



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS-PPGBIOC

JANAÍNA TAVARES DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**VARIAÇÃO DAS COMUNIDADES FICOPERIFÍTICAS EM
TANQUES DE PISCICULTURA EXPERIMENTAIS COM
SISTEMA DE AQUAPONIA NO OESTE DO PARÁ**

Oriximiná-Pará
2022

JANAÍNA TAVARES DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**VARIAÇÃO DAS COMUNIDADES FICOPERIFÍTICAS EM
TANQUES DE PISCICULTURA EXPERIMENTAIS COM
SISTEMA DE AQUAPONIA NO OESTE DO PARÁ**

Orientador (a): Dra. Dávia Marciana Talgatti

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências como requisito fundamental para obtenção de título de mestre em Biociências.

Área: Fisiologia Ambiental

**Oriximiná-Pará
2022**

JANAÍNA TAVARES DE OLIVEIRA TEIXEIRA

**VARIAÇÃO DAS COMUNIDADES FICOPERIFÍTICAS EM TANQUES
DE PISCICULTURA EXPERIMENTAIS COM SISTEMA DE
AQUAPONIA NO OESTE DO PARÁ**

Conceito: APROVADA

Aprovado em: 29/09/2022

BANCA EXAMINADORA



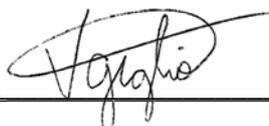
Prof.(a) Dra. Dávia Marciana Talgatti- Orientadora

Universidade Federal do Oeste do Pará



Prof. Dr. Gustavo Hallwass (Membro 1)

Universidade Federal de Lavras



Prof. Dr. Vinícius José Giglio Fernandes (Membro 2)

Universidade Federal do Oeste do Pará

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA
Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA - Biblioteca Campus Oriximiná

Teixeira, Janaína Tavares de Oliveira.

Varição das comunidades Ficoperifíticas em tanques de piscicultura experimentais com sistema de Aquaponia no Oeste do Pará / Janaína Tavares de Oliveira Teixeira. - Santarém, 2022.

56f.: il.

Universidade Federal do Oeste do Pará, IBEF, Programa de Pós-graduação em Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Dávia Marciana Talgatti.

1. Algas. 2. Amônia. 3. Jambu. 4. Perifíton. I. Talgatti, Dávia Marciana. II. Título.

Dedico aos meus queridos pais; Rosa Lúdia Tavares e Raimundo Picanço.

AGRADECIMENTOS

Sou inteiramente grata a Deus pela oportunidade de chegar até o atual momento de minha vida, assim como, por todas as oportunidades e pela capacidade de evoluir como ser vivo de maneira intelectual e humana.

Sou grata aos meus pais Rosa Lídia e Raimundo Picanço por absolutamente tudo, agradeço por poder proporcionar a mim uma vida melhor, me salvaram e me deram oportunidades, agradeço por toda ajuda, apoio, ralhos, e por sempre, sempre me incentivar a estudar.

Sou grata ao meu esposo pelo apoio incondicional em toda minha trajetória, por sua imensa paciência, imenso amor e incentivo, pessoas assim são raras e eu sou privilegiada por isso.

Sou grata ao meu primeiro orientador Prof. Dr. Domingos Diniz, pelos ensinamentos durante minha jornada, foi essencial e sem sua ajuda não estaria onde estou.

Sou grata à minha Orientadora Dra. Dávia Talgatti por me acolher, pelos ensinamentos, pelo apoio, paciência e incentivo, certamente, é uma pessoa incrível e um exemplo a seguir.

Sou grata à professora Dra. Eldra Carvalho e aos colegas que desempenharam as atividades junto a mim nesse projeto de pesquisa.

Agradeço ao Professor Dr. Gustavo Hallwass pela ajuda com as análises estatísticas e pelas dicas.

Agradeço à professa Dra. Priscilla Denise pelas dicas dadas a mim em um momento oportuno no laboratório.

Sou grata ao LAPAM e aos colegas de laboratório pela troca de conhecimentos, incentivo e risos.

Sou grata à Universidade Federal do Oeste do Pará pela oportunidade de ingresso, pela formação e pelo aprendizado concedido a mim através dos professores.

Sou grata ao Programa de Pós-graduação em Biociências pela oportunidade de ingresso e por todo aprendizado.

Sou grata ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de maneira direta ou indireta com a execução deste trabalho.

RESUMO

O perifíton é definido como uma complexa comunidade de organismos que se aderem a substratos. As comunidades perifíticas são essenciais ao equilíbrio e metabolismo de ambientes aquáticos, são base da cadeia alimentar e produtores primários responsáveis pela liberação de oxigênio para o ambiente. O objetivo deste estudo foi determinar a variação das comunidades ficoperifíticas em tanques experimentais de piscicultura, comparando tanques com aquaponia e sem aquaponia. O estudo ocorreu na Universidade Federal do Oeste do Pará, na cidade de Oriximiná-Pará, durante quatro meses. São quatro tanques experimentais de piscicultura com sistema de aquaponia e recirculação de água, dois tanques Tratamento (TA e TB) contendo aquaponia com *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (jambu) e dois tanques Controle (CA e CB) sem aquaponia. Os parâmetros abióticos foram amostrados semanalmente através de aparelhos portáteis. Para amostragem do ficoperifíton foram utilizados substratos artificiais com as dimensões de 10 x 5 cm. Em cada tanque foi inserido um conjunto de três substratos consecutivamente que permaneciam por um período de 30 dias cada para colonização. Após esse período o material perifítico era raspado, fixado com Lugol a 1%, armazenado com cerca de 100 ml de água destilada. A quantificação do ficoperifíton foi realizada por meio de câmaras de sedimentação em microscópio invertido. A comunidade ficoperifítica foi classificada em nível de gêneros, ordens e classes taxonômicas, foram aplicados cálculos de densidade, análise de variância ANOVA e teste de Tukey, assim como foram aplicados os índices de diversidade; Shannon, riqueza, equitabilidade e dominância. Os resultados mostraram que os valores de densidades totais aumentaram temporalmente, com exceção de um tanque de Controle, a análise de variância mostrou não haver diferença significativa nos valores de densidade total entre os tanques de Tratamento e Controle. Os maiores valores de densidade apresentados foram da classe Chlorophyceae nos tanques de Tratamento. A análise de variância mostrou que os dados de densidade de grupos ficoperifíticos não diferiram significativamente entre os tanques Tratamento e Controle. Para os índices de diversidade de Shannon, riqueza, dominância e equitabilidade os tanques de Controle apresentaram os melhores valores. Para os dados abióticos os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os tanques Tratamento e Controle para a maioria dos parâmetros analisados, com exceção de transparência da água e nitrito. O excesso de amônia nos tanques experimentais foi fator determinante para o aumento da densidade de algas, baixa diversidade e riqueza, além da predominância da classe Chlorophyceae. Por fim, a aquaponia com *Acmella oleracea* causou redução nos valores de nitrito e diferenciações nos valores de transparência entre os tanques, porém, não causou redução de valores de amônia e não resultou em diferenças significativas na densidade ficoperifítica.

Palavras-chave: algas, amônia, jambu, perifíton.

ABSTRACT

Periphyton is defined as a complex community of organisms that adhere to substrates. Periphytic communities are essential to the balance and metabolism of aquatic environments, they are the base of the food chain and primary producers responsible for releasing oxygen to the environment. The aim of this study was to determine the variation of phycoperiphytic communities in experimental fish farming ponds, comparing ponds with and without aquaponics. The study took place at the Universidade Federal do Oeste do Pará, in the city of Oriximiná-Pará, for four months. There are four experimental fish farming tanks with aquaponics system and water recirculation, two Treatment tanks (TA and TB) containing aquaponics with *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (jambu) and two Control tanks (CA and CB) without aquaponics. Abiotic parameters were sampled weekly using portable devices. For phycoperiphyton sampling, artificial substrates measuring 10 x 5 cm were used. In each tank, a set of three substrates was inserted consecutively, which remained for a period of 30 days each for colonization. After this period, the periphytic material was scraped off, fixed with 1% Lugol, and stored with approximately 100 ml of distilled water. Phycoperiphyton quantification was performed using sedimentation chambers under an inverted microscope. The phycoperiphytic community was classified in terms of genera, orders and taxonomic classes, density calculations, ANOVA analysis of variance and Tukey's test were applied, as well as diversity indices; Shannon, wealth, equity and dominance. The results showed that the total density values increased temporally, with the exception of a Control tank, the analysis of variance showed no significant difference in the total density values between the Treatment and Control tanks. The highest density values presented were from the Chlorophyceae class in the Treatment tanks. Analysis of variance showed that the density data of phycoperiphytic groups did not differ significantly between the Treatment and Control tanks. For Shannon's diversity, richness, dominance and evenness indices, the Control tanks showed the best values. For the abiotic data, the results showed that there was no significant difference between the Treatment and Control tanks for most of the analyzed parameters, with the exception of water transparency and nitrite. The excess of ammonia in the experimental tanks was a determining factor for the increase in algae density, low diversity and richness, in addition to the predominance of the Chlorophyceae class. Finally, aquaponics with *Acmella oleracea* caused a reduction in nitrite values and differences in transparency values between the tanks, however, it did not cause a reduction in ammonia values in the medium and did not result in significant differences in phycoperiphytic density.

Keywords: algae, ammonia, jambu, periphyton.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Ilustração dos tanques experimentais. As letras B e C ilustram os decantadores; D: ilustra a cama de cultivo de Jambú. TA e TB representam os tanques tratamento contendo aquaponia de Jambú; CA e CB representam os tanques controle sem hidroponia. Fonte: autoria própria no programa BioRender.21
- Figura 2:** Modelo de substrato artificial tipo EDS adaptado. Fonte: arquivo pessoal.22
- Figura 3:** Raspagem do material periférico dos substratos. Fonte: arquivo pessoal.22
- Figura 4:** Gráfico de Oxigênio dissolvido (mg/l) no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.25
- Figura 5:** Gráfico de temperatura da água no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.25
- Figura 6:** Gráfico de pH no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.26
- Figura 7:** Gráfico de condutividade elétrica no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.26
- Figura 8:** Gráfico de transparência da água no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.27
- Figura 9:** Gráfico do composto nitrogenado amônia (NH_3) no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.27
- Figura 10:** Gráfico do composto nitrogenado nitrito (NO_2^-) no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.28
- Figura 11:** Gráficos Boxplot dos parâmetros abióticos oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade, transparência da água, amônia e nitrito nos tanques experimentais Tratamento (TA e TB) e Controle (CA e CB).29
- Figura 12:** Ordenação biplot pela PCA das unidades amostrais no período de quatro meses dos parâmetros oxigênio dissolvido (Oxig.), temperatura (Temp.), pH, condutividade (Cond.), transparência da água (Trans.), amônia (Amo.) e nitrito (Nit.) nos tanques experimentais de

Tratamento (TA e TB). Os pontos coloridos enumerados S1, S2, S3 e etc., representam as semanas de amostragem, pontos na cor preta representam o primeiro mês, pontos em azul claro correspondem ao segundo mês, pontos em vermelho ao terceiro mês e pontos laranja correspondem ao quarto mês. 30

