao número total das amostras coletadas, sendo considerados muito frequentes os táxons com valor >70%; frequentes de 70 a 40% ,e pouco frequentes de 40 a 10% (MATEUCCI; COLMA, 1982).

O índice de diversidade específica foi calculado, considerando de alta diversidade os valores iguais ou maiores que 3 bits.Cél<sup>-1</sup> ; média diversidade, os valores

menores que 3 e maiores ou iguais a 2 bits.  $Cél^{-1}$ ; baixa diversidade, os valores iguais ou menores que 2 e maiores que 1 bits.  $Cél^{-1}$ ; e muito baixa diversidade valores iguais ou menores que 1 bits.  $Cél^{-1}$  (SHANNON, 1948). A Equitabilidade (J) é calculada segundo Pielou (1977) com valores entre 0 e 1, sendo considerados altos ou equitativos os valores superiores a 0,5. Os valores para diversidade e equitabilidade foram calculados utilizando o Programa Estatístico DIVERSITY.

#### 4.2.2.4 Análises toxicológicas

As análises de cianotoxinas foram realizadas através de LC-ESI-MS (*Liquid chromatography- electrospray ionization - mass spectrometry*) para microcistina (MC-LR, -RR, -LA, -LF, -LW e -YR), NOD, ANA e CYN, e por HPLC-FD (*High-Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection*) para STX (STX, neosaxitoxina (NEO), goniautoxina (GTX1, GTX2, GTX3, GTX4), e decarbamoil STX (dcSTX).

Todas as amostras foram liofilizadas e estocadas a  $-80^{\circ}\text{C}$  em frascos de vidro, para determinação de MC-LR, -RR, -LA, -LF, -LW e -YR, NOD, ANA, CYN, STX, NEO, GTX1, GTX2, GTX3, GTX4, e dcSTX via análises cromatográficas.

Para a extração das cianotoxinas as amostras foram tratadas de acordo com a AOAC (1990). As MC, NOD, ANA e CYN foram isolados e identificados seguindo o método modificado por Dahlmann, Budanowki e Luckas (2003) e Bittencourt-Oliveira et al. (2005). As cianotoxinas foram extraídas duas vezes com uma mistura de água e metanol (50:50, v/v) por 10 min em banho ultrasônico e posteriormente, tratadas por 2 min em homogeneizador ultrasônico Sonopuls GM 70 (Bandelin<sup>®</sup>, Berlin, Germany). Os extratos foram centrifugados a 14000 rpm e o sobrenadante filtrado usando um disco de filtração com seringa em PTFE (Teflon) de 0,22  $\mu\text{m}$  (Roth<sup>®</sup>, Karlsruhe, Germany).

Os extratos (20  $\mu\text{L}$ ) foram analisados por cromatografia líquida acoplada a um espectrometro de massas com ionização por eletrospray (LC-ESI-MS). Foram utilizados para a análise padrões Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA) para MCs, NOD, ANA e CYN. As STX foram isoladas seguindo método modificado, descrito por Anjos et al. (2006), utilizando 50 mg de amostra liofilizada na qual, foi adicionado 1mL de ácido acético (0,03 N), sonicada a 35 kHz por 60 seg em banho de gelo e centrifugado a 14000 rpm por 5 min, sendo o filtrado sobrenadante removido através de uma seringa com filtro (0,45  $\mu\text{m}$ ). Uma alíquota de 10  $\mu\text{L}$  do extrato foi analisada por cromatografia

líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência (DIENER et al., 2006). Foi usado gradiente com tampão de par iônico, constituído de ácido octanosulfônico e fosfato de amônia a pH 6,9 e acetonitrila para separar as STX. Depois da oxidação pós-coluna com ácido periódico na unidade de derivatização aquecida a 50 °C, os produtos resultantes foram detectados com um detector de fluorescência com comprimento de onda de excitação de 330 nm e de emissão de 395 nm. As STX foram identificadas comparando cromatogramas obtidos de extratos de amostras com os cromatogramas das soluções padrões. Padrões quantitativos de STX, NEO, GTX1, GTX2, GTX3, GTX4 e dcSTX foram adquiridos do Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá - *National Research Council Canada*, Halifax, NS, Canada. A quantificação de cianotoxinas foi feita através do fator de resposta (área do pico / concentração da toxina) obtido através de injeção de quantidades conhecidas das toxinas provenientes do padrão.

## **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.3.1 Parâmetros ambientais**

#### **4.3.1.1 Características climatológicas e físico-químicas**

No período de coleta, as temperaturas variaram de 17 a 27,5°C tendo os seus valores mínimos ocorridos em maio/2008 durante a sexta coleta e os máximos em dezembro, durante a quarta coleta (Tabela 4.2).

A temperatura da água variou de 17,1 °C no mês de julho/2008 durante a sétima coleta, a 26,5 °C no mês de fevereiro/2008, durante a quinta coleta. Sendo importante pontuar a temperatura dos diferentes períodos de coleta, pois as variações mais significativas nos parâmetros limnológicos se dá ao longo do dia, durante as estações mais quentes, na primavera e no verão (PÁDUA et al., 2007).

A incidência solar diária apresentou variação de 6,6 a 11h com valores mínimos durante a sétima coleta, em julho/2008, e máximos na quinta coleta em fevereiro/2008.

Quanto ao regime pluviométrico, as coletas foram realizadas tanto no período de seca com valores inferiores a 100 mm, quanto no período chuvoso com valores superiores a 100 mm. O valores variaram de 24 a 188 mm, com valores mínimos em

julho/2008 durante a sétima coleta e máximos em dezembro/2007 durante a quarta coleta (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Características climatológicas na região da fazenda aquícola

	1º coleta	2º coleta	3º coleta	4º coleta	5º coleta	6º coleta	7º coleta	8º coleta
Temperatura do ar (°C)	23,5	19,0	24,3	27,5	26,1	17,0	13,6	20,7
Temperatura da água de cultivo (°C)	20,0	21,9	23,7	26,4	26,5	18,5	17,1	19,0
Pluviosidade (mm)	35,0	56,0	125,0	188,0	205,0	45,0	24,0	35,0
Insolação diária (h)	7,5	8,4	9,2	10,3	11,0	7,5	6,6	7,5

Os valores de oxigênio dissolvido variaram de 4,2 a 7,5 mg/L, sendo o valor mínimo mensurado durante a quarta coleta, em agosto/2007, e o valor máximo durante a primeira coleta. Os valores desejáveis de oxigênio dissolvido para água doce destinada à piscicultura (classe 2) devem ser superiores a 5 mg/L, segundo relata a legislação (BRASIL, 2005) (Tabela 4.3).

Observou-se a tendência da solubilidade do oxigênio diminuir com o aumento da temperatura, concordando com dados da literatura (BUTTNER; SODERBERG e TERLIZZI, 1993) (Fig. 4.2), sendo que tilápias podem tolerar até de 0,1 mg/L a 0,5 mg/L, devido à sua habilidade de retirar oxigênio dissolvido presente nas camadas superficiais da lâmina d'água (SHELTON; POPMA, 2006; STICKNEY, 1986).

