

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/12/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Avaliação dos impactos ambientais da
aquicultura em tanques rede sobre a
comunidade fitoplanctônica por análise de
pigmentos**

Lisângela Coracini Caceris

Jaboticabal, SP
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Avaliação dos impactos ambientais da
aquicultura em tanques rede sobre a
comunidade fitoplanctônica por análise de
pigmentos**

Lisângela Coracini Caceris

Orientador: Dr. Gianmarco Silva David

Dissertação, apresentada ao programa de Pós- Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, SP
2018

Caceris, Lisângela Coracini
C118a Avaliação dos impactos ambientais da aquicultura em tanques rede
sobre a comunidade fitoplanctônica por análise de pigmentos /
Lisângela Coracini Caceris. -- Jaboticabal, 2018
iv, 43 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2018

Orientadora: Gianmarco Silva David

Banca examinadora: Jozrael Henriques Rezende, Maria Fernanda
Falcone Dias

Bibliografia

1. Fitoplâncton. 2. Florações. 3. Toxinas. 4. Impactos. I. Título. II.
Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

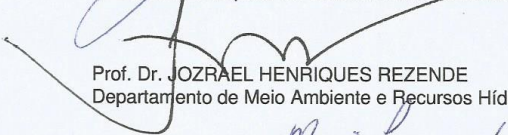
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "Avaliação dos impactos ambientais sobre a comunidade fitoplanctônica partir da análise de pigmentos."

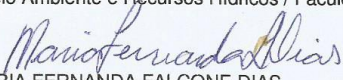
AUTORA: LISANGELA CORACINI CACERIS

ORIENTADOR: GIANMARCO SILVA DAVID

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. GIANMARCO SILVA DAVID
Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Jaú / Agencia Paulista de Tecnologia do Agronegócio


Prof. Dr. JOZRAEL HENRIQUES REZENDE
Departamento de Meio Ambiente e Recursos Hídricos / Faculdade de Tecnologia de Jahu


Pós-Doutoranda MARIA FERNANDA FALCONE DIAS
. / APTA, Jaú-SP

Jaboticabal, 20 de junho de 2018

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

Dedicatória

À Deus por mais uma conquista alcançada!

À Nossa senhora Aparecida e Santa Catarina de Alexandria, por ouvir minhas preces!

Ao meu filho amado Rafael Coracini Caceris.

Ao meu esposo Diego Pereira Caceris, pelo companheirismo, amor, compreensão, apoio e torcida.

Aos meus pais Leonildo Coracini e Josefa Candido de Miranda Coracini por todo carinho, amor, apoio e incentivo.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Gianmarco Silva David, pela orientação, ensinamentos e confiança depositados á mim.

A Prof^a Dra Evelize de Fátima Saraiva David, pelo apoio e incentivo cedendo o laboratório das Faculdades Integradas de Bauru (FIB).

A todos meus Familiares por ajudar e cuidar de meu filho enquanto estava fora.

As minhas amigas de laboratório da APTA de Jau, por me apoiar e ensinar diariamente.

Ao pessoal do Laboratório das Faculdades Integradas de Bauru, pelo auxilio e paciência depositado a mim.

A Andréa Tutti e Andréa Dias, do Instituto de Botânica, por me ajudar na identificação das Cianobactérias.

Ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), pela oportunidade.

A todos os funcionários do CAUNESP.

A CNPq pela bolsa de mestrado, processo nº 131561/2017-0.

A todos que estiveram me apoiando e me ajudando seja de forma direta ou indiretamente.

SUMÁRIO

Agradecimentos	i
Lista de figuras.....	iv
Lista de tabelas	v
Resumo.....	1
Abstract.....	2
Capítulo 1.....	3
1.0 Introdução geral	3
1.1 Fitoplâncton	3
1.2 Cianobactérias	4
1.3 Pigmentos	8
1.4 Aquicultura em tanques redes	10
2. Objetivo geral	12
2.1 Objetivos específicos	12
3. Material e métodos.....	13
3.1 Locais de coleta	13
3.2 Cultivo de Cianobactérias	15
Referências.....	20
Capítulo 2.....	26
Resumo.....	27
Abstract.....	28
1. Introdução	29
2. Material e Métodos.....	30
2.1 Análises de pigmentos por CLAE	31
2.2 Cultivo de Cianobactérias:	32
2.3 Medições Limnológicas e Fluorométricas <i>in situ</i>	32
2.4 Analise Estatísticas	33
3. Resultados	33
3.1 Pigmentos por CLAE	33
3.2 Cultivo de cianobactérias.....	34
3.3 Medições limnológicas e fluorométricas <i>in situ</i>	34
4. Discussão.....	37
Análises de pigmentos.....	37
Medições limnológicas e fluorométricas	38