Figura 13: Ordenação biplot pela PCA das unidades amostrais no período de quatro meses dos parâmetros oxigênio dissolvido (oxig.), temperatura (temp.), pH, condutividade (cond.), transparência da água (trans.), amônia (amo.) e nitrito (nit) nos tanques experimentais de Controle (CA e CB). Os pontos coloridos enumerados S1, S2, S3 e etc., representam as semanas de amostragem, pontos na cor preta representam o primeiro mês, pontos em azul claro correspondem ao segundo mês, pontos em vermelho ao terceiro mês e pontos laranja correspondem ao quarto mês. 31

Figura 14: Imagens de alguns espécimes de diatomáceas (divisão Bacillariophyta) encontradas nos tanques experimentais. A; espécimes de diatomácea *Fragilaria* sp. pertencente ao gênero *Fragilaria*, foi encontrada apenas em um tanque de Controle (CA) no primeiro mês. B; dois espécimes de *Fragilaria* sp., unidas em vista conectival. C: diatomácea da espécie *Gomphonema gracile* pertencente ao gênero *Gomphonema* em vista valvar, registrada em todos os tanques. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss. 32

Figura 15: Imagens de alguns espécimes de Chlorophytas encontradas nos tanques experimentais. A; Chlorophyta pertencente ao gênero *Desmodesmus*, encontrado majoritariamente nos tanques de Controle. B; Chlorophyta pertencente à ordem Sphaeropleales e gênero não identificado, foi encontrada em todos os tanques experimentais. C; Chlorophyta pertencente ao gênero *Coelastrum*, foi encontrada apenas nos tanques de controle. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss. 33

Figura 16: Cianobactérias encontradas nos tanques experimentais obtidas através de microscopia óptica. A e B; Cianobactérias pertencentes ao gênero *Phormidium*. Foram registradas apenas em um tanque de tratamento (TB). B; Cianobactéria pertencente à classe Cyanophyceae e ordem Chroococcales, foi encontrada em todo período de amostragem e em todos os tanques experimentais. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss. 33

Figura 17: Espécime de <i>Oedogonium sp.</i> (divisão Chlorophyta) encontrado em todo período de amostragem e em todos os tanques experimentais, imagens obtidas através de microscopia óptica. A; <i>Oedogonium sp.</i> , detalhe do apressório terminal de fixação presente na célula basal do filamento. B; Filamento maior de <i>Oedogonium sp.</i> , detalhe mostrando cloroplastídios. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.	34
Figura 18: figura A; cadeia de diatomáceas do gênero <i>Gomphonema</i> reunidas em vista pleural. B; diatomáceas do gênero <i>Gomphonema</i> ligadas a pedúnculos mucilaginosos de fixação. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.	34
Figura 19: Gráficos dos índices de diversidade de Shannon, riqueza, dominância e equitabilidade dos grupos de algas perifíticas nos tanques Tratamento TA e TB (tanques tratamento) e CA e CB (Tanques de Controle) temporalmente.	36
Figura 20: Gráfico de variação temporal da densidade total ficoperifítica por tanques expresso em número de indivíduos por cm ² . Os valores de densidade foram arredondados para expressar melhor graficamente. TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.	38
Figura 21: Gráfico de variação temporal da densidade de grupos da comunidade ficoperifítica por tanques expresso em número de indivíduos por cm ² . Os valores de densidade foram arredondados para expressar melhor graficamente. TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle, (Chloro.) corresponde à classe Chlorophyceae, (Bacil.) corresponde à classe Bacillariophyta e (Ciano.) corresponde à classe Cyanophyceae.	38
Figura 22: Ordenação triplot pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) das unidades amostrais para os parâmetros abióticos; oxigênio dissolvido (Oxig.), temperatura (temp.), pH, condutividade (Cond.), transparência da água (Trans.), amônia (Amo.) e nitrito (Nit) e os valores de densidade dos grupos de algas; Chlorophyceae (Chloro), Bacillariophyceae (Bacil) e Cyanophyceae (Ciano), nos respectivos tanques experimentais Tratamento (pontos) e Controle (triângulos) no período de quatro meses. Os símbolos na cor preta representam o primeiro mês, em azul claro correspondem ao segundo mês, em vermelho ao terceiro mês e em laranja correspondem ao quarto mês.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados da análise ANOVA para os parâmetros abióticos (comparação Tratamento- TA e TB x Controle-CA e CB).....	28
Tabela 2: Classificação da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos nos tanques experimentais.	32
Tabela 3: Índices de diversidade (diversidade de Shannon; riqueza, dominância e equitabilidade) para dados totais da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos nos tanques experimentais. Os dados dos quatro tanques experimentais foram agrupados para Tratamento e Controle e foram analisados dados totais da comunidade.	35
Tabela 4: Índices de diversidade (diversidade de Shannon; dominância, riqueza e equitabilidade) da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos mensalmente nos tanques experimentais.....	36
Tabela 5: Valores totais, médias \pm e desvio padrão (DP) da densidade total de algas perifíticas nos tanques Tratamento (TA e TB) e tanques Controle (CA e CB) ao longo dos meses de estudo.	37

SUMÁRIO

01 INTRODUÇÃO	14
1.1 Caracterizações gerais das algas	14
1.2 Perifíton	14
1.3 Aquaponia	16
1.4 A espécie <i>Acmella Oleracea</i>	17
1.5 Compostos nitrogenados	17
02 OBJETIVOS	20
2.1 Geral.....	20
2.2 Específicos	20
03 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Local de estudo e delineamento experimental	21
3.2 Amostragens do perifíton.....	21
3.3 Coleta do material perifítico	22
3.4 Contagem e classificação do material ficoperifítico	23
3.5 Amostragens dos parâmetros abióticos.....	23
3.6 Análise estatística dos dados.....	24
04 RESULTADOS	25
4.1 Parâmetros abióticos	25
4.2 Compostos nitrogenados.....	27
4.3 Análise de variância dos dados abióticos.....	28
4.4 Análises dos parâmetros abióticos em gráficos Boxplot	29
4.5 Análise de Principais Componentes dos parâmetros abióticos.....	30
4.6 Comunidade ficoperifítica	32
4.6.1 Composição e diversidade	32
4.6.2 Densidade total ficoperifítica.....	37
4.6.3 Densidade das Classes ficoperifíticas	38
4.6.4 Análise de Correspondência Canônica entre parâmetros abióticos e bióticos.....	39
05 DISCUSSÃO	41
5.1 Parâmetros abióticos	41
5.2 Ficoperifíton.....	42
06 CONCLUSÕES	45
07 REFERÊNCIAS	46

01 INTRODUÇÃO

1.1 Caracterizações gerais das algas

As algas são descritas como talófitos, ou seja, são desprovidas de caules, raízes e tecidos vasculares, são seres autótrofos, eucariontes, clorofilados ou não, macroscópicos ou microscópicos, unicelulares ou pluricelulares, e um dos principais responsáveis pela produção primária do planeta terra (Bicudo & Menezes, 2005). Alguns importantes representantes da comunidade algal pertencem às classes Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas vermelhas) e Bacillariophyta (diatomáceas) (Brennan & Owende, 2010).

As algas podem ocupar qualquer meio que ofereça luz e umidade suficientes. Seja qual for sua particularidade e classificação, todas necessitam de nutrientes no meio em que habitam, e são fundamentalmente aquáticas (Vidotti & Rollemberg, 2004). Elas podem ser encontradas em diversas regiões dos ambientes aquáticos, possuindo diferentes interações e funções em cada ecossistema, o fitoplâncton possui a característica de flutuar na superfície da água, por outro lado o perifíton adere-se a diversos substratos presentes nestes ambientes (Chisti, 2004).

A estrutura das comunidades de algas pode ser alterada quando há alterações ambientais, essas mudanças podem fornecer informações relevantes sobre essas alterações ocasionadas pela eutrofização ou mudanças ambientais (Stevenson & Smol, 2003). A elevada diversidade de espécies de algas também é outro aspecto importante que fornece informações importantes para estudos desses organismos, principalmente no perifíton (Lowe & Pan, 1996).

Alterações ambientais, tais como a eutrofização, afetam a organização e estrutura das comunidades de algas, resultando em desequilíbrio do sistema (Peterson & Stevenson, 1990, Smith & Schindler, 2009). Essas alterações podem se tornar fatores estressantes ou distúrbios (Padisák; Reynolds; Sommer, 1993) e promovem a dominância de determinadas espécies ou grupos algais relacionados à interação dos organismos com a disponibilidade de nutrientes.

1.2 Perifíton

Perifíton é um termo genérico usado para definir uma comunidade complexa de microrganismos (algas, plânctons, fungos, bactérias, etc.) que vivem aderidos a superfícies, sejam elas orgânicas ou inorgânicas submersas no ambiente aquático (Wetzel, 1983). Essa definição é amplamente utilizada, atualmente o termo perifíton tem sido aplicado a todas as formas de estruturas orgânicas que se desenvolvem em materiais submersos na água e em que a ênfase é dada ao componente algal (Hakanson & Boulion, 2002; Vadeboncoeur et al., 2006).

A essas comunidades perifíticas tem-se aplicado também a definição de biofilme. Biofilme define especificamente as comunidades de organismos microbianos, composta de

bactérias, algas, fungos e protozoários submersos em água doce e fixados em substratos sejam eles orgânicos ou não (Stoodley et al., 2002).

Ficoperifiton é a denominação dada às microalgas que compõem a comunidade perifítica, cerca de 95 a 99% do perifiton é composto de ficoperifiton isso se deve à sua importância nos ambientes aquáticos (Moschini-Carlos, 1999; Wetzel, 1990). Alguns organismos da comunidade perifítica podem viver de maneira sésil, é conferido a eles vantagens sobre os organismos do fitoplâncton, sabe-se que as microalgas do perifiton não migram em situações adversas, são compactadas e respondem rapidamente a mudanças (Costa-Mendonça et al., 2018). O ficoperifiton pode fornecer diagnósticos ambientais e promover a compreensão de processos ecológicos aquáticos através do estudo de sua composição taxonômica e densidade, relacionando mudanças na composição destas comunidades de organismos com variáveis físico-químicas e processos de eutrofização (Biolo & Rodrigues, 2011).

A comunidade perifítica associa-se a substratos consolidados (por exemplo, a madeira) ou não consolidados (areia, lama, etc.) (Pouličková et al., 2014). As algas que se desenvolvem sobre outras plantas como as macrófitas aquáticas ou ainda sobre outras algas são denominadas epifíticas, os que se desenvolvem sobre rochas são denominados epilíticas, sobre grãos de areia são epipsâmicas, sobre plantas são epifíticas, sobre animais epizóicas, sobre sedimentos são denominados de epipélicas e epidêndricas sobre a madeira (Burliga & Schwarzbald, 2013). Sua permanência e colonização nos substratos dependem da disponibilidade de nutrientes e área de superfície disponível para fixação (Gulzar et al., 2017).

A colonização de algas perifíticas tem início com espécies oportunistas, consequentemente a colonização ocorre com algas que possuem estruturas aderentes capazes de se fixar ao substrato, por último a colonização se dá por algas filamentosas (Lock et al., 1984; Hodoki, 2005), esse processo resulta em uma complexa estrutura de organismos organizados de forma estratificada (Hoagland et al., 1982). A aderência aos substratos se dá por estruturas e adaptações morfológicas desenvolvidas pelas algas perifíticas que incluem; mucilagem do tipo “almofada” e pedúnculos mucilaginosos que ocorrem comumente com o gênero *Gomphonema*, mucilagem em tubo, parte basal prostrada ramificada e apressório terminal da célula basal como ocorre com o gênero *Oedogonium* (Burliga & Schwarzbald, 2013).