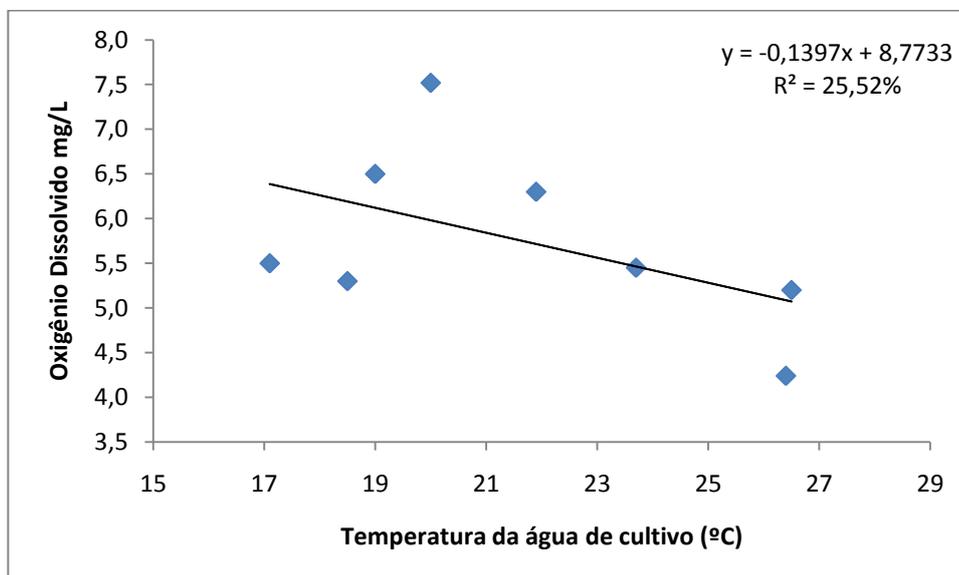


Figura 4.2 Correlação do oxigênio dissolvido mg/L em função da temperatura da água (°C)

Tabela 4.3 Parâmetros físico-químicos de qualidade da água de cultivo (valores médios\*)

Parâmetros físico-químicos	1º coleta	2º coleta	3º coleta	4º coleta	5º coleta	6º coleta	7º coleta	8º coleta
Fósforo total (mg/L)	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	9,4	9,6	11	17,6	17,6	9,6	10,6	10
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	0,1	0,1	0,2	0,28	0,11	0,3	0,45	0,22
Condutividade elétrica (mS/cm)	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
pH	6,7	6,1	6,7	7,3	6,1	6,1	5,7	7,3
Dureza total (mg/L)	7,3	6,4	7,6	8,0	7,6	6,5	6,1	6,6
Cálcio (mg/L)	1,9	1,5	1,8	1,9	1,8	1,5	1,5	1,6
Magnésio (mg/L)	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6
Turbidez (UNT)	16	12	11	15	15	26	21	33
Clorofila a (µg/L)	0,093	0,077	0,137	0,11	0,04	0,125	0,016	1,1307
O D (mg/L)	7,5	6,3	5,5	4,2	5,2	5,3	5,5	6,5
Cd (mg/L)	** n.d.							
Pb (µg/L)	0,8	1,26	0,46	0,69	0,8	0,55	0,28	0,56
Hg (µg/L)	***n.d.							

\* Média calculada a partir de análise realizada em 2 replicatas

\*\* n.d. = menor que o limite de quantificação do método <0,3 mg/L

\*\*\*n.d. = menor que o limite de quantificação do método <15 µg/L

Os valores de pH na água de cultivo variaram de 5,7 a 7,3 (Tabela 4.2) sendo a faixa preconizada pela legislação ambiental, de 6 a 9 (BRASIL, 2005). A faixa de pH de sobrevivência da tilápia, compreende valores de pH de 5 a 11 tendo como intervalo ideal, valores de 7 a 8 (CHHORN; WEBSTER, 2006; LUND; FIGUEIRA, 1989).

Quanto aos índices de fósforo total, pode-se verificar que no tanque de cultivo os valores encontrados variaram de 0,02 a 0,04 mg/L (Tabela 4.2), segundo o CONAMA (BRASIL, 2005), estes valores devem apresentar-se em um teor máximo de 0,03 mg/L, na água de cultivo. A oitava coleta que ocorreu em agosto/2008 apresentou valores acima do tolerado pela legislação, este acréscimo de fósforo pode ser atribuído ao efeito da ração e excreta dos peixes no sistema. Uma forma de minimizar os problemas causados pelo excesso de nutrientes, como o fósforo, é abrir mão de produtos químicos contendo ferro, alumínio e íons cálcio, que precipitam compostos de fósforo podendo ser removidos (BOYD, 2006).

Os valores de nitrogênio amoniacal variaram de 0,1 a 0,45 mg/L (Tabela 4.2), estando estes valores adequados para a prática da aquicultura, segundo a literatura (BOYD, 1997). A legislação prevê que os valores máximos de nitrogênio amoniacal total, tolerados em águas utilizadas para piscicultura devem ser inferiores a 3,7 mg/L, em águas com pH menor ou igual a 7,5 (BRASIL, 2005), estando os valores encontrados nesta pesquisa de acordo com o tolerado pela legislação vigente.

Os valores da alcalinidade total nos tanques de cultivo variaram de 9,4 a 17,6mg CaCO<sub>3</sub>/L. (Tabela 4.2) sendo que, de acordo com a literatura, a alcalinidade recomendada, para o cultivo em viveiros, deve estar acima de 20 mg/L e o ideal entre 200 a 300 mg/L, pois um bom aporte de carbonato de cálcio mantém o equilíbrio entre bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e gás carbônico livre (CO<sub>2</sub>), mitigando as variações de pH (TOLEDO; CASTRO 2001; BUTTNER; SODERBERG; TERLIZZI, 1993; SALVADOR et al., 2003).

Os valores encontrados para alcalinidade na água de cultivo estão abaixo dos recomendados pela literatura, conseqüentemente, poderão ocorrer oscilações diárias nos valores de pH no ambiente de cultivo. Na situação descrita neste ambiente de cultivo, é recomendada a aplicação de calcário, devido ao fato da alcalinidade total ser inferior a 20 mg/L (BOYD, 2006).

A tilápia é uma espécie considerada tolerante, uma vez que resiste a condutividade elétrica de 0,15 a 0,2 mS/cm (MOLLE; CADIER, 1992). Os valores encontrados para condutividade elétrica para a água de cultivo, de 0,05 a 0,06 mS/cm,

são inferiores ao valor considerado limite a ser tolerado pela tilápia, de acordo com a literatura (Tabela 4, 2).

Os valores referentes a dureza total variaram de 6,1 a 8 mg/L<sup>-1</sup> na água de cultivo (Tabela 4.2), classificados segundo Aragão, Buratini e Bertoletti (2003) como água mole (0 a 75 mg.L de CaCO<sub>3</sub>). A literatura preconiza valores de 20 a 100 mg/L, tendo como valores ideais próximos a 40 mg/L (TOLEDO; CASTRO 2001; BUTTNER; SODERBERG; TERLIZZI, 1993). Já os valores para o cálcio variaram de 1,5 a 1,9 mg/L e para o magnésio 0,6 a 0,8 mg/L. A baixa dureza do corpo hídrico pode ser corrigida com adição de cloreto ou óxido de cálcio nos tanques (SIPAÚBA-TAVARES; CELESTE; BRAGA, 2006).