5. Conclusões	39
Referências	40

Lista de figuras

Capítulo 1

Figura 1: Aspecto típico de floração de cianobactérias, com formação de nata ou espuma verde intensa sobre a superfície da água.....8

Figura 2: Mapa dos reservatórios avaliados durante o presente estudo.....14

Figura 3: Exemplos da disposição das estruturas de cultivo nas diferentes fazendas analisadas neste estudo.14

Figura 4: Sequencia das etapas do cultivo de cianobactérias: (a) inoculação da amostra de água em meio nutritivo líquido, (b) placas de Petri com amostras em meio sólido e tubos de ensaio com amostras em meio líquido, (c) identificação em microscópio da espécie *Chroococcus* cf, (d) etapa de purificação das cepas.19

Capítulo 2

Figura 2: Mapa dos reservatórios avaliados durante o presente estudo.....30

Lista de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1: Distribuição dos pigmentos mais comuns nos diferentes grupos de organismos do fitoplâncton.	9
Tabela 2: Identificação e localização das pisciculturas estudadas neste projeto. .	13
Tabela 3: Pontos efetivamente amostrados no presente estudo.	15
Tabela 4: Composição e quantidade das soluções estoques para o preparo do meio de cultura concentrado.	17
Tabela 5: Composição de metais traços (*).	17

Capítulo 2

Tabela 1: Quantificação dos pigmentos encontrados nas seis pisciculturas estudadas.....	32
Tabela 2: Quantificação dos pigmentos encontrados nas culturas puras.....	33
Tabela 3: Dados ambientais encontrados nas seis pisciculturas estudadas. Ambientais foram: Temperatura; condutividade; oxigênio dissolvido; TDS; PH e turbidez.....	34
Tabela 4: Dados taxonômicos.....	35
Tabela 5: Dados ambientais das amostras cultivadas em laboratório.....	36

Resumo

A qualidade da água no sistema tanques redes é o fator mais importante e deve se ter manejos adequados para que não haja problemas com a produção e nem com o ambiente. O surgimento de cianobactérias devido ao excesso de nutriente existentes nestas áreas é um dos fatores mais preocupantes para o setor, algumas espécies podem emitir toxinas causando danos não apenas para os animais, mais também para o ambiente e demais usos da água. O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos causados pelas pisciculturas em tanques redes sobre a comunidade fitoplanctonica. O trabalho foi realizado em dois laboratórios, o cultivo e purificação de cepas puras de cianobactérias foram realizados no laboratório das Faculdades Integradas de Bauru (FIB), as amostras de pigmentos e os dados das culturas puras foram analisados em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) no laboratório da APTA de Jaú. As amostras de pigmentos foram coletadas em seis pisciculturas em localizações diferentes, em três pontos determinados nos cultivos de tilápias, à montante e à jusante, onde foram também coletadas as amostras das análises taxonômicas e os dados ambientais. Os resultados mostraram presença de cianobactérias através de pigmento equinenona em todas as amostras coletadas, esses dados se repetem nas análises taxonômicas e ambientais. Através dos resultados obtidos foi concluído que não foi detectado um padrão de aumento da concentração de pigmentos e dos diferentes grupos fitoplanctônicos no interior das fazendas, assim como não houve deterioração da qualidade da água quando comparados os pontos à montante e à jusante, e as condições limnológicas entre as diferentes bacias estudadas foram significativamente diferentes, indicando graus diferentes de susceptibilidade entre as áreas de cultivo.

Palavras-chave: fitoplâncton, florações, toxinas, impactos.

Abstract

Water quality is a main issue in cage Aquaculture, and proper management is needed to avoid environmental problems that affects negatively production. The emergence of cyanobacteria due to excess nutrients in these areas is one of the most worrisome factors for the sector, some species can emit toxins causing damage not only to animals, but also to the environment and other uses of water. The present study aimed to evaluate the impacts caused by cage farms on the phytoplankton community. The work was carried out in two laboratories, the cultivation and purification of pure strains of cyanobacteria were carried out in the laboratory of Faculdades Integradas de Bauru (FIB), the pigment samples and the data of the pure cultures were analyzed in High Performance Liquid Chromatography (HPLC) at APTA laboratory in Jaú. The pigment samples were collected in six fish farms at different locations, at three points determined in tilapia farms, upstream and downstream, where taxonomic analyzes and environmental data were also collected. The results showed the presence of cyanobacteria through pigment equinenone in all samples collected. No pattern of increase in the concentration of pigments or the different phytoplankton groups inside the farms was detected, nor was there any deterioration of the water quality when the upstream and downstream points were compared, and the limnological conditions between the different basins studied were significantly different, indicating degrees of susceptibility between farming areas.