As comunidades do perifiton são essenciais ao equilíbrio e metabolismo de ambientes aquáticos, são organismos de fundamental relevância para cadeia trófica, compõem a base da cadeia alimentar e são produtores primários responsáveis pela liberação de oxigênio para o

ambiente (Arguelles, 2021; Vadeboncoeur & Steinman, 2002). Eles também têm relevante importância por integrar em sua comunidade organismos envolvidos em processos biogeoquímicos, como por exemplo a desnitrificação, assim como atuam na ciclagem de nutrientes (Toet et al., 2003; Teissier et al., 2007; Kalscheur et al., 2012).

O perifíton pode indicar condições de eutrofização, contaminação ou estresse (Sládecková, 1991; Li et al., 2010). Uma vez que possui organismos bioindicadores, com espécimes que são tolerantes e espécimes altamente sensíveis à poluição (Bellinger & Sigeo, 2010). Possíveis mudanças na forma de vida das algas estão diretamente ligadas às variações ambientais que podem ocorrer no ecossistema aquático sendo considerado como um comportamento adaptativo às mudanças (Hao et al., 2021).

Dentre os diversos fatores abióticos que determinam ou alteram a estrutura das comunidades do perifíton, especificamente a parte algal, a disponibilidade de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) e luz são fatores primordiais, porém esses efeitos são pouco explorados nos estudos utilizando-se o perifíton (Hill et al., 2009).

1.3 Aquaponia

A aquaponia consiste em um sistema que integra a piscicultura e a hidroponia com vegetais em sistemas de recirculação de água (Hundley & Navarro, 2013). Nesse sistema há um favorecimento mútuo, os vegetais assimilam os produtos derivados da piscicultura e a beneficiam retirando compostos potencialmente prejudiciais (Diver, 2006; Martin et al, 2000).

Esse sistema também é considerado como uma alternativa sustentável de produção, por consistir em um modelo com recirculação de água, ou seja, não há renovação de água constante, há baixo consumo de água, também ocorre aproveitamento de resíduos orgânicos derivados da piscicultura, uma vez que esses resíduos são aproveitados no cultivo dos vegetais (Tyson et al., 2011).

Apesar dos benefícios, esse sistema gera um grande volume de resíduos orgânicos ocasionados pela densidade de peixes e degradação de resíduos de ração nos tanques (Van Rijn, 2013), dessa forma ocorre também aumento drástico da liberação de compostos nitrogenados no ambiente como amônia, nitrito e nitrato, causando prejuízos à qualidade da água.

Estudos com aquaponia (Quilleré et al., 1995; Rakocy et al., 2006) mostraram que a hidroponia com espécies de hortaliças pode causar diminuição compostos nitrogenados como a amônia e outros resíduos orgânicos em sistemas de piscicultura com recirculação de água causando melhoria na qualidade da água do cultivo.

1.4 A espécie *Acmella Oleracea*

Acmella oleracea (L.) R. K. Jansen conhecida na Índia como “Akarkara” e no Brasil como “jambu” ou “agrião-do-Pará” é uma planta herbácea utilizada para fins medicinais, pertence à família Asteraceae e ocorre especificamente em regiões tropicais e subtropicais (Favoreto & Gilbert, 2010).

A espécie além de ser empregada em fins medicinais é muito consumida na culinária regional amazônica. Atualmente, em âmbito nacional nota-se um crescente interesse pela espécie, principalmente no que diz respeito ao uso e produção de cosméticos e nas indústrias farmacêuticas (Sampaio et al., 2018). *Acmella oleracea* também é muito utilizada popularmente na forma de chás, xaropes e tinturas que são preparadas principalmente por partes como as folhas e flores (Cardoso & Garcia, 1997). Esse vegetal é amplamente cultivado e possui valor econômico na Amazônia brasileira, podendo ser cultivado em solos terrestres e em sistemas hidropônicos (Nascimento et al., 2020).

O cultivo da espécie se dá em clima quente e úmido, com temperatura média acima de 25° e alta umidade relativa do ar (em torno de 80%). Os ambientes indicados para o cultivo e desenvolvimento de *Acmella oleracea* devem conter níveis elevados de matéria orgânica no meio, inclusive podendo ser cultivados em solos de inundação (várzea), quando bem drenados (Gusmão & Gusmão, 2013).

Dentre os principais nutrientes absorvidos pelos vegetais e com importância fisiológica destaque o nitrogênio, ele possui papel fundamental na estruturação celular das plantas, compõem os nucleotídeos que formam DNA e RNA, além de compor aminoácidos presentes na molécula de clorofila (Borges et al., 2013).

Alguns estudos relacionados a hidroponia da espécie foram publicados (Nascimento et al., 2020; Sampaio et al., 2022), porém, estudos sobre a espécie *Acmella Oleracea* em sistema integrado de aquaponia ainda são incipientes. Há comprovações sobre a redução de compostos nitrogenados em sistemas de aquaponia com as espécies *Lactuca sativa L* (alface) e *Solanum lycopersicum* (tomate) (Quilleré et al., 1995; Rakocy, 1994), no entanto, com essa espécie não há registros na literatura

Tendo em vista a importância do vegetal *Acmella oleracea* na região amazônica escolheu-se então a espécie para cultivo nesse sistema, principalmente para testar a eficácia dela na redução de compostos nitrogenados potencialmente tóxicos nos sistemas aquapônicos.

1.5 Compostos nitrogenados

O nitrogênio é encontrado no ambiente aquático em diferentes formas, dentre eles destacam-se; amônia (NH₃) e nitrito (NO₂). A amônia é um elemento químico nitrogenado que

pode ser disponibilizado no ambiente aquático de forma dissolvida através da excreção de animais aquáticos, da decomposição de proteínas ou ainda através da degradação de matéria orgânica presente no ambiente aquático (Esteves, 2011).

Quando disponível na água a amônia forma íons que sofrem oxidação microbiana e transformam-se em nitrito para depois transformar-se em nitrato (processo chamado de nitrificação) (Costa, 2017). O nitrito (NO_2^-) é um produto intermediário do processo de transformação da amônia para nitrato no ambiente aquático (Frances et al., 1998).

Em ambientes fechados como tanques de cultivo à ação bacteriana reduz a amônia a nitrito, o aumento de suas concentrações na água pode causar efeitos deletérios em processos fisiológicos dos peixes (Costa et al., 2004). Nitrato (NO_3^-) é o último produto da transformação da amônia (Souza, 2020). Os compostos nitrogenados são elementos importantes para as algas e plantas, alterações na quantidade de compostos nitrogenados, no ambiente aquático, podem ocasionar impactos na produção primária em escala local (Domingues et al., 2011).

Segundo Paerl e Tucker (1995), a disponibilidade de nitrogênio está frequentemente relacionada como fator limitante para o fitoplâncton, seu crescimento e biomassa e assim como pode influenciar na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Domingues et al. (2011) também relataram que o aumento da entrada de nitrogênio em forma de amônio pode ocasionar mudança na composição da comunidade fitoplanctônica, em direção a uma predominância de cianobactérias (Classe Cyanophyceae) e algas verdes (Classe Chlorophyceae).

Kozak et al. (2014) relataram que em ambientes eutrofizados altas concentrações de nitrogênio e fósforo resultaram em alta densidade de fitoplâncton, de forma que esses nutrientes não foram um fator limitante para o desenvolvimento de algas. A dominância de determinadas espécies ou grupos de algas e o seu crescimento podem estar relacionados com a disponibilidade de nutrientes (principalmente Nitrogênio e Fósforo), no geral, os nutrientes são considerados como os principais fatores controladores da composição, estrutura e biomassa do perifíton e do fitoplâncton (Boëchat, 2000; Reynolds et al., 1993).

Por fim é importante ressaltar que o conhecimento sobre essas comunidades e suas relações com o meio é enriquecedor para a ciência por tratar-se de organismos base da cadeia trófica e produtores primários de oxigênio para o planeta.

Levando esses fatores em consideração foram formuladas as seguintes hipóteses:

1. A aquaponia com a espécie *Acmella oleracea* reduz valores de compostos nitrogenados potencialmente tóxicos; NH_3 e NO_2^- (amônia e nitrito respectivamente) presentes na água dos tanques experimentais;

2. A aquaponia com *Acmella oleracea* ocasiona alteração nos parâmetros físicos e químicos da água dos tanques experimentais;
3. A estrutura da comunidade ficoperifítica é alterada nos tanques experimentais com aquaponia de *Acmella oleracea* em decorrência dos diferentes níveis de amônia (NH_3), e nitrito (NO_2^-) presentes no meio;
4. Determinados grupos de microalgas perifíticas se desenvolvem mais que outras em concentrações diferentes de compostos nitrogenados no meio.

02 OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar a variação das comunidades ficoperifíticas em tanques de piscicultura experimentais com sistema de aquaponia, no Oeste do Pará, Brasil, comparando tanques com aquaponia da espécie *Acmella oleracea* e tanques sem aquaponia.

2.2 Específicos

1. Quantificar e qualificar os organismos perifíticos de cada tanque de piscicultura experimentais com ênfase na comunidade ficoperifítica;
2. Mensurar as concentrações de amônia (NH_3) e nitrito (NO_2^-), assim como os parâmetros físico-químicos; potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura e transparência da água;
3. Registrar os valores dos principais atributos das comunidades analisadas: riqueza, diversidade, dominância, equitabilidade e densidade em cada tanque experimental temporalmente.

03 MATERIAL E MÉTODOS

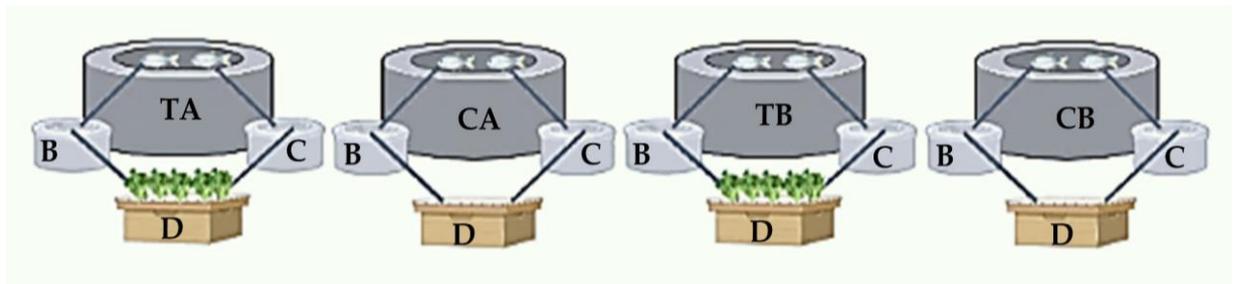
3.1 Local de estudo e delineamento experimental

O estudo ocorreu em tanques experimentais de piscicultura situados na dependência do Campus Universitário da Universidade Federal do Oeste do Pará, na cidade de Oriximiná-Pará, durante um período de quatro meses. São quatro tanques experimentais de piscicultura com sistema de aquaponia, sendo dois tanques Tratamento (TA e TB) com hidroponia da espécie *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (jambu) pertencente à família Asteraceae e dois tanques denominados Controle (CA e CB) sem hidroponia.