Leituras de turbidez na água de cultivo são usadas como ferramenta no controle da adubação dos tanques e da alimentação dos peixes (TOLEDO; CASTRO, 2001), sendo parâmetro importante para o cultivo. Neste estudo, os valores para água de cultivo variaram de 11 a 33 UNT (Tabela 4.2), sendo que águas com valores de transparência inferiores a 30 cm indicam possível enriquecimento em nutrientes e em plâncton, sendo que os parâmetros de qualidade não devem ser analisados somente perante os valores descritos pela legislação, pois muitos deles são influenciados pelos demais quanto à sua toxidez (SHELTON; POPMA, 2006).

Segundo o CONAMA (BRASIL, 2005), a turbidez para água doce destinada à piscicultura (classe 2), deve ser de até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) estando todos os valores abaixo dos preconizados pela legislação.

A clorofila a, pigmento universalmente presente em todos os grupos taxonômicos de algas, é utilizada como índice de biomassa, tanto para microalgas em cultura, como para fitoplâncton e perifiton (JEFFREY; HUMPHREY, 1980; JEFFREY; MANTOURA; WRIGHT, 1997). Os valores de clorofila a nas amostras variaram de 0,016 a 1,1307 µg/L, estando de acordo com o nível de tolerância da legislação para este parâmetro, 30 µg/L (BRASIL, 2005).

Os valores para chumbo total nas amostras variaram de 0,28 a 1,26 µg/L. (Tabela 4.2). O CONAMA (BRASIL, 2005) preconiza valores limites para alguns metais em amostras destinadas a cultivo de organismos aquáticos em água doce, para cádmio total, 0,001 mg/L; chumbo total, 10 µg/L e mercúrio total 0,2 µg/L, estando os valores encontrados dentro dos níveis de tolerância da legislação.

#### 4.3.1.2 Características microbiológicas

Quanto aos coliformes, a resolução do CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) preconiza como limite, o valor de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL, em menos de 80% das amostras analisadas.

No caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, a Resolução Conama n° 20, de 18 de junho de 1986 (BRASIL, 1986), estabeleceu que o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80 % ou mais de, pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês. As amostras analisadas nesta pesquisa estiveram abaixo deste valor (Tabela 4.3).

O índice de bactérias aeróbias heterotróficas foi avaliado neste trabalho devido ao fato de que esta contagem é considerada a técnica que melhor estima a densidade de bactérias contaminantes em águas não potáveis (LIZZÁRRAGA-PARTIDA; CÁRDENAS 1996). Os resultados encontrados nesta pesquisa apresentaram valores baixos, variando de 10,4 a 730 UFC/mL (Tabela 4.3).

Os *Enterococcus* sp estiveram presentes em 37,5% das amostras de água de cultivo, em todo o estudo, variando de 2,9 a 8 NMP/100 mL (Tabela 4.3).

Os enterococos podem persistir por longo tempo em águas de irrigação, com alto teor eletrolítico, porém não se multiplicam nas águas poluídas. Adicionalmente, a identificação deste grupo pode dar uma indicação da origem da contaminação fecal (humana ou animal). A sua maior resistência aos diversos processos de tratamento de esgoto, em comparação com os coliformes fecais, permite uma correlação direta com a sobrevivência sanitária, pois seu habitat não é restrito ao trato intestinal (SILVA et al., 2000).

A contagem de Clostrídios Sulfito Redutores se manteve praticamente constante em todo o período de estudo, excetuando a primeira coleta em agosto/2007; as demais apresentaram o mesmo valor, 19,9 NMP/100 mL (Tabela 4.3).

A presença de *Salmonella* sp em ambientes aquáticos tem sido relacionada à falta de saneamento (HUSS; REILLY; EMBAREK, 2000; SILVA; CANTUSIO-NETO; JUNQUEIRA, 2000; WHO, 1999). No presente estudo não foi detectada a presença da *Salmonella* sp nos meses amostrados (Tabela 4.3)

Tabela 4.3 Parâmetros microbiológicos da água de cultivo (valores médios\*)

<b>Microrganismos</b>	<b>1º coleta</b>	<b>2º coleta</b>	<b>3º coleta</b>	<b>4º coleta</b>	<b>5º coleta</b>	<b>6º coleta</b>	<b>7º coleta</b>	<b>8º coleta</b>
Coliformes totais (NMP/ 100 MI)	20	*n.d	*n.d	20	40	20	20	*n.d
Coliformes termotolerantes (NMP/ 100mL)	20	*n.d	*n.d	40	40	80	20	20
Heterotróficos (UFC/mL)	64	95	54,5	10,4	148	51,3	730	480
Enterococos (NMP/ 100 mL)	**n.d	**n.d	**n.d	4	8	2,9	**n.d	**n.d
Clostrídio sulfito redutores (UFC/g)	***n.d	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
<i>Salmonella sp</i> (Ausência em 25 g)	Ausência							

\* Média calculada a partir de análise realizada em 2 replicatas

\*n.d.= menor que o limite de detecção do método <20 NMP/100 mL

\*\*n.d = menor que o limite de detecção do método <2 NMP/100 mL

\*\*\*n.d = menor que o limite de detecção do método <10 UFC/100 g

#### 4.3.1.3. Levantamento do fitoplâncton da água de cultivo

Foram identificadas 109 espécies fitoplanctônicas, sendo 16 espécies de Cyanophyta, 41 de Chlorophyta, 28 de Bacillariophyceae, 17 de Euglenophyta, duas de Dinophyta, uma de Cryptophyta, duas de Chrysophyta e duas de Xantophyta.

Do levantamento realizado, as espécies consideradas muito frequentes foram: *Anabaena* sp.(Cyanophyta); *Monoraphidium arcuatum* (Korshikov) Hindák, *Scenedesmus denticulatus* Lagerheim e *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson ex Ralfs (Chlorophyta); *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (Bacillariophyta); *Trachelomonas volvocina* Ehrenberg (Euglenophyta); *Peridinium* sp. 1 e *Peridinium* sp. 2 (Dinophyta) (Tabela 4.4).

Nenhuma espécie foi considerada dominante. Foram consideradas abundantes, *Closterium* sp. (Chlorophyta) na sexta coleta; cianobactéria *Anabaena* sp. na sétima e oitava coleta e a *Aphanocapsa incerta* (Lemmermann) Cronberg & Komárek na oitava coleta. As demais espécies foram pouco abundantes ou raras.

As cianobactérias estiveram presentes durante todo o período de coleta, exceto na quarta coleta, variando de 25 a 10.351 org. mL<sup>-1</sup> (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 Caracterização do fitoplâncton quanto à Densidade (org.mL<sup>-1</sup>) e Frequência - Freq (%) na fazenda aquícola.