Key-words: phytoplankton, blooms, toxins, impacts.

Capítulo 1

1.0 Introdução geral

1.1 Fitoplâncton

O fitoplâncton tem sua definição como um conjunto de organismos que vivem à deriva na coluna d'água e fazem fotossíntese, incluindo os grupos taxonômicos de algas e cianobactérias (ESTEVES, 2011). Juntamente com as algas perifíticas e macrófitas aquáticas, realizam fotossíntese e participam da fase biológica de ciclagem dos nutrientes nos ambientes aquáticos. Diversos são os grupos de algas encontrados em águas salgadas e doces, mais a diversidade em águas lacustres é bem maior do que em ambiente marinho (HUPPERT *et al.*, 2004).

Ao longo do ano há variações da densidade e composição específica das comunidades fitoplanctônicas, mais evidentes em lagos de regiões temperadas do que em lagos de regiões tropicais segundo (WETZEL, 1993). A radiação solar é utilizada como fonte de energia para o fitoplâncton, sendo a variação temporal e espacial da disponibilidade luminosa importante fator que regula sua produtividade. Além da radiação, o fitoplâncton necessita de nutrientes para seu desenvolvimento, especialmente o fósforo e o nitrogênio que são demandados em maior quantidade, participando na formação de proteínas, ácidos nucleicos e outros compostos indispensáveis para sua reprodução e sobrevivência. O nitrogênio e o fósforo são obtidos diretamente da água pelo fitoplâncton e repassados para outros compartimentos tróficos do ecossistema. A temperatura também influencia na taxa de crescimento, podendo atuar de duas maneiras, diretamente sobre o fitoplâncton ou indiretamente alterando a distribuição de nutrientes na zona eutrófica. Dentre os grupos mais abundantes do fitoplâncton de água doce podemos destacar Euglenophyta, Chlorophyta, Charophyta, Heterokontas e Cyanophyta, estes últimos também conhecidos como cianobactérias (ESTEVES, 2011).

Quando expostas em condições favoráveis, muitas espécies crescem em altas densidades, em um fenômeno conhecido como floração de algas. Geralmente isto ocorre em épocas quentes e em áreas com grandes

concentrações de nutrientes (ESTEVES, 2011). Uma descrição mais específica das florações de algas seria o desenvolvimento acelerado de microrganismos de uma ou mais espécies, de curta duração com mudanças visíveis na coloração da água, diretamente correlacionada com a eutrofização das águas. Dentre os problemas causados pela eutrofização são destacados a diminuição do desenvolvimento de plantas aquáticas profundas, redução da diversidade biológica e liberação de toxinas por algumas espécies de *cyanophyta*, podendo ocasionar a morte de organismos aquáticos. Em determinados casos quando consumidos em níveis tóxicos por animais ou humanos, podem causar danos à saúde através de intoxicação (CARMICHAEL, 1994).

O fitoplâncton, assim como os demais organismos presentes na água, está sujeito às variações em sua comunidade ocasionadas por estas mudanças no ambiente. Em relação aos grupos de fitoplâncton que tem recebido grande atenção atualmente estão as cianobactérias, devido aos frequentes episódios de florações.

1.2 Cianobactérias

Cianobactérias são também conhecidas por algas azuis, seu nome teve origem a partir de um dos seus principais pigmentos, a ficocianina (ESTEVES, 2011). As cianobactérias possuem potencial de produção de toxinas, entre elas as anatoxinas, cilindrospermopsinas e microcistinas, associadas às ocorrências de florações. Seu aparecimento no corpo d'água engloba diversos fatores ambientais, tais como a eutrofização por excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio, em conjunto com altas temperaturas e baixa hidrodinâmica favorecem o desenvolvimento destes microrganismos (CARMICHAEL, 1994).

Suas florações podem causar diversos danos ao ambiente aquático, sendo que a cada espécie tem suas características; o efeito mais comum é a mudança de turbidez e coloração da água.