São tanques circulares, constituídos de madeira e revestidos por lonas pretas, seu perímetro é de 14,54 metros; raio de 2,3 metros e profundidade de 1,20 metros com capacidade de 20.000 litros de água (ilustrado na figura 1). Em cada tanque estão inseridas duas caixas d'água ligadas por tubos entre si e uma cama hidropônica, a água circula por esses compartimentos e retorna aos tanques. As camas hidropônicas possuem dimensões de 1,48 metros de comprimento por 65 centímetros de largura e 20 centímetros de altura.

As camas hidropônicas dos tanques Tratamento foram preenchidas com espécimes adultos de *Acmella oleracea* adquiridos em feira de agricultura local, o total de espécimes ocupando cada cama hidropônica equivale à área de 96,2 cm². Em cada tanque experimental foram inseridos 1 mil alevinos da espécie *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), pertencente à família Serrasalmidae, estes peixes foram alimentados diariamente com ração artificial extrusada.

Figura 1: Ilustração dos tanques experimentais. As letras B e C ilustram os decantadores; D: ilustra a cama de cultivo de Jambú. TA e TB representam os tanques tratamento contendo aquaponia de Jambú; CA e CB representam os tanques controle sem hidroponia. Fonte: autoria própria no programa BioRender.



3.2 Amostragens do perifíton

Para amostragem do perifíton foi utilizado o método adaptado de Salomoni et al., (2007) que consiste em substratos artificiais do tipo EDS (amostradores epilíticos de diatomácea).

Cada substrato possui as dimensões de 10 x 5 cm e são acoplados com abraçadeira em um tubo vedado com ar para flutuação na água (figura 2).

Figura 2: Modelo de substrato artificial tipo EDS adaptado. Fonte: arquivo pessoal.



Em cada tanque experimental era inserido um conjunto de três substratos artificiais, esses substratos permaneceram submersos em cada tanque por um período de 30 dias cada para que ocorresse a colonização do perifíton (Ferragut et al., 2013). Após o período de colonização os substratos eram substituídos por outros até que completasse o período de amostragem.

3.3 Coleta do material perifítico

Para coleta do material ficoperifítico, após cada 30 dias os substratos eram retirados dos tanques experimentais para raspagem do material colonizado (figura 3). Cada conjunto de substratos era raspado separadamente com escova e água destilada, o material era armazenado em frascos de polietileno com cerca de 100 ml de água destilada, e era devidamente identificado e fixado com Lugol acético até a amostra atingir a concentração de 1% (Wetzel & Likens, 2000).

Figura 3: Raspagem do material perifítico dos substratos. Fonte: arquivo pessoal.



3.4 Contagem e classificação do material ficoperifítico

A quantificação do material ficoperifítico foi realizada por meio de câmaras de sedimentação em microscópio invertido seguindo o método de Utermohl (1958) através da enumeração por transeções horizontais (objetiva de 40x). A comunidade ficoperifítica foi classificada em nível de classes, ordens e gêneros taxonômicos seguindo Bicudo & Menezes (2017) e consulta à base de dados *AlgaeBase* (Guiry, M. D. & Guiry, G. M. 2022). Foi aplicado o cálculo da eficiência de contagem pela fórmula em Pappas & Stoermer (1996), em que:

$$\text{Eficiência} = 1 - \frac{\text{n}^\circ \text{ espécies}}{\text{n}^\circ \text{ indivíduos}}$$

A densidade ficoperifítica foi determinada através do cálculo da densidade modificada de Ros (1979). Para calcular a densidade foi necessário, inicialmente, calcular o volume de campos contados (v_c).

$$v_c = h * A_c * N_c$$

Em que:

v_c = volume de campos contados em ml

h = altura da câmara em cm

A_c = área do campo em cm^2

N_c = número de campos contados

Segue a equação do cálculo modificado de Ros (1979):

$$N = \left(n * \frac{V}{v_c} \right) * \left(\frac{1}{S} \right) * f$$

Em que:

N = número de indivíduos por cm^2

n = número de indivíduos contados no volume total de campos contados

V = volume da amostra em ml ($1\text{mL} = 1\text{ cm}^3$)

v_c = volume de campos contados em ml

S = área do substrato raspado em cm^2

f = fator de diluição da amostra, quando necessário

3.5 Amostragens dos parâmetros abióticos

Foram realizadas análises semanais dos parâmetros abióticos da água dos tanques experimentais e análise dos compostos nitrogenados através do método de fotometria. Os parâmetros foram analisados semanalmente com equipamentos portáteis; oxigênio dissolvido

(mg/l), pH (mg/l), condutividade elétrica (μS) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (SensoDirect-150) e transparência da água (disco de Secchi).

As análises dos compostos nitrogenados amônia (NH_3) e nitrito (NO_2^-) foram realizados semanalmente através de um aparelho fotômetro multiparâmetros (HANNA HI-83200 multiparâmetro portátil); para realização das análises as amostras de água eram filtradas com filtros Whatman.

3.6 Análise estatística dos dados

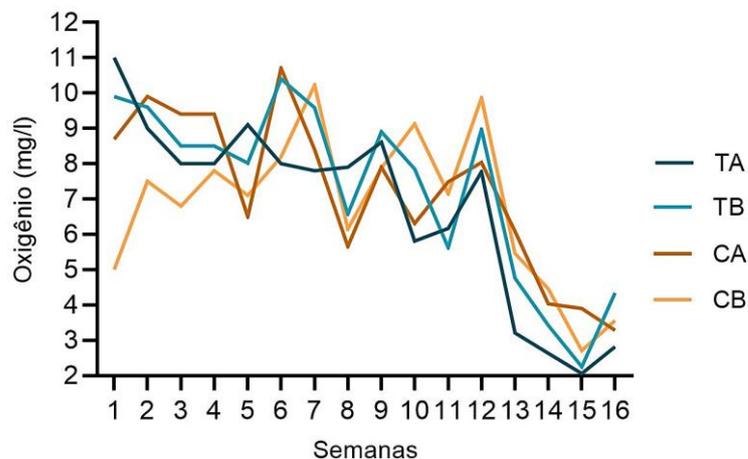
As Análises de dados e produção de gráficos foram realizadas nos programas; Past 4.09 e GraphPad Prism 9.0. Foram elaborados gráficos de variação temporal, gráficos de Boxplot, Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Correspondência Canônica (CCA). Para testar a normalidade dos dados foi aplicado o teste Shapiro-Wilk no programa Past 4.09. Para dados abióticos e bióticos foi aplicada análise de variância ANOVA e teste de Tukey à posteriori. Foram aplicados os seguintes índices para os dados bióticos; Riqueza, diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade J (Pielou) e dominância.

04 RESULTADOS

4.1 Parâmetros abióticos

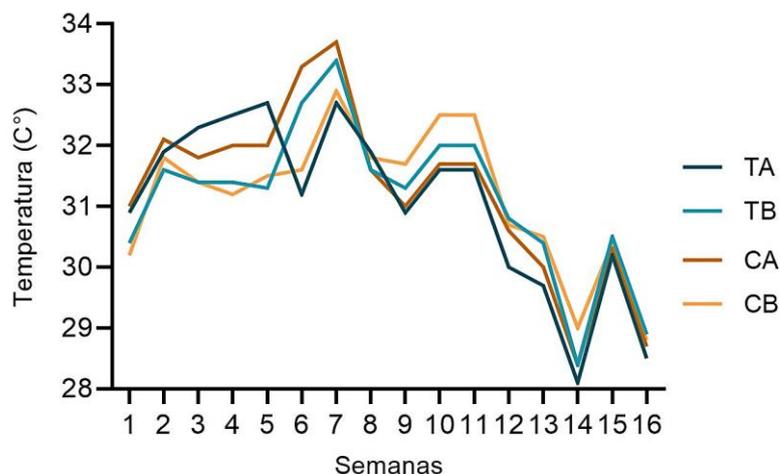
O parâmetro oxigênio dissolvido (figura 4) apresentou valores elevados até a 12^a semana em todos os tanques experimentais, após essa semana houve diminuição de valores. Os valores médios de oxigênio para os tanques de Tratamento foram 6,74 mg/l (TA) e 7,23 mg/l (TB), para os tanques de Controle os valores médios foram de 7,32 mg/l (CA) e 6,81 mg/l (CB).

Figura 4: Gráfico de Oxigênio dissolvido (mg/l) no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



A temperatura (figura 5) dos tanques no geral variou entre 28°C a 33,7°C, com valores médios para os tanques de Tratamento de 31,0 °C (TA) e 31,24 °C (TB) e para os tanques de Controle as médias foram de 31,13 °C (CA) e 31,15 °C (CB).

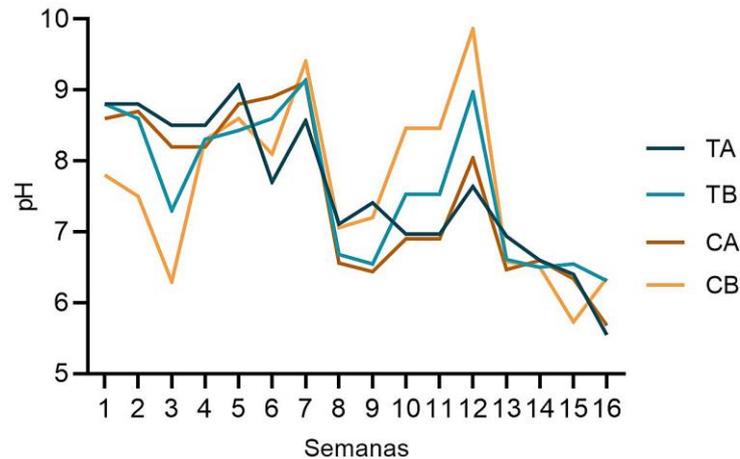
Figura 5: Gráfico de temperatura da água no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



O pH (figura 6) apresentou-se bastante variável ao longo do período estudado, até a 12^a semana o pH apresentou valores elevados (entre 6 e 10), nas semanas finais (a partir da 12^a

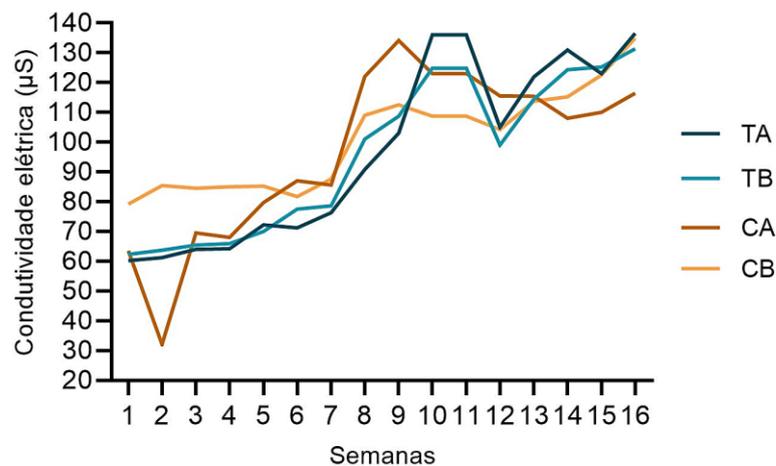
semana) os valores diminuíram em todos os tanques (entre 5 e 7). Os valores médios de pH para os tanques de tratamento foram de 7,5 (TA) e 7,5 (TB) e para os tanques de tratamento foram de 7,6 (CA) e 7,6 (CB).