Espécies	1° Coleta	2° Coleta	3° Coleta	4° Coleta	5° Coleta	6° Coleta	7° Coleta	8° Coleta	Freq %
<b>Cyanophyta</b>									
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) Cronberg & Komárek	0	0	0	0	4	52	0	5810	38
<i>Aphanocapsa hyalina</i> (Lyngbye) Hansgirg	0	0	0	0	0	9	0	0	13
<i>Anabaena</i> sp. 1	22	25	82	0	176	148	658	4476	88
<i>Anabaena</i> sp. 2	0	0	0	0	4	0	0	0	13
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<i>Coelomoron</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenaya & Subba Raju	3	0	0	0	4	109	27	0	50
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C. Agardh) Anagnostidis	0	0	0	0	0	52	7	26	38
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen	0	0	0	0	4	0	0	0	13
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	0	0	0	0	0	0	7	13	25
<i>Phormidium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<b>Sub-total</b>	28	25	82	0	192	371	706	10351	88

(continua)

(continuação...)

<b>Chlorophyta</b>									
<i>Actinastrum gracillimum</i> Smith	22	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korshikov	0	0	5	0	0	22	0	0	25
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini	0	7	0	0	0	0	0	0	13
<i>Closterium</i> sp.	129	32	50	0	25	3651	7	52	88
<i>Coelastrum reticulatum</i> (P.A. Dangeard) Senn	0	0	0	20	213	9	0	0	38
<i>Cosmarium tenue</i> W. Archer	0	0	0	0	0	9	0	0	13
<i>Cosmarium</i> sp.	6	7	21	0	0	0	0	0	38
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) W. West & G.S. West	9	0	0	0	4	17	0	13	50
<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<i>Crucigenia crucifera</i> (Wolle) Collins	6	0	0	52	29	65	52	0	63
<i>Desmidium</i> sp.	0	0	0	0	0	22	0	0	13
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	6	0	10	0	4	65	14	0	63
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C. Wood	3	0	10	0	0	279	7	26	63
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	3	0	5	0	0	0	0	0	25
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) K. Möbius	0	0	0	0	8	9	0	13	38
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Micractinium</i> sp.	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	12	25	19	172	123	227	20	0	88
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková- Legnerová	3	0	0	131	0	0	0	0	25

(continua)

(continuação...)

<i>Oocystis borgei</i> J. Snow	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg	3	13	0	0	0	0	0	0	25
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs	3	0	0	0	0	0	13	0	25
<i>Radiococcus</i> sp.	3	0	0	7	0	35	0	0	25
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	17	0	0	0	0	17	0	0	25
<i>Scenedesmus curvatus</i> Bohlin	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim	3	0	0	0	0	9	59	0	75
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson ex Ralfs	3	25	19	0	8	52	7	0	75
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	0	0	68	122	0	0	0	0	25
<i>Sphaerocystis</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Staurastrum leptocladum</i> L.N. Johnson	0	19	19	0	16	174	21	26	75
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen	0	7	0	0	0	0	0	0	13
<i>Stauroidesmus mamillatus</i> (Nordstedt) Teiling	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Stauroidesmus</i> sp.	125	196	131	0	0	0	0	0	38
<i>Tetraedron gracile</i> (Reinsch) Hansgirg	3	19	19	0	0	0	7	0	50
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair	22	0	0	13	0	9	0	0	13
<i>Tetraedron</i> sp.	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Willea irregulares</i> (Wille) Schmidle	0	0	0	0	0	22	7	0	25
<b>Sub-total</b>	<b>385</b>	<b>349</b>	<b>392</b>	<b>517</b>	<b>429</b>	<b>4694</b>	<b>220</b>	<b>157</b>	
<b>Bacillariophyta</b>									
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	0	0	5	7	16	0	22	0	50
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	129	109	43	7	12	96	66	65	100

(continua)

(continuação...)

<i>Aulacoseira</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Aulacoseira</i> sp.2	3	25	19	0	0	9	7	0	63
<i>Aulacoseira</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngbye) C. Agardh	0	0	0	0	0	131	46	0	25
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	9	52	5	7	0	0	15	0	63
<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	0	0	0	9	0	13	25
<i>Gomphonema lanceolatum</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0	0	0	0	29	153	0	52	38
<i>Melosira</i> sp.	0	25	19	4	0	0	0	0	38
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	0	0	42	9	29	0	7	0	50
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	0	25	19	0	0	0	14	0	38
<i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrenberg) W. Smith	0	19	24	0	0	0	0	13	38
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0	0	5	7	0	0	0	0	25
<i>Pinnularia</i> sp.	3	0	5	0	0	0	0	0	25
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	13	13
<i>Stauroneis</i> sp.	3	25	19	0	0	0	0	0	38
<i>Stauroneis</i> sp. 2	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Stauroneis</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Surirella bisseriata</i> Brébisson	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Surirella linearis</i> W. Smith	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	3	0	5	7	0	0	0	0	38

(continua)

(continuação...)

<i>Surirella</i> sp. 1	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Surirella</i> sp. 2	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	3	7	0	0	0	0	0	0	25
<b>Sub-total</b>	158	288	230	46	86	397	192	183	
<b>Euglenophyta</b>									
<i>Euglena</i> sp.	6	50	37	0	0	0	21	26	63
<i>Euglena</i> sp. 2	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus asymmetricus</i> Prescott	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin	3	0	0	0	4	0	0	13	38
<i>Phacus</i> sp.1	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus</i> sp.2	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus</i> sp.3	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus</i> sp. 4	0	7	0	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus</i> sp. 5	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Phacus</i> sp. 7	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Phacus</i> sp. 8	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Phacus</i> sp. 9	0	0	0	0	0	0	7	0	13
<i>Trachelomonas curta</i> A.M. Cunha	0	0	5	0	0	0	0	0	13
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein	3	0	5	0	0	0	0	0	25
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehrenberg	26	33	37	9	4	9	118	157	100
<b>Sub-total</b>	49	90	95	9	8	9	161	196	

(continua)

(continuação...)

---

<b>Dinophyta</b>									
<i>Peridinium</i> sp. 1	22	19	45	0	4	0	59	39	75
<i>Peridinium</i> sp. 2	134	183	131	0	0	9	111	13	75
<b>Sub-total</b>	134	183	131	0	0	9	111	13	
<b>Cryptophyta</b>									
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	15	19	45	55	33	0	0	0	63
<b>Sub-total</b>	15	19	45	55	33	0	0	0	
<b>Chrysophyta</b>									
<i>Dinobryon bavaricum</i> Imhof	0	7	0	0	0	0	0	0	13
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	0	0	0	0	49	0	0	0	13
<b>Sub-total</b>	0	7	0	0	49	0	0	0	
<b>Xantophyta</b>									
<i>Isthmochloron gracile</i> (Reinsch) Skuja	3	0	0	0	0	0	0	0	13
<b>Sub-total</b>	3	0	0	0	0	0	0	0	

---

Ocorreu neste estudo, variação quanto a diversidade específica em relação ao fitoplâncton, com índices que variaram de 1,49 bit.Cel<sup>-1</sup> sendo considerada baixa e 4,58bit.Cel<sup>-1</sup> (Tabela 4.3), considerada alta. No total, observou-se 62,5% das coletas com alto nível de diversidade específica, aproximadamente 25% considerada média e 12,5% considerada baixa.

A equitatividade do fitoplâncton manteve-se alta em 75% das coletas, apresentando declínio durante a sexta e oitava coleta (Tabela 4.3). Durante a sexta e oitava coletas tivemos espécies que ocorreram em abundância, o que pode ter causado uma diminuição dos índices tanto de diversidade quanto de equitatividade.