Cianobactérias são organismos fotoautótrofos, procarióticos e aeróbios que habitam ambientes marinhos, terrestres, salobros e dulcícolas, podem estar presentes sobre macrófitas, na coluna d'água e nos sedimentos. São capazes de fixar nitrogênio atmosférico, isso se dá devido ao auxílio de células modificadas

para a fixação, conhecidas por heterocistos, podendo citar como exemplos os gêneros *Aphanizomenon* e *Cylindrospermopsis* (KOMÁREK, 2003).

O pH ideal para o crescimento das cianobactérias fica em torno de 7,5 a 10, abaixo de pH 5 não é favorável ao seu desenvolvimento; As taxas de crescimento máximas são observadas em temperaturas acima de 25° e apresentam menor crescimento em temperaturas mais baixas em relação às demais algas (FERNANDES *et al.* 2009, SPERLING e JARDIM 2009).

Em todo mundo, mais de 2000 espécies já foram identificadas segundo Guven e Howard (2011), estando presentes em todos os ecossistemas aquáticos, sendo capazes de sobreviver em ambientes extremamente desfavoráveis às outras espécies. Não há a necessidade de muita luz para manter a estrutura e funções celulares no caso da cianobactérias, isso se dá devido aos vacúolos que facilitam sua flutuação, permitindo assim a migração na coluna d'água. Possuem capacidade de estocar fósforo e fixar nitrogênio, possibilitando assim seu crescimento mesmo em situações com baixa concentração de nutrientes. Devido a sua má palatabilidade é pouco predada por zooplânctons, estas características trazem vantagens competitivas em relação a outros grupos de algas (SPERLING e JARDIM, 2009).

As cianobactérias e suas florações vêm sendo estudadas há algum tempo, com o propósito de entender seu comportamento. As florações de cianobactérias ocorrem após longos períodos de seca associados a dias com muito sol e abundância de nutrientes. Paerl e Huisman (2008), afirma que altas temperaturas, nutrientes em excesso, estratificação térmica e alto tempo de residência são favoráveis à sua dominância nos ecossistemas aquáticos.

Carvalho *et al.* (2011), realizaram um estudo em 134 lagos ingleses, com o propósito de modelagem para prever as florações de cianobactérias, eles concluíram que a cor da água foi a variável mais relevante em relação as grandes populações de cianobactérias, seguidas pela alcalinidade e tempo de retenção de água. Os autores também destacaram que altas concentrações de nutrientes associadas às condições descritas acima constituem situações de grande risco para os ecossistemas. Burford *et al.* (2007) reportam que a cobertura vegetal nas bacias hidrográficas, além das concentrações de nitrogênio e fósforo, estão diretamente relacionadas a altas densidades de cianobactérias.

Giordanino *et al.* (2011) realizou experimentos com quatro espécies de cianobactérias, obtendo diferentes resultados nas espécies para as variações de radiação solar e temperatura, concluindo que nem todas as espécies respondem da mesma maneira em relação à temperatura da água. Carmichael (2001) e Guven e Howard (2011), afirmam que o principal fator para o aumento de floração de cianobactérias são as mudanças climáticas e eutrofização.

A associação entre a ocorrência de florações tóxicas e fatores ambientais é um tema muito recorrente na bibliografia. De acordo com Christiansen *et al.* (2008), os mecanismos que definem cepas tóxicas e não tóxicas das cianobactérias são frequentemente imprevisíveis. Azevedo *et al.* (1994) foi o primeiro a registrar no Brasil a produção de cianotoxinas.

Davis *et al.* (2009) concluíram que a elevação da temperatura aumentou a taxa de crescimento das cianobactérias que produzem toxinas, porém as não produtoras não apresentaram aumento de crescimento. Neste trabalho a concentração de fósforo combinado com a temperatura, foi o que resultou no maior crescimento das cepas tóxicas. No entanto Joung *et al.* (2011) obteve resultados conflitantes com os de Davis *et al.* (2009), os autores observaram em estudos com cepas de *Microcystis*, relacionando fatores ambientais com a dinâmica de cepas produtoras e não produtoras de toxinas, que o crescimento delas estão estreitamente relacionados. As cianobactérias com potencial tóxico podem apresentar cepas não produtoras e produtoras de cianotoxinas em um mesmo momento, os fatores que levam a estas variações ainda não são conhecidos, e a proporção da densidade entre estes fatores podem variar.