Figura 6: Gráfico de pH no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



A condutividade elétrica (μS) mostrou uma elevação de valores temporalmente em todos os tanques (figura 7), com valores mais baixos (entre 60 e 80 μS) nas semanas iniciais e valores elevados nas últimas semanas de estudo (entre 110 e 140 μS). Os valores médios de condutividade elétrica para os tanques de tratamento foram 97,0 μS (TA) e 97,0 μS (TB) e para os tanques de Controle foram 96,0 μS (CA) e 101 μS (CB).

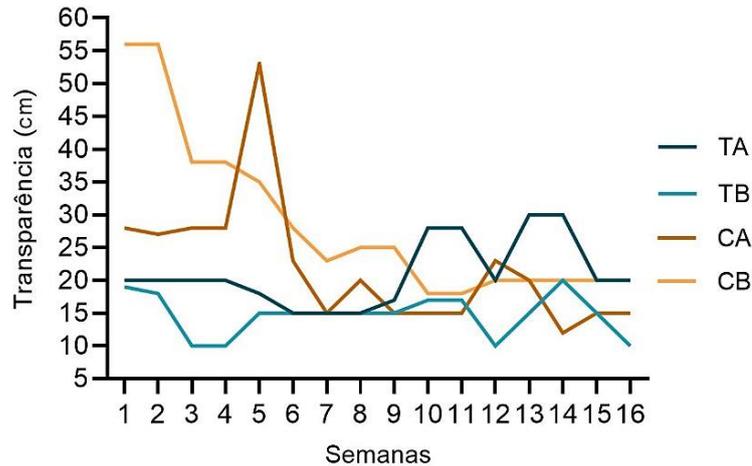
Figura 7: Gráfico de condutividade elétrica no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



A transparência da água (figura 8) apresentou ampla variação de valores entre os tanques e temporalmente. Nas primeiras semanas os tanques de Controle apresentaram maiores valores de transparência da água (51 e 54 cm), porém nas semanas finais todos os tanques mantiveram-

se com valores próximos. Os valores médios de transparência da água para os tanques de Tratamento foram 21 cm (TA) e 22 cm (TB). Para os tanques de Controle os valores médios foram de 14,7 cm (CA) e 28 (CB) cm.

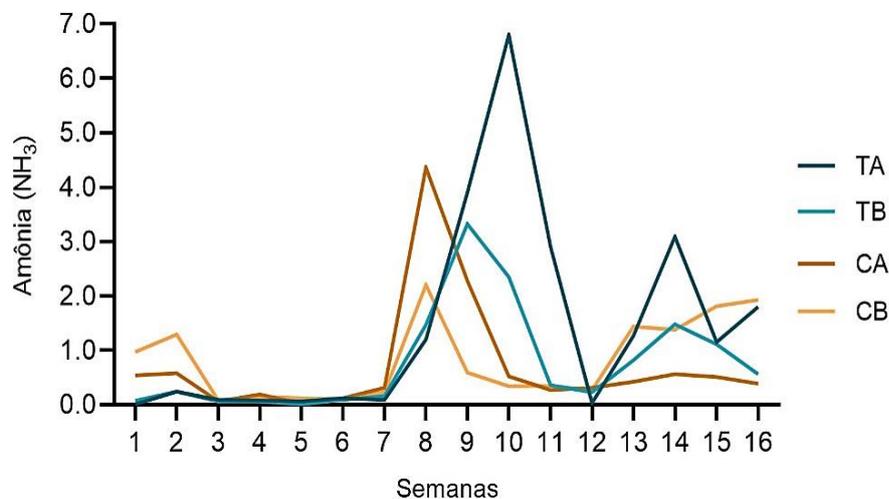
Figura 8: Gráfico de transparência da água no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



4.2 Compostos nitrogenados

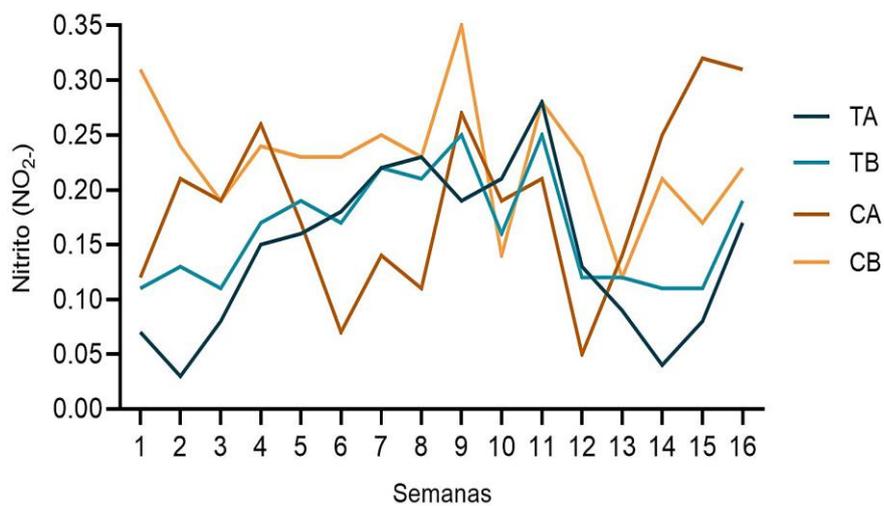
A amônia (NH_3) apresentou valores baixos nas semanas iniciais com um aumento drástico nos valores a partir da 7ª semana de estudo em todos os tanques experimentais (figura 9), alcançando até valores de 6,8 mg/l no tanque Tratamento TA. A partir da 11ª semana os valores foram reduzidos, porém ainda se mantinham elevados. Os valores médios de amônia para os tanques Tratamento foram 1,44 mg/l (TA) e 0,78 mg/l (TB), para os tanques de Controle os valores médios foram 0,71 mg/l (CA) e 0,82 mg/l (CB).

Figura 9: Gráfico do composto nitrogenado amônia (NH_3) no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



Nitrito (figura 10) apresentou uma ampla variação de valores temporalmente apresentando valor mínimo de 0,3 mg/l e máximo de 0,35 mg/l no geral, o tanque controle CB apresentou maiores valores de nitrito ao longo do tempo (0,32 e 0,35 mg/l), enquanto os tanques Tratamento seguiram um padrão de valores próximos, os tanques de Controle apresentaram maiores variações entre eles. Os valores médios de nitrito para os tanques Tratamento foram 0,14 mg/l (TA) e 0,16 mg/l (TB), para os tanques de Controle os valores médios foram 0,18 mg/l (CA) e 0,22 mg/l (CB).

Figura 10: Gráfico do composto nitrogenado nitrito (NO_2^-) no período de quatro meses (16 semanas). TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



4.3 Análise de variância dos dados abióticos

Os resultados da análise de variância ANOVA mostram que para a maioria dos parâmetros abióticos analisados não há diferença estatística significativa de valores entre os tanques Tratamento (TA e TB) e Controle (CA e CB), apenas os parâmetros transparência da água (ANOVA: $p=0,0035$) e nitrito ($p=0,0056$) apresentaram diferença significativa de valores entre os tanques Tratamento e Controle com valor de $p<0,05$.

Para o parâmetro transparência da água o teste de Tukey mostrou haver diferença de valores apenas entre os tanques TB de tratamento e CB de Controle ($p=0,0001$). Para o parâmetro nitrito o teste de Tukey mostrou haver diferença estatística de valores entre os tanques TA x CB ($p=0,004$) e entre os tanques TB x CB ($p=0,04$).

Tabela 1: Resultados da análise ANOVA para os parâmetros abióticos (comparação Tratamento- TA e TB x Controle-CA e CB).

Parâmetros	n amostral	valor de p	Valor de f	Tukey
Oxigênio	64	0,8694	0,2382	ns
Temperatura	64	0,9796	0,0619	ns
pH	64	0,9899	0,0406	ns

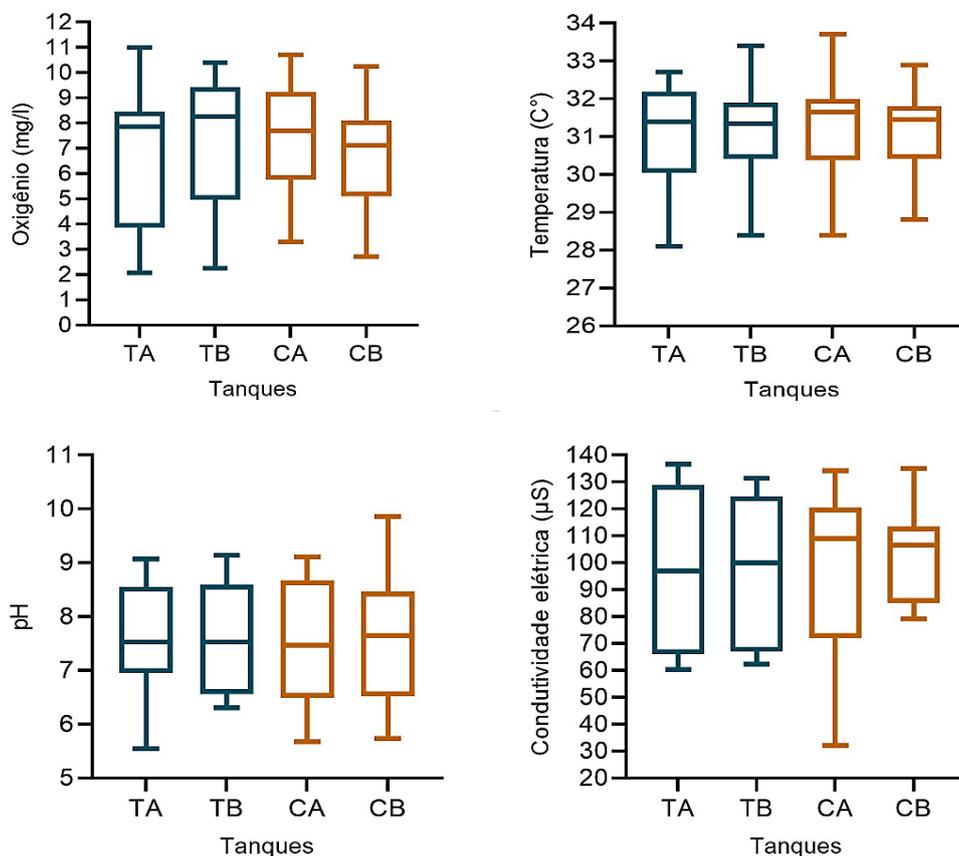
Condutividade	64	0,9479	0,1202	ns
Transparência	64	0,0003	7,126	(p=0,0001)
Amônia	64	0,3215	1,189	ns
Nitrito	64	0,0056	4,625	(p=0,004); (p=0,04)