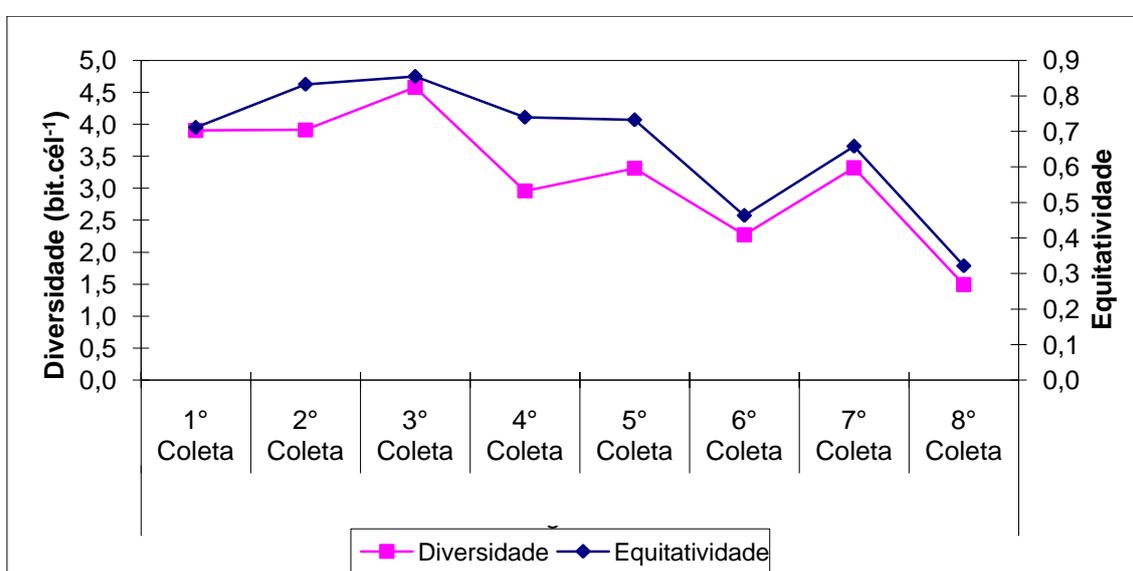


Figura 4.3 Índices de Diversidade e Equitatividade fitoplanctônica em função dos períodos de coleta

A presença de algumas espécies em relação às outras é influenciada por fatores ambientais. A dinâmica dos nutrientes tem efeito direto na biota aquática, interferindo no crescimento e desenvolvimento dos organismos planctônicos e das macrófitas. Foi observado maior densidade de indivíduos durante a sexta coleta (5.479 org.mL<sup>-1</sup>) e a oitava coleta (10.901 org.mL<sup>-1</sup>). Durante a oitava coleta, os índices de fósforo estiveram superiores ao tolerado pela legislação (Tabela 4.2), sendo o fósforo apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas destinados à criação de organismos aquáticos (ESTEVES, 1998). Dentre outros parâmetros ambientais

existentes, há uma tendência da quantidade de fósforo influenciar na densidade do fitoplâncton (Figura 4.4).

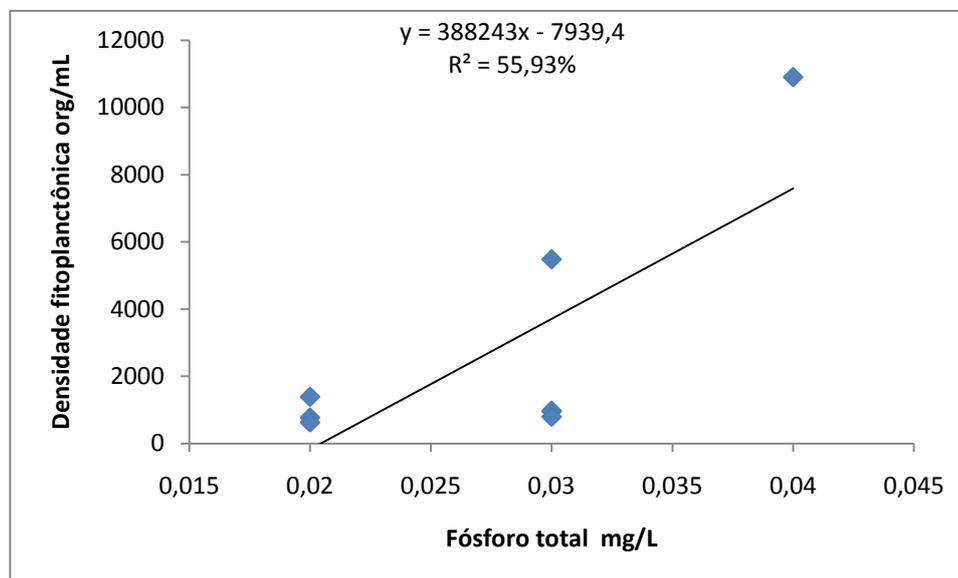


Figura 4.4 Aporte de fósforo total em relação à densidade fitoplanctônica

#### 4.3.1.4 Substâncias provenientes de metabólicos fitoplanctônicos

##### 4.3.1.4.1 Cianotoxinas

Dentro do limite de quantificação dos métodos utilizados, não foram detectados cianotoxinas nas amostras de água de cultivo.

##### 4.3.1.4.2 Substâncias que causam *off flavor*

Os cromatogramas mostraram que a Geosmina (GEO) foi detectada nas amostras de água provenientes das coletas 2,3,4,5 e 6 (Figura 4.5).