Florações de cianobactérias são causadas por diversas alterações das condições naturais nos ambientes aquáticos, na maioria das vezes estas mudanças estão relacionadas com o excesso de nutrientes e altas temperaturas. Estes fatores podem resultar em um crescimento descontrolado das comunidades de cianobactérias, fenômeno conhecido como floração, conforme descrito por Bittencourt-Oliveira e Molica (2003), no qual os autores observaram que as florações podem alterar o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e conferir odor e sabor à água, porém o maior problema relacionado às florações de cianobactérias é a produção de cianotoxinas, prejudiciais à saúde humana e de outros animais.

Um dos problemas acarretados pelas cianobactérias é o *off-flavor* (gosto de barro) em peixes, ele pode ser causado por metabólitos secundários

produzidos por cianobactérias existentes nas áreas de cultivos. O composto responsável por este problema frequentemente é a geosmina, que ocorre devido às altas densidades populacionais de cianobactérias e actinomicetos (REBOUÇAS *et al.*, 2017).

Segundo Mottram (1998), o *off-flavor* é caracterizado por qualquer sabor que não seja normal ao alimento. O aumento de oferta da ração oferecido para os peixes pode ter relação com o *off-flavor* (BROWN e BOYD, 1982), a ração em excesso causa acúmulo de nutrientes tornando o ambiente eutrófico, favorecendo o desenvolvimento das cianobactérias. Para Tucker (1999), a alimentação, o desequilíbrio ambiental e manejo no cultivo estão diretamente relacionados às alterações da comunidade fitoplanctônica que pode afetar o sabor do pescado.

Na piscicultura, os criadores enfrentam problemas com *off-flavor*, sendo que a alteração no sabor causada pela geosmina pode tornar o pescado inaceitável para o consumidor, trazendo prejuízos ao produtor. Quando ingerida ou absorvida pelos peixes, a geosmina faz com que apresentem o gosto de barro e em determinados casos a contaminação é tão drástica que torna inviável a sua comercialização (LOVELL e SACKKEY, 1973). Ainda não foram identificadas estratégias eficazes para evitar a ocorrência de *off-flavor* causado por geosmina nos peixes. No entanto, os produtores nos Estados Unidos adotam algumas práticas, dentre elas a avaliação sensorial, o controle de população de algas cianofíceas com o uso de Aagicidas à base de cobre e despesca imediata nos viveiros após avaliação sensorial detectar *off-flavor* (KUBITIZA, 2004).

Casos mais relevantes de florações afetando a aquicultura estão relacionados às cianobactérias. Existem vários registros de animais de grande e pequeno porte que foram a óbito por envenenamento por ingestão ou contato com florações tóxicas (FALCONER 1999). Um caso grave e de muita preocupação pela ação de cianotoxinas sobre humanos foi registrado em Caruaru, Pernambuco. Durante o tratamento as máquinas de hemodiálise utilizaram água contaminada por microcistinas, levando à morte de 52 pacientes com sintomas de hepato-toxicose (JOCHIMSEN *et al.*, 1998; AZEVEDO *et al.*, 2002).

As florações de cianobactérias resultam em mudanças bruscas na turbidez e coloração das águas, fenômeno este observado devido à presença de uma nata de coloração verde escura sobre a superfície da água. A abaixo (figura

1) é uma imagem registrada em uma das pisciculturas do trabalho, em um dia de coleta de amostras.



Figura 1: (Fonte própria) Aspecto típico de floração de cianobactérias, com formação de nata ou espuma verde intensa sobre a superfície da água.

1.3 Pigmentos

A presença de pigmentos específicos nas cianobactérias abre a possibilidade de detecção precoce destes microorganismos, com amplas possibilidades de aplicação na aquicultura. A composição de pigmentos num sistema aquático pode ser útil para descrever a comunidade fitoplanctônica instalada, pois cada pigmento tem um espectro específico de absorção de luz e muitos ocorrem exclusivamente em determinados grupos taxonômicos do fitoplâncton.

Estima-se que existam cerca de 100 pigmentos identificados, que foram divididos em três categorias: clorofilas, carotenóides e ficobiliproteínas (também chamados de ficobilinas) (RICHARDSON, 1996). Através da fotossíntese, a

absorção de radiação eletromagnética pelas populações de fitoplâncton possibilita a fixação de carbono e a produção de oxigênio. É a presença de pigmentos fotossinteticamente ativos que torna este processo possível, estas moléculas captam energia eletromagnética no intervalo de 400 a 700 nm (KIRK, 1994). O principal pigmento responsável pela absorção de energia eletromagnética é a clorofila (KIRK, 1994; RICHARDSON, 1996). A distribuição de clorofilas entre diferentes grupos de organismos está resumida na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição dos pigmentos mais comuns nos diferentes grupos de organismos do fitoplâncton.