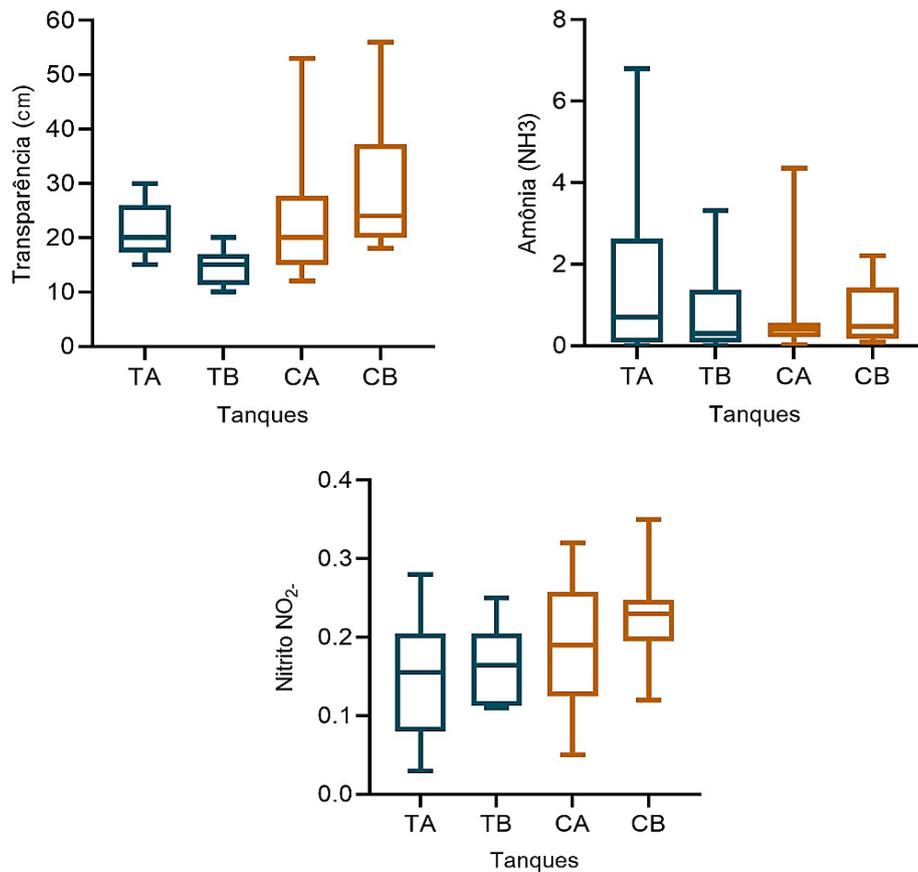
4.4 Análises dos parâmetros abióticos em gráficos Boxplot

Os gráficos Boxplot (figura 11) mostram valores de mediana próximos para os parâmetros oxigênio dissolvido (medianas: 7,85-TA; 7,69-TB; 8,26-CA; 7,12-CB), temperatura (medianas: 31,4-TA; 31,65-TB; 31,35-CA; 31,45-CB) e pH (medianas: 7,5-TA; 7,4-TB; 7,5-CA; 7,6-CB) entre os tanques Tratamento e Controle e *outliers* demonstrando variabilidade dos valores similar.

Os gráficos de transparência da água (medianas: 20-TA; 20-TB; 15-CA; 24-CB), condutividade (medianas: 96,9-TA; 109-TB; 100-CA; 106-CB) amônia (medianas: 0,72-TA; 0,30-TB; 0,45-CA; 0,47-CB) e nitrito (medianas: 0,16-TA; 0,17-TB; 0,19-CA; 0,23-CB) mostram valores de medianas mais distantes quando comparamos esses valores entre os tanques Tratamento e Controle, e os *outliers* se apresentam mais distintos.

Figura 11: Gráficos Boxplot dos parâmetros abióticos oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade, transparência da água, amônia e nitrito nos tanques experimentais Tratamento (TA e TB) e Controle (CA e CB).





4.5 Análise de Principais Componentes dos parâmetros abióticos

As análises de Principais Componentes-PCA demonstram as unidades amostrais no período de quatro meses para os parâmetros abióticos nos respectivos tanques experimentais Tratamento e Controle. Para os tanques de Tratamento (figura 12) em que o componente 1 da análise demonstrou 80,53% da variação dos dados, os parâmetros mais representativos foram; condutividade elétrica, transparência, amônia e nitrito em ambos os tanques de tratamento.

Para os tanques Controle (figura 13) em que o componente 1 da análise demonstrou 67,07% da variação dos dados, os parâmetros mais representativos foram; condutividade elétrica e amônia em ambos os tanques e nitrito apenas no tanque CA.

Em todos os tanques analisados os maiores valores para esses parâmetros ocorreram nas semanas finais e o parâmetro amônia se destacou com valores muito elevados no componente 1 nas últimas semanas de amostragem. Através dessas observações constata-se que ocorreu uma diferenciação de variáveis entre os tanques Tratamento e Controle para os parâmetros abióticos transparência da água e nitrito, o que corrobora a análise de variância descrita anteriormente.

Figura 12: Ordenação biplot pela PCA das unidades amostrais no período de quatro meses dos parâmetros oxigênio dissolvido (Oxig.), temperatura (Temp.), pH, condutividade (Cond.), transparência da água (Trans.), amônia (Amo.) e nitrito (Nit.) nos tanques experimentais de Tratamento (TA e TB).

Os pontos coloridos enumerados S1, S2, S3 e etc., representam as semanas de amostragem, pontos na cor preta representam o primeiro mês, pontos em azul claro correspondem ao segundo mês, pontos em vermelho ao terceiro mês e pontos laranja correspondem ao quarto mês.

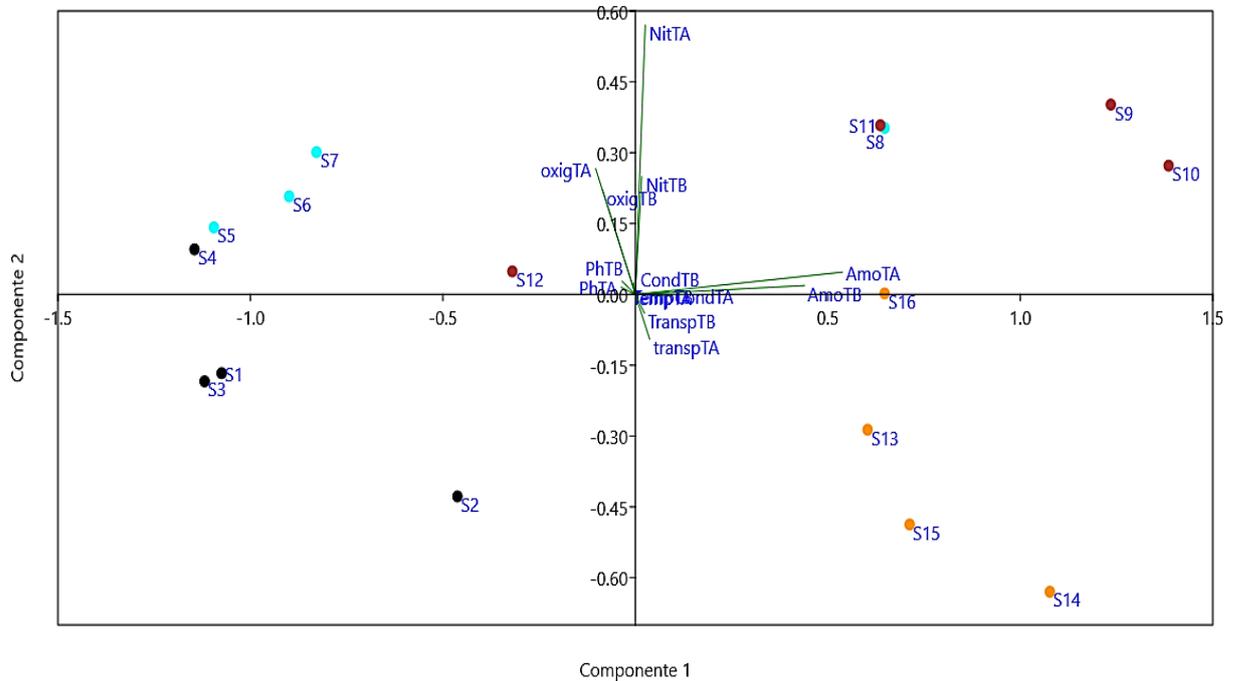
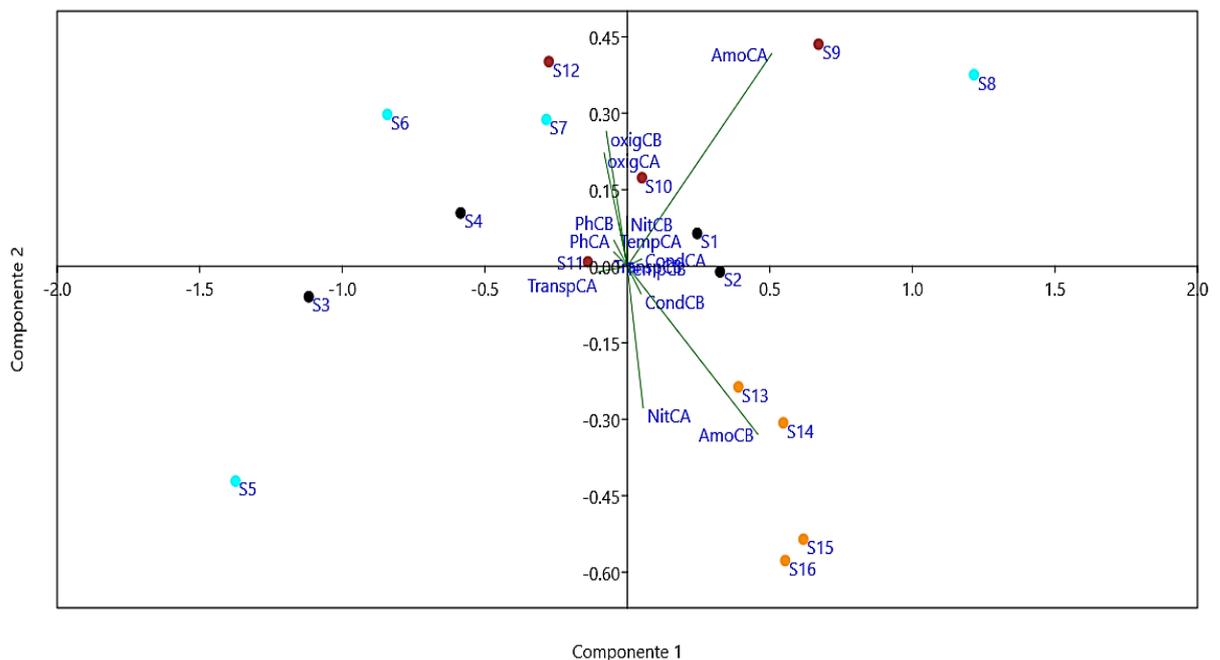


Figura 13: Ordenação biplot pela PCA das unidades amostrais no período de quatro meses dos parâmetros oxigênio dissolvido (oxig.), temperatura (temp.), pH, condutividade (cond.), transparência da água (transp.) e amônia (amo.) e nitrito (nit) nos tanques experimentais de Controle (CA e CB). Os pontos coloridos enumerados S1, S2, S3 e etc., representam as semanas de amostragem, pontos na cor preta representam o primeiro mês, pontos em azul claro correspondem ao segundo mês, pontos em vermelho ao terceiro mês e pontos laranja correspondem ao quarto mês.