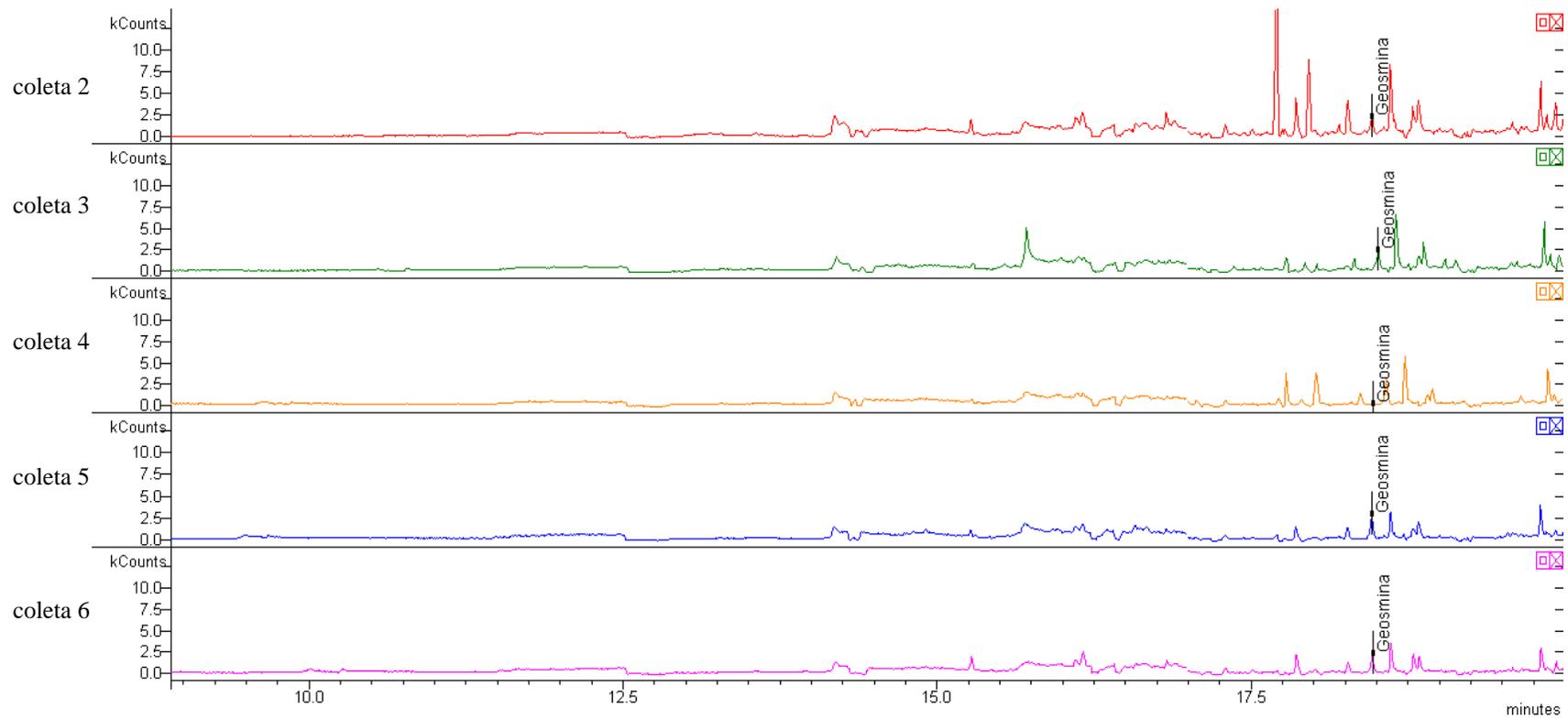


Figura 4.5 Cromatogramas mostrando os picos para Geosmina nas coletas onde a substância foi detectada

Geosmina foi detectada em 62,5% das amostras, sua incidência manteve-se baixa no período estudado, variando de 5,25 a 7,17 ng/L (Tabela 4.5), estando os valores encontrados neste trabalho abaixo do limite de detecção sensorial de compostos de *off flavor* (MARTIN et al, 1987; PERSSON, 1980; WOOD; SNOEYINK, 1977).

Tabela 4.5 Quantificação de Geosmina (ng/L) em amostras de água de cultivo

1º coleta	2º coleta	3º coleta	4º coleta	5º coleta	6º coleta	7º coleta	8º coleta
*n.d.	5,25	6,39	5,46	7,17	5,45	*n.d.	*n.d.

\*n.d. Limite de quantificação do método <5 ng/L

Tentou-se encontrar correlação entre a densidade fitoplanctônica com a ocorrência da geosmina; segundo os dados desta pesquisa não houve correlação aparente do número de indivíduos com a produção de compostos de *off flavor*.

Muitas são as espécies de cianobactérias produtoras de compostos de *off flavor* (SMITH; BOYER; ZIMBA, 2008). Segundo levantamento bibliográfico, das espécies de cianobactérias encontradas neste trabalho, ou seja, *Pseudanabaena catenata* Lauterborn (ZIMBA; DIONIGI; MILLIE, 1999) e *Phormidium* sp. (ZIMMERMAN; SOLIMAN; ROSEN, 1995; BERGLIN; HOLTAN; SKULBERG, 1983) sabe-se que são espécies conhecidas como produtoras de compostos de *off flavor*, no entanto, na coleta onde foi registrada ocorrência das espécies, não foram encontrados os referidos compostos, o que pode ser explicado pela baixa densidade desses organismos.

Indivíduos do gênero *Anabaena*, são associados a produção de *off flavor* (HENLEY, 1970; MATSUMOTO; TSUCHIYA, 1988; PERSSON, 1980; RASHASH et al., 1995; WATSON, 2003). Neste trabalho os indivíduos do referido gênero não puderam ser identificados em nível de espécie, portanto, não foi possível afirmar se estes indivíduos foram os responsáveis pela produção destes compostos.

Para os indivíduos do gênero *Geitlerinema* foram identificados em nível de espécie: a *Geitlerinema amphibium* (C. Agardh) Anagnostidis; a literatura somente descreve como produtora de compostos de *off flavor* a espécie *Geitlerinema splendidum* (Agardh ex Goment) Anagnostidis (TABACHEK; YURKOWSKI, 1976).

Há a necessidade de se estudar a possibilidade de que outras espécies aqui encontradas, sejam potencialmente produtoras de compostos que geram *off flavor*.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade de um produto advindo do pescado está intrinsecamente ligada aos cuidados realizados durante as etapas do processo de produção se iniciando, no caso da aquicultura, na escolha das matrizes, qualidade da água e manejo adequado no cultivo, qualidade da ração utilizada para engorda, método de abate, cadeia do frio, beneficiamento, transporte e armazenamento.

Muitos parâmetros devem ser considerados quando o assunto é qualidade, englobando o monitoramento via aferições físicas, químicas, biológicas, microbiológicas, toxicológicas e sensoriais.

A forma mais adequada de conduzir a elaboração de produtos na indústria é através da padronização das etapas de produção e realização do controle de processos, assim, é possível obter controle de qualidade satisfatório para os produtos.

No Brasil, as peculiaridades são muitas, em função do tamanho do território, das diferentes práticas para captura, com a pesca artesanal predominante, fatos que dificultam a implementação de padronização em locais de difícil logística.

A diversidade de espécies em território nacional, também é outro entrave quando se trata de estabelecimento de padrões. Há necessidade de investimento em pesquisas para que sejam gerados dados referentes às diferentes espécies, e posteriormente repassados ao setor produtivo. É necessária a integração eficaz dos elos da cadeia produtiva do pescado, para que seja viável a implementação de sistemas de qualidade.

Em curto espaço de tempo, não será mais possível comercializar o pescado sem que este esteja inserido no sistema de rastreabilidade. Ações pontuais em todo o mundo mostram a tendência para unificação da legislação, também em função da globalização já vivenciada na comercialização do pescado.

No caso do pescado advindo de captura há inúmeras dificuldades que impedem a implantação da rastreabilidade, a curto prazo, uma vez que o elos da cadeia produtiva envolvem as embarcações, o transporte em terra, os locais de estocagem e varejo, entre outros; em cada um destes pontos atuam participantes, que originalmente não se reportam acima e abaixo do seu ponto de trabalho.

O primeiro passo a ser realizado neste contexto, seria a adequação da legislação pesqueira, para que seja possível a implantação de sistemas de qualidade. O certificado de origem é o ponto de partida para um sistema de rastreabilidade funcional e, no caso da pesca brasileira, esses dados ainda não estão disponibilizados.

Com o pescado de cultivo, pelo fato de haver a participação de um único produtor, a implantação de sistemas de rastreabilidade, torna-se facilitada permitindo o acompanhamento até que este produto chegue à mesa do consumidor.