	Clorofilas	Carotenóides além do β -caroteno	Ficobilinas	Cor predominante
Cyanophyta	a	Flavicina, Zeaxantina, Oxilaxantina, Myxoxantofila	aloficocianina, ficocianina, ficoeritrina	verde-azul
Prochlorophyta	a, b	-	-	verde
Rhodophyta	a, d	α -caroteno	aloficocianina, ficocianina, ficoeritrina	vermelha
Fucophyceae	a, c,	Luteína	-	marrom
Bacillariophyceae	a, c,	Fucoxantina	-	sourada
Dinophyta	a, c,	Peridinina	-	marrom
Chlorophyta	a, b	Luteína, Sifonoxantina	-	verde
Euglenophyta	a, b	Sifonoxantina	-	verde
Plantas terrestres	a, b	-	-	verde

Fonte: Adaptado de (Oliveira, 2003 e Richardson, 1996)

O número de carotenoides é muito maior em relação às clorofilas, sendo que todos eles têm função primária de foto-proteção. Todos apresentam forte absorção de energia na mesma região do espectro (RICHARDSON, 1996). Os pigmentos lipossolúveis são formados pelas clorofilas e carotenoides e os hidrossolúveis pela ficobiliproteínas. Os pigmentos encontrados podem ter utilidade taxonômica para determinação da presença e densidade de cianobactérias nos ambientes aquáticos (KUTSER *et al.*, 2006).

Os diferentes pigmentos presentes em uma amostra de água influenciam no comportamento espectral, estabelecendo padrões específicos de absorção e refletância (RICHARDSON, 1996). A quantidade de métodos para identificação de pigmentos vem sendo aumentada cada dia mais nos últimos anos, isso se deu principalmente devido ao avanço de técnicas modernas, como o CLEA (sigla em português para Cromatografia Líquida de Alta Eficiência). O CLAE resulta em

quantificações de pigmentos lipossolúveis ou hidrossolúveis, dependendo do procedimento utilizado (GREISBERGER e TEUBNER, 2007). É possível determinar a composição do fitoplâncton através de CLAE (BARLOW *et al.*, 2007; WRIGHT *et al.*, 2010; SCHLUTER *et al.*, 2011).

1.4 Aquicultura em tanques redes

Diversos fatores qualificam o Brasil como favorável a aquicultura. O país apresenta um grande potencial hídrico, mercado interno forte, clima favorável, áreas com boas disponibilidades para instalações de pisciculturas e grande produção de matéria prima para produção de rações. O uso em larga escala do sistema de tanques-rede iniciou há mais de cinco décadas na Ásia, no delta do rio Mekong, (BEVERIDGE , 1984; MEDEIROS, 2002). No Brasil, a técnica começou a ser utilizada em meados dos anos 1990, principalmente na região Sudeste (BRANDÃO *et al.*, 2004; MEDEIROS 2002; ONO, 1998).

A partir da década de 70, a aquicultura mundial vem apresentando crescimento superior a da pesca extrativista, segundo dados da FAO (2016). No Brasil alguns programas governamentais como PRONAF (Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e FEAP (Fundo de Expansão do Agronegócio Paulista e Marketing) contribuíram para o aumento do setor (MPA, 2009). Como consequência do desenvolvimento da aquicultura brasileira, muitos estudos vêm sendo feitos para avaliar os impactos causados pelo sistema de aquicultura em tanques rede (exs: MALASSEN *et al.*, 2008; MACEDO e SIPAUBA-TAVARES 2010). Estes estudos vêm mostrando uma série de efeitos sobre diversos tipos de organismos aquáticos, podendo afetar diretamente a qualidade da água.

A quantidade significativa de resíduos orgânicos que são lançados no ambiente aquático é uma das mais marcantes características das pisciculturas de tanque redes (VITA, *et al.*, 2004). A eutrofização da água resulta no aumento da produtividade primária, com reflexos em todos os compartimentos do ecossistema (TACON e FORSTER, 2003). Os restos de ração e excretas fisiológicos são fontes de nutrientes que podem levar à eutrofização, porém os impactos

dependem de fatores como: técnicas de cultivo; qualidade da ração; espécie de peixe e práticas de manejo (WU, 1995; PILLAY, 2004)

A qualidade da água é comprometida pela decomposição destes detritos, através da oxidação feita por microrganismos, podendo levar a mortalidade das espécies ali existentes e comprometendo o uso desses recursos hídricos (SIPAÚBA-TAVARES, 1995; MEDEIROS, 2002; WU, 1995; PILLAY, 2004.). O acúmulo de matéria orgânica e nutrientes derivados destes detritos influencia diretamente na densidade de fitoplâncton a turbidez da água (ROTTA e DE QUEIROZ, 2003).