4.6 Comunidade ficoperifítica

4.6.1 Composição e diversidade

Os componentes ficoperifíticos dos tanques experimentais foram classificados (tabela 2) como pertencentes às divisões Chlorophyta, Bacillariophyta e Cyanobacteria comumente conhecidos respectivamente como; algas verdes, diatomáceas e cianobactérias. As algas da divisão Bacillariophyta pertencem à classe Bacillariophyceae, ordem Fragilariales e gênero *Fragilaria* (figura 14). Divisão Bacillariophyta, classe Bacillariophyceae, ordem Cymbellales, gênero *Gomphonema* e espécie *Gomphonema gracile* (figura 14).

Algas verdes da divisão Chlorophyta, classe Chlorophyceae, ordem Sphaeropleales e gêneros *Desmodesmus* e *Coelastrum* (figura 15). Divisão Chlorophyta, classe Chlorophyceae, ordem Oedogoniales e gênero *Oedogonium* (figura 17). Por fim, divisão Cyanobacteria, Classe Cyanophyceae, ordem Oscillatoriales, gênero *Phormidium* e colônia de cianobactérias cocóides da divisão Cyanobacteria, classe Cyanophyceae, ordem Chroococcales e gênero não identificado (figura 16).

Tabela 2: Classificação da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos nos tanques experimentais.

Tanques Tratamento	Gênero	Ordem	Classe	Divisão
<i>Gomphonema gracile</i>	<i>Gomphonema</i>	Cymbellales	Bacillariophyceae	Bacillariophyta
Não identificada	Não definido	Sphaeropleales	Chlorophyceae	Chlorophyta
<i>Oedogonium sp.</i>	<i>Oedogonium</i>	Oedogoniales	Chlorophyceae	Chlorophyta
<i>Desmodesmus sp.</i>	<i>Desmodesmus</i>	Sphaeropleales	Chlorophyceae	Chlorophyta
<i>Phormidium sp.</i>	<i>Phormidium</i>	Oscillatoriales	Cyanophyceae	Cyanobacteria
Não identificada	Não definido	Chroococcales	Cyanophyceae	Cyanobacteria
Tanques Controle	Gênero	Ordem	Classe	Divisão
<i>Gomphonema gracile</i>	<i>Gomphonema</i>	Cymbellales	Bacillariophyceae	Bacillariophyta
<i>Fragilaria sp.</i>	<i>Fragilaria</i>	Fragilariales	Bacillariophyceae	Bacillariophyta
Não identificada	Não definido	Sphaeropleales	Chlorophyceae	Chlorophyta
<i>Oedogonium sp.</i>	<i>Oedogonium</i>	Oedogoniales	Chlorophyceae	Chlorophyta
<i>Desmodesmus sp.</i>	<i>Desmodesmus</i>	Sphaeropleales	Chlorophyceae	Chlorophyta
<i>Coelastrum sp.</i>	<i>Coelastrum</i>	Sphaeropleales	Chlorophyceae	Chlorophyta
Não identificada	Não definido	Chroococcales	Cyanophyceae	Cyanobacteria

Figura 14: Imagens de alguns espécimes de diatomáceas (divisão Bacillariophyta) encontradas nos tanques experimentais. A; espécimes de diatomácea *Fragilaria sp.* pertencente ao gênero *Fragilaria*, foi encontrada apenas em um tanque de Controle (CA) no primeiro mês. B; dois espécimes de *Fragilaria sp.*, unidas em vista conectival. C: diatomácea da espécie *Gomphonema gracile* pertencente ao gênero *Gomphonema* em vista valvar, registrada em todos os tanques. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.

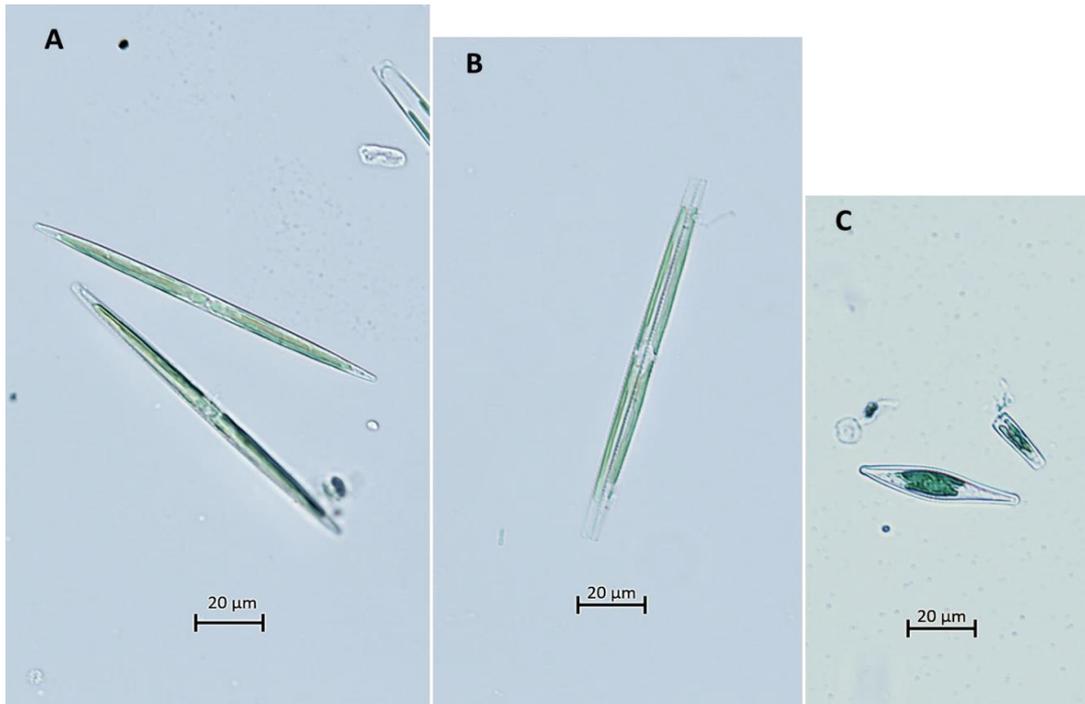


Figura 15: Imagens de alguns espécimes de Chlorophytas encontradas nos tanques experimentais. A; Chlorophyta pertencente ao gênero *Desmodesmus*, encontrado majoritariamente nos tanques de Controle. B; Chlorophyta pertencente à ordem Sphaeropleales e gênero não identificado, foi encontrada em todos os tanques experimentais. C; Chlorophyta pertencente ao gênero *Coelastrum*, foi encontrada apenas nos tanques de controle. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.

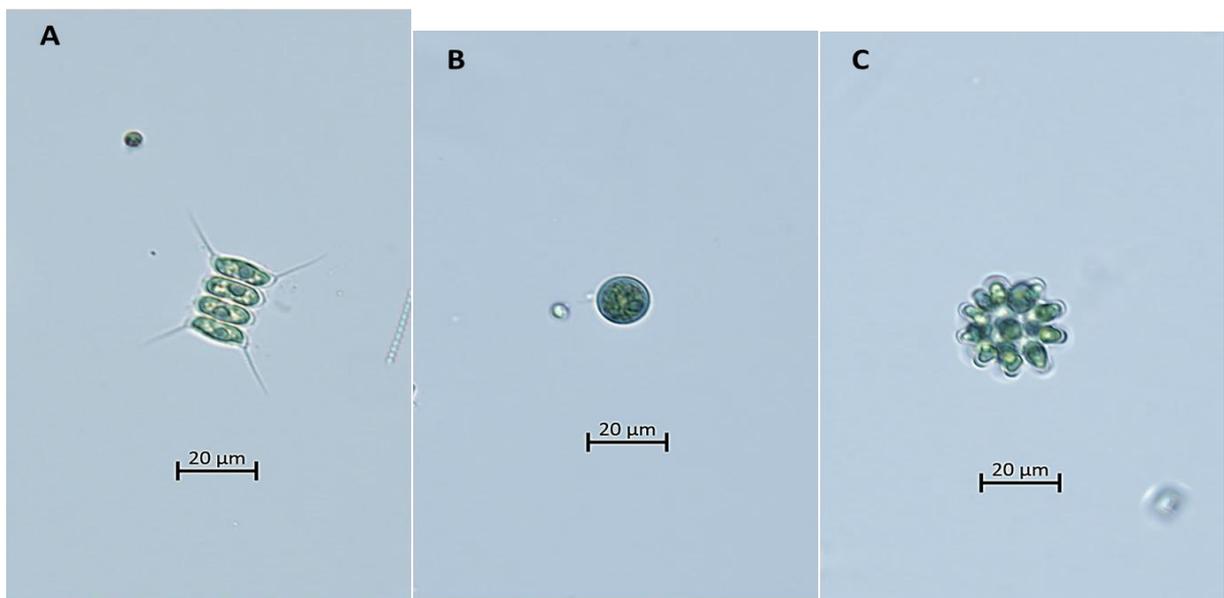


Figura 16: Cianobactérias encontradas nos tanques experimentais obtidas através de microscopia óptica. A e B; Cianobactérias pertencentes ao gênero *Phormidium*. Foram registradas apenas em um tanque de tratamento (TB). B; Cianobactéria pertencente à classe Cyanophyceae e ordem Chroococcales, foi encontrada em todo período de amostragem e em todos os tanques experimentais. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.

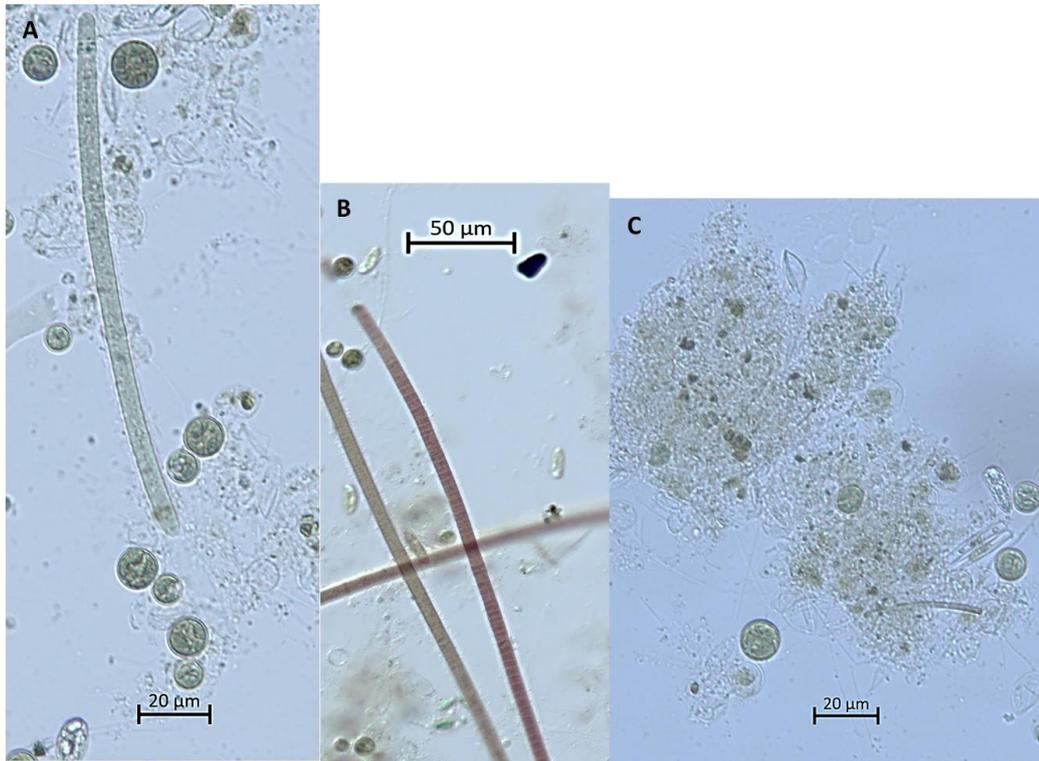


Figura 17: Espécime de *Oedogonium sp.* (divisão Chlorophyta) encontrado em todo período de amostragem e em todos os tanques experimentais, imagens obtidas através de microscopia óptica. A; *Oedogonium sp.*, detalhe do apressório terminal de fixação presente na célula basal do filamento. B; Filamento maior de *Oedogonium sp.*, detalhe mostrando cloroplastídios. Fonte: fotografias de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.