Na piscicultura, particularmente a tilapicultura, pesquisas tem sido conduzidas visando implementar um *software* de fácil condução para atender ao produtor e auxiliá-lo a colocar um produto diferenciado no mercado. A qualidade da água, as características do manejo na despesca, a entrada na beneficiadora e a distribuição refrigerada até o consumidor em forma de produto de conveniência, são parâmetros que vem sendo estudados em fazenda padrão no Estado de São Paulo por pesquisadores do GETEP – Grupo de Estudos e Extensão em Inovação Tecnologia e Qualidade do Pescado da ESALQ-USP.

#### 4.5 CONCLUSÕES

Há tendência da solubilidade do oxigênio na água de cultivo ser influenciada pela temperatura, ocorrendo diminuição do oxigênio dissolvido em razão do aumento da temperatura.

Os valores de fósforo total pode estar relacionado à maior incidência fitoplanctônica, uma vez que há tendência da quantidade de fósforo influenciar na densidade do fitoplâncton.

Alguns pontos críticos de controle devem ser levados em consideração, tais como a qualidade da ração utilizada no cultivo, arraçoamento, bem como, a capacidade de suporte do local.

O oxigênio dissolvido é de extrema importância no cultivo de organismos aquáticos, sendo que o mesmo deve ser monitorado diariamente, principalmente em períodos mais quentes do dia e, se necessário, deve-se fazer o uso de aeradores.

Não foi encontrada correlação entre a densidade fitoplanctônica e a incidência de compostos de *off flavor*, como a geosmina.

Há a necessidade de se estudar a possibilidade de que espécies diferentes das relatadas pela literatura, sejam potencialmente produtoras de compostos que geram *off flavor*.

É necessário o desenvolvimento de projetos de pesquisa, visando estudar as variáveis ambientais e de processo que possam interferir na qualidade do pescado, visto

como produto final para indústria, a fim de otimizar o manejo visando um produto de qualidade e rentabilidade superior ao que existe no mercado.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 14. ed. Washington, DC, 1975. 1193 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington, DC, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, DC, 1995. 875 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, VA, 1990. p. 881-882.

ANJOS, F.M.D.; OLIVEIRA, M.C.B.; ZAJAC, M.P.; HILLER, S.; CHRISTIAN, B.; ERLER, K.; LUCKAS, B.; PINTO, E. Detection of harmful cyanobacteria and their toxins by both PCR amplification and LC-MS during a bloom event. **Toxicon**, Oxford, v. 48, n. 3, p. 239-245, 2006.

BERGLIND, L.; HOLTAN, H.; SKULBERG, O.M. Case studies on off-flavours in some Norwegian lakes. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 15, p. 199–209, 1983.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2006. 502 p.

BIOCONTROL SYSTEM INC. **Manual Biocontrol para utilização do kit 1-2 Test Salmonella**. Disponível em: <[http://courses.ag.uidaho.edu/fst/fstmmbb417/1-2\\_Directions-English.pdf](http://courses.ag.uidaho.edu/fst/fstmmbb417/1-2_Directions-English.pdf)>. Acesso em: 28 abr 2008.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; KUJBIDA, P.; CARDOZO, K.H.M.; CARVALHO, V.M.; MOURA, A.N.; COLEPICOLO, P.; PINTO, E. A novel rhythm of microcystin biosynthesis is described in the cyanobacterium *Microcystis panniformis* Komárek et al. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v. 326, p. 687-694. 2005.

BOYD, C.E. Management of bottom soil condition and pond water and effluent quality. In: CHHORN, L.; WEBSTER, C.D. (Ed.). **Tilapia: biology, culture and nutrition**. Chicago: Food Products Press, 2006. cap. 11, p. 449-468.

BOYD, C.E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aquicultura**. Campinas: Mogiana Alimentos, 1997. 55 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Parâmetros de qualidade das águas segundo o seu uso preponderante. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 jul. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 17 abr. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos para oficiais de controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II – Métodos físicos e químicos**. Brasília, DF, 1981. cap. 11, p. 5-6: Pescado fresco.

BUTTNER, J.K.; SODERBERG, R.W.; TERLIZZI, D.E. **An introduction to water chemistry in freshwater aquaculture**. Darmouth: University of Massachusetts, Northeastern Regional – Aquaculture Center, 1993. 4 p. (NRAC Fact Sheet, 170).

CARMICHAEL, W.W. Toxic *Microcystis* and the environment. In: WATANABE, M.F.; HARADA, K.; CARMICHAEL, W.W.; FUJIKI, H. (Ed.). **Toxic *Microcystis***. Boca Raton: CRC Press, 1996. p. 1-12.

CARR, J. M.; HERGENRADER, G. L.; TROELSTRUP, N. H. A simple inexpensive method for cleaning diatoms. **Transactions of the American Microscopical Society**, Menasha, v. 105, p. 152-157, 1986.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1988.

CHHORN, L.; WEBSTER, C.D. (Ed.). **Tilapia: biology, culture and nutrition**. Chicago: Food Products Press, 2006. 678 p.

CRONBERG, G.; ANNADOTTER, H. **Manual on aquatic cyanobacteria a photo and a synopsis of their toxicology**. Kobenhavn, Denmark: International Society for the Study of Harmful Algae - ISSHA, 2006. 106 p.

CYBIS, L.F.; BENDATI, M.M.; MAIZONAVE, C.R.M.; WERNER, V.R.; DOMINGUES, C.D. **Manual para estudo de cianobacterias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa Lomba de Sabão e Lago Guaíba**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Porto alegre: ABES, 2006. 64 p.

DAHLMANN, J.; BUDAKOWSKI, W.R.; LUCKAS, B. Liquid chromatography–electrospray ionisation–mass spectrometry based method for the simultaneous determination of algal and cyanobacterial toxins in phytoplankton from marine waters and lakes followed by tentative structural elucidation of microcystins. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 994, n. 1-2, p. 45-57, 2003.

DIENER, M.; ERLER, K.; HILLER, S.; CHRISTIAN, B.; LUCKAS, B. Determination of Paralytic Shellfish Poisoning (PSP) toxins in dietary supplements by application of a new HPLC/FD method. **European Food Research and Technology**. Heidelberg, v. 224, p. 147-151, 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Test methods for evaluating solid waste physical/chemical methods –SW846**. Richmond: EPA, National Technical Information Service, 1996.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência; FINEP, 1998. 602 p.

GALVÃO, J.A.; FURLÁN, E.F.; SALÁN, E.O.; PORTO, E.; OETTERER, M. Características físico-químicas e microbiológicas (*S. aureus* e *B. cereus*) da água e de mexilhões cultivados na região de Ubatuba-SP. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, p. 1124-1129, 2006.

HENLEY, D.E. **Odours metabolite and other selected studies of cyanophyta**. 1970. Thesis (PhD) - North Texas State University, Denton, 1970.

HUSS, H.H.; REILLY, A.; EMBAREK, P.K.B. Prevention and control of hazards in seafood. **Food Control**, Guildford, v. 11, p. 149-156, 2000.

JEFFREY, S.W.; HUMPHREY, G.R. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a1, b1, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. **Biochemie und Physiologie der Pflanzen**, Bielefeld, Germany, v. 167, p. 191-194, 1975.

JEFFREY, S.W.; MANTOURA, R.F.C; WRIGHT, S.W. **Phytoplankton pigments in oceanography**: guidelines to modern methods. Paris, France: UNESCO, 1997. 661 p. (Monographs on oceanographic methodology, 10).