A eutrofização é favorecida pelos incrementos de matéria orgânica, podendo comprometer o sistema de cultivo, devido à redução da concentração de oxigênio dissolvido e do aumento de nutrientes, isto pode acarretar em floração de algas e cianobactérias, ocasionando prejuízos ao produtor (AMÉRICO *et al.*, 2013). O surgimento de cianobactérias pode ocasionar problemas não apenas para os produtores de peixes, mais também para gestão de águas interiores visando múltiplos usos, tais como a pesca; abastecimento de água e recreação, impactando assim na economia e saúde pública (BARTRAM *et al.*, 1999).

5. Conclusões

- Não foi detectado um padrão de aumento da concentração de pigmentos e dos diferentes grupos fitoplanctônicos no interior das fazendas, assim como não houve deterioração da qualidade da água quando comparados os pontos à montante e à jusante.
- As condições limnológicas entre as diferentes bacias estudadas foram significativamente diferentes, indicando graus diferentes de susceptibilidade entre as áreas de cultivo.

Referências

- ANUÁRIO PEIXE BR. 2018. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-peixebr-2018/> Acesso em: 10 maio 2018.
- BEVERIDGE MALCOLM C.M. 2004 *Cage Aquaculture*. 3ª ed. Oxford: Blackwell Publishing, p. 368.
- BRIAND, J.F.; JACQUET S.; BERNARD, C.; HUMBERT, J.F. 2003 Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Veterinary research* 34: 361-377.
- CAILTEUX, R.L.; NORDHAUS, J.J.; DOBBINS, D.A. 2002 The Suwannee bass of the Wacissa and Ochlockonee rivers, Florida. In *AMERICAN FISHERIES SOCIETY SYMPOSIUM*(pp. 343-348). American Fisheries Society.
- DATTA, S.; JANA, B.B. 1998 Control of bloom in a tropical lake: grazing efficiency of some herbivorous fishes. *Journal of Fish Biology*, 53(1), 12-24.
- DIANA, J.S.; LIN, C.K.; BHUKASWAN, T.; SIRSUWANATACH, V.; BUURMA, B.J. 1991 Data Report, Volume Two, Number three. Thailand: Cycle III of the Global Experiment. *PD/A CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon*, 86p.
- DRENNER, R.W.; GALLO, K.L.; BACA, R.M.; SMITH, J.D. 1998 Synergistic effects of nutrient loading and omnivorous fish on phytoplankton biomass. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (9), 2087-2096.
- DRENNER, R.W.; SMITH, J.D.; THRELKELD, S.T. 1996 Lake trophic state and the limnological effects of omnivorous fish. *Hydrobiologia*, 319: 213-223.
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016* Disponível em:<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>. Acesso em: 10 de Maio. 2018.
- FIGUEREDO C.C.; GIANI, A. 2005 Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). *Freshwater Biology* 50: 1391-1403.
- GETACHEW, T. 1987 A study on an herbivorous fish, *Oreochromis niloticus* L., diet and its quality in two Ethiopian Rift Valley lakes, Awasa and Zwai. *Journal of Fish Biology*, 30 (4), 439-449.
- GOODWIN, T.W. 1980 *The biochemistry of the carotenoids*, 2 ed. Vol 1: Plants. Chapman and Hall, London.