JOHN, D.M.; WHITTON, B.A.; BROOK, A.J. **The freshwater algal flora of the British Isles**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H.; Mollenhauer, D. (Ed.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1**. Jena: Gustav Fischer, 1999.

KOMÁREK, J.; CRONBERG, G. Some Chroococcalean and Oscillatorien Cyanoprokaryotes from southern African lakes, ponds and pools. **Nova Hedwigia**, Weinheim, v. 73, p. 129-160, 2001.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: BÜDEL, B.; KRIENITZ, L.; GÄRTNER, G.; SCHAGERL, M. (Ed.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa** 19/2. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. **Chlorophyceae**. Chlorococcales. Stuttgart: Begründet von August Thienemann, 1983.

KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. **Bacillariophyceae**, 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae and Eunotiaceae. Stuttgart: Semper Bonis Artibus, 1991a.

KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. **Bacillariophyceae**, 4. Teil: Achananthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) and *Gomphonema* Gesamthitratverzeichnis. Stuttgart: Semper Bonis Artibus, 1991b.

LIZÁRRAGA-PARTIDA, M.L.; CÁRDENAS, G.V. Influence of water circulation on marine and faecal bacteria in a mussel-growing area. **Marine Pollution Bulletin**, London, v. 32, n. 2, p. 196-201, 1996.

LOBO, E.A.; LEIGHTON, G. Estrutura de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista de Biología Marina**, Santiago, v. 22, n. 1, p. 143-170, 1986.

LUND, V.X.; FIGUEIRA, M.L.O.A. **Criação de tilapias**. São Paulo: Ed. Nobel, 1989. 63 p.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis**: some revised method for limnologists. Kendall: Titus Wilson & Son, 1978. 117 p.

MARTIN, J.F.; McCOY, C.P.; GREENLEAF, W., BENNETT, L. Analysis of 2-methylisoborneol in water, mud and channel catfish from commercial culture ponds in Mississippi. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science**, Ottawa, v. 44, p. 909-912, 1987.

MATSUMOTO, A.; TSUCHIYA, Y. Earthy-musty odor-producing cyanophytes isolated from Five Waters areas in Tokyo. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 20, n. 8-9, p. 179-183, 1988.

MATTEUCCI, S.D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington, DC: Secretaria General de la Organizacion de los Estados Americanos, 1982. 168 p. (Programa Regional de Desarrollo Cientifico y Tecnológico).

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE; Orstom; Tapi, 1992. 523 p.

PÁDUA, D.M.C.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; SILVA, P.C.; PÁDUA, J.T. Variação diurna de parâmetros limnológicos em viveiros de piscicultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 27, n. 1, p. 93-102, 2007.

PERSSON, P.E. On the odor of 2-methylisoborneol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, p. 1344-1345, 1980.

- PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley, 1977. 385 p.
- PLOEG, M.V.D.; BODY, C.E. Geosmin production by cyanobacteria (blue-green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.22, p.207-216, 1992.
- POPOVSKÝ, J.; PFIESTER, L.A. **Dinophyceae** (Dinoflagellida). Stuttgart: Süßwasserflora von Mitteleuropa, 1990.
- PRESCOTT, G.W.; VINYARD, W.C. **A synopsis of North American Desmids**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1982.
- RASHASH, D.M.C.; DIETRICH, A.M.; HOEHN, R.C.; PARKER, B.C. The influence of growth conditions on odor-compounds production by two chrysoophytes and two cyanobacteria. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 31, p. 165-172, 1995.
- SAITO, K.; OKAMURA, K.; KATAOKA, H. Determination of musty odorants, 2-methylisoborneol and geosmin, in environmental water by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1186, n. 1-2, p. 434-437, 2008.
- SALVADOR, R.; MULLER, E.E.; LEONHARDT, J.H.; PRETTO-GIORDANO, L.G.; DIAS, J.A.; FREITAS, J.C.; MORENO, A.M. Isolamento de *Streptococcus* spp de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água de tanques rede na Região Norte do Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 35-42, 2003.
- SCHRADER, D.; REGT, M.Q.; TIDWELL, P.D.; TUCKER, C.S.; DUKE, S.O. Compounds with selective toxicity towards the *off flavor* metabolite-producing cyanobacterium *Oscillatoria chalybea*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 163, p. 85-99, 1998.
- SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, New York, v. 27, p. 379-423, 1948.
- SHELTON, W.L.; POPMA, T.J. Biology. In: CHHORN, L.; WEBSTER, C.D. (Ed.). **Tilapia: biology, culture and nutrition**. Chicago: Food Products Press, 2006. cap. 1, p. 1-49.
- SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 295 p.
- SILVA, N. da; CANTUSIO NETO, R.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. Campinas: ITAL, 2000. 99 p.
- SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S. dos; GOMES, R.A.R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. 552 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; CELESTE, C.C.; BRAGA, F.M.S. Efeito do óxido de cálcio sobre variáveis limnológicas em viveiros de criação de *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 191-198, 2006.

SMITH, J.L.; BOYER, G.L.; ZIMBA, P.V. A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 280, p. 5-20, 2008.

STICKNEY, R.R. Tilapia. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Culture of nonsalmonid freshwater fishes**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1986. p. 57-89.

TABACHNEK, J.L.; YURKOWSKI, M. Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites, geosmin and 2-methylisoborneol, in saline lakes in Manitoba. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 33, p. 25-35, 1976.

TOLEDO, J.J.; CASTRO, J.G.D. Parâmetros físico-químicos da água em viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta, Mato Grosso. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 1, n. 3, p. 2-10, 2001.

TUCKER, C.S.; PLOEG, M. van der. Managing *off flavor* problems in pond-raised catfish. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, 1999. 7 p. (SRAC Publication, 192).

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie**, Stuttgart, v. 9, p. 1-38, 1958.

WALLACE, H.A.; HAMMACK, T.S. Microbiological methods. In: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18. ed. Gaithersburg, 2006. cap. 17, p. 153-155.

WATSON, S.B. Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or by products? A review of their biological activity. **Phycologia**, Berkeley, v. 42, p. 332-350, 2003.

WEBER, C.I. **Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface waters and effluents**. Cincinnati, OH: National Environmental Research Center, Office of Research & Development, 1973. (EPA-670/4-73-001).

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analyses**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 391 p.

WOOD, N.F.; SNOEYINK, V.L. 2-Methylisoborneol, improved synthesis and a quantitative gas chromatographic method for trace concentrations producing odor in water. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 132, p. 405-420, 1977.

WHO. **Food safety issue associated with products from aquaculture.** Report of a Joint FAO/NACA/FAO Study Group. Roma: FAO, 1999. (WHO Technical Report Series, 883).

ZIMBA, P.V.; DIONIGI, C.P.; MILLIE, D.F. Evaluating the relationship between photopigment synthesis and 2-methylisoborneol accumulation in cyanobacteria. **Journal of Phycology**, Baltimore, v. 35, p. 1422–1429, 1999.

ZIMMERMAN, W.J.; SOLIMAN, C.M.; ROSEN, B.H. Growth and 2-methylisoborneol production by the cyanobacterium *Phormidium LM689*. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 31, p. 181-186, 1995.