- JACINAVICIUS, F.R.; GAMA JUNIOR, W.A.; AZEVEDO, M.T.P.; SANTANNA, C. 2013 Manual para cultivo de cianobactérias. São Paulo: *Secretaria do Meio Ambiente*.
- KOSTEN, S.; HUSZAR, V.L.; BÉCARES, E.; COSTA, L. S.; DONK, E.; HANSSON, L. A.; MEESTER, L. 2012 Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. *Global Change Biology*, 18 (1), 118-126.
- LÉVESQUE, D.; CATTANEO, A.; HUDON, C.; GAGNON, P. 2012 Predicting the risk of proliferation of the benthic cyanobacterium *Lyngbya wollei* in the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69 (10), 1585-1595.
- LU, K.; JIN, C.; DONG, S.; GU, B.; BOWEN, S. 2006 Feeding and control of blue-green algal blooms by tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Hydrobiologia*, 568: 111-120.
- MCCONNELL, R.; LOWE-MCCONNELL, R. H. 1987 *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press.
- MALBROUCK C.; KESTEMONT P. 2006 Effects of microcystins on fish. *Environ Toxicol Chem* 25: 72–86.
- MEREL, S.; WALKER, D.; CHICANA, R.; SNYDER, S., BAURÈS, E.; THOMAS, O. 2013 State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins. *Environment international*, 59, 303-327.
- O'NEIL, J.M.; DAVIS, T.W.; BURFORD, M.A.; GOBLER C.J. 2012 The rise of harmful cyanobacteria blooms: the potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 14: 313–334.
- PAERL, H.W.; PAUL, V.J. 2012 Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water research* 46: 1349–1363.
- PASQUET, V.; MORISSET, P.; IHAMMOUINE, S.; CHEPIED, A.; AUMAILLEY, L.; BERARD, J.B.; ... LAFFERRIERE, M. 2011 Antiproliferative activity of violaxanthin isolated from bioguided fractionation of *Dunaliella tertiolecta* extracts. *Marine drugs*, 9 (5), 819-831.
- RICHARDSON, L.L. 1996 Remote sensing of algal bloom dynamics. *BioScience*, 46 (7), 492-501.
- ROY, S.; LLEWELLYN, C.A.; EGELAND, E.S.; JOHNSEN, G. 2011 *Phytoplankton pigments: characterization, chemotaxonomy and applications in oceanography*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROWAN, K. S. 1989 *Photosynthetic pigments of algae*. CUP Archive.

- SANZ, N.; GARCÍA- BLANCO, A.; GAVALÁS- OLEA, A.; LOURES, P.; GARRIDO, J.L. 2015 Phytoplankton pigment biomarkers: HPLC separation using a pentafluorophenyloctadecyl silica column. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(10), 1199-1209.
- SCHLUTER, L.; DAVID, G.S.; JORGENSEN, N. O.; PODDUTURI, R.; TUCCI, A.; DIAS, A. S. DA SILVA, R. J. 2018 Characterization of phytoplankton by pigment analysis and the detection of toxic cyanobacteria in reservoirs with aquaculture production. *Aquaculture Environment Interactions*, 10, 35-48.
- SCHLUTER, L.; MOHLENBERG, F.; KAAS, H. 2014 Temporal and spatial variability of phytoplankton monitored by a combination of monitoring buoys, pigment analysis and fast screening microscopy in the Fehmarn Belt Estuary. *Environmental monitoring and assessment*, 186(8), 5167-5184.
- SCHLUTER, L.; GARDE, K.; KAAS, H. 2004 Detection of the toxic cyanobacteria *Nodularia spumigena* by means of a 4-keto-myxoxanthophyll-like pigment in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 275, 69-78.
- SMITH, J.L.; BOYER, G.L. e; ZIMBA, P.V. 2008 A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture*, 280(1-4), 5-20.
- SONDERGAARD, M.; JEPPESEN, E.; PEDER JENSEN, J.; Lildal Amsinck, S. 2005 Water Framework Directive: ecological classification of Danish lakes. *Journal of Applied Ecology*, 42 (4), 616-629.
- TURKER, H.; EVERSOLE, A.G.; BRUNE, D.E. 2003 Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. *Aquaculture*, 215(1-4), 93-101.
- ZAMYADI, A.; CHOO, F.; NEWCOMBE, G.; STUETZ, R.; HENDERSON, R.K. 2016 A review of monitoring technologies for real-time management of cyanobacteria: recent advances and future direction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 85, 83-96.
- WATSON, S.B.; MCCAULEY, E.; DOWNING, J.A. 1997 Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status. *Limnology and Oceanography*, 42(3), 487-495.
- WILLÉN, E.; AHLGREN, G.; TILAHUN, G.; SPOOF, L.; NEFFLING, M.R.; MERILUOTO, J. 2011 Cyanotoxin production in seven Ethiopian Rift Valley lakes. *Inland Waters*, 1(2), 81-91.

WRIGHT, S. W.; VAN DEN ENDEN, R. L.; PEARCE, I.; DAVIDSON, A.T.; SCOTT, F.J.; WESTWOOD, K.J. 2010 Phytoplankton community structure and stocks in the Southern Ocean (30–80 E) determined by CHEMTAX analysis of HPLC pigment signatures. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57(9-10), 758-778.