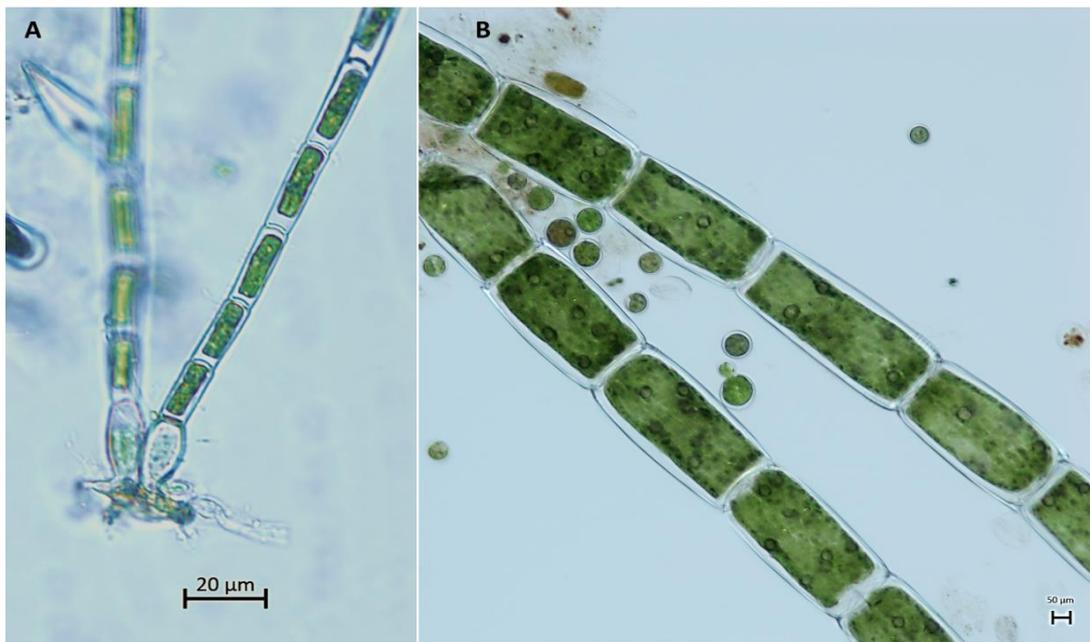


Figura 18: figura A; cadeia de diatomáceas do gênero *Gomphonema* reunidas em vista pleural. B; diatomáceas do gênero *Gomphonema* ligadas a pedúnculos mucilaginosos de fixação. Fonte: fotografias

de autoria própria obtidas através de microscopia óptica computadorizada em microscópio invertido com câmera acoplada Zeiss.



Os índices de diversidade para dados totais da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos nos tanques experimentais estão descritos na tabela três. O índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') para os valores totais de grupos de algas identificados nos tanques Tratamento e Controle agrupados, apresentou os seguintes valores respectivamente; 1,303 e 1,502. Riqueza apresentou os valores de 6 para os tanques de Tratamento e 7 para os tanques de Controle, os valores de dominância foram 0,3352 para o tanque Tratamento e 0,2561 para o tanque Controle. A equitabilidade mostrou valores próximos entre os tanques, para os tanques de Tratamento o valor de equitabilidade foi de 0,7271 e para os tanques de Controle o valor foi de 0,7719.

Tabela 3: Índices de diversidade (diversidade de Shannon; riqueza, dominância e equitabilidade) para dados totais da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos nos tanques experimentais. Os dados dos quatro tanques experimentais foram agrupados para Tratamento e Controle e foram analisados dados totais da comunidade.

Índices	Tanques Tratamento	Tanques Controle
Riqueza-S	6	7
Shannon-H	1,303	1,502
Dominância-D	0,3352	0,2561
Equitabilidade-J	0,7271	0,7719

Mensalmente, os tanques de controle apresentaram maiores valores de diversidade de Shannon, riqueza e equitabilidade, conseqüentemente, apresentaram menores valores de dominância. Já os tanques de Tratamento apresentaram valores menores de diversidade, riqueza e equitabilidade e maiores valores de dominância (Figura 19 e tabela 4).

Figura 19: Gráficos dos índices de diversidade de Shannon, riqueza, dominância e equitabilidade dos grupos de algas perifíticas nos tanques Tratamento TA e TB (tanques tratamento) e CA e CB (Tanques de Controle) temporalmente.

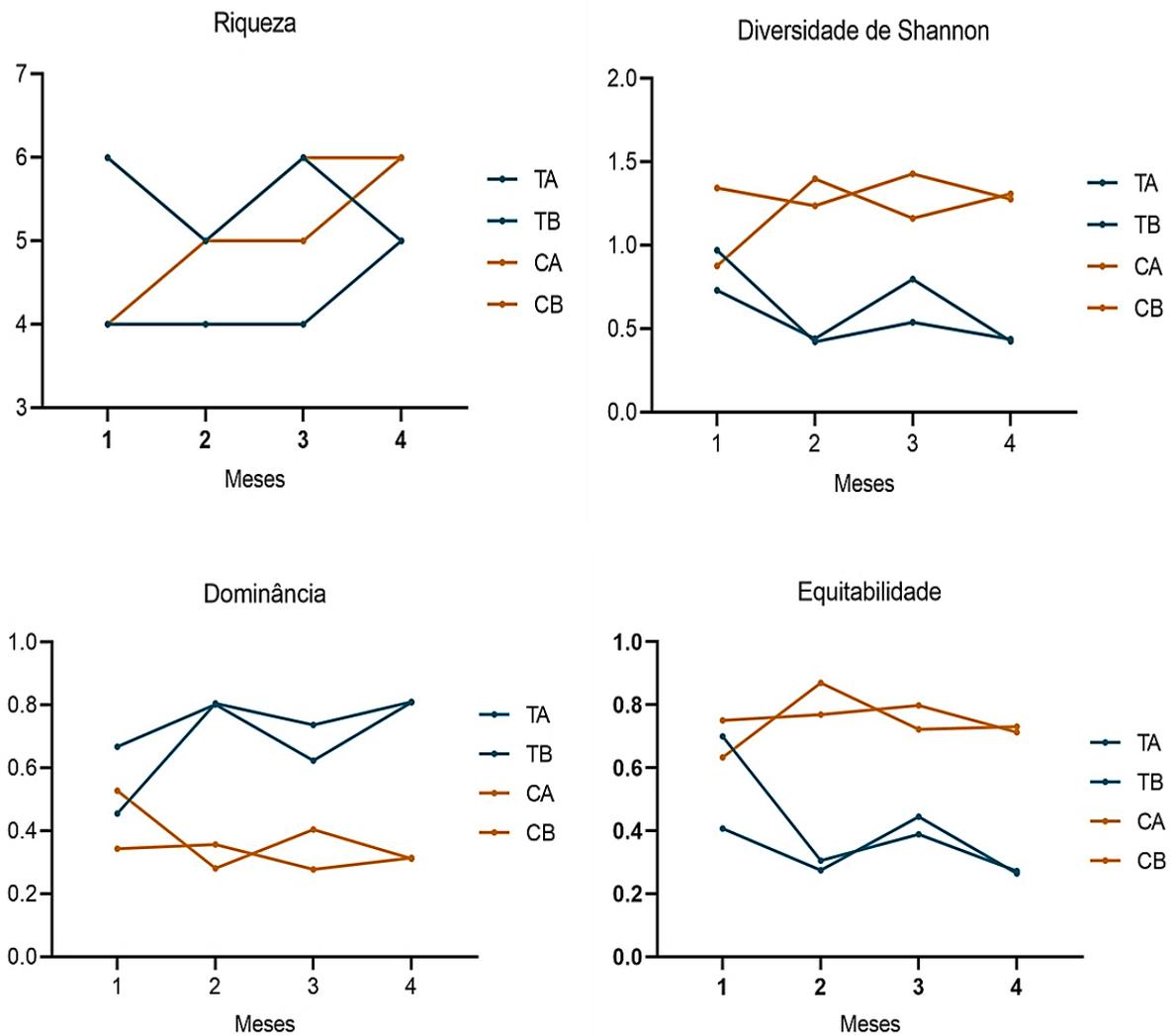


Tabela 4: Índices de diversidade (diversidade de Shannon; dominância, riqueza e equitabilidade) da comunidade ficoperifítica identificada nos substratos artificiais inseridos mensalmente nos tanques experimentais.

Diversidade de Shannon				
Meses	TA	TB	CA	CB
1	0,9704	0,7301	1,344	0,8771
2	0,4232	0,4413	1,237	1,399
3	0,539	0,7967	1,43	1,162
4	0,4382	0,4255	1,277	1,309

Dominância				
------------	--	--	--	--

Meses	TA	TB	CA	CB
1	0,4556	0,668	0,3436	0,528
2	0,8055	0,8022	0,3575	0,2814
3	0,7372	0,6238	0,2782	0,4045
4	0,8101	0,8085	0,3144	0,3124

Riqueza				
Meses	TA	TB	CA	CB
1	4	6	6	4
2	4	5	5	5
3	4	6	6	5
4	5	5	6	6

Equitabilidade				
Meses	TA	TB	CA	CB
1	0,7	0,4075	0,7504	0,6327
2	0,3053	0,2742	0,7684	0,8692
3	0,3888	0,4447	0,7982	0,7222
4	0,2723	0,2644	0,7127	0,7308

4.6.2 Densidade total ficoperifítica

Os maiores valores totais de densidade ficoperifítica foram identificados nos tanques Tratamento TA (32.023,00-quarto mês) e TB (36.592,00- terceiro mês) e no tanque Controle CB (43.231,00- terceiro mês). O menor valor registrado foi identificado no tanque Controle CA (2.329,00- terceiro mês). Os valores médios de densidade total ficoperifítica (tabela 5) para os tanques de Tratamento foram 21.938,75 indivíduos por cm² (TA) e 25.866,50 indivíduos por cm² (TB). Para os tanques de Controle os valores médios foram de 8.744,88 indivíduos por cm² (CA) e 21.594,50 indivíduos por cm² (CB).

Tabela 5: Valores totais, médias \pm e desvio padrão (DP) da densidade total de algas perifíticas nos tanques Tratamento (TA e TB) e tanques Controle (CA e CB) ao longo dos meses de estudo. Fonte: autoria própria no programa Excel 2019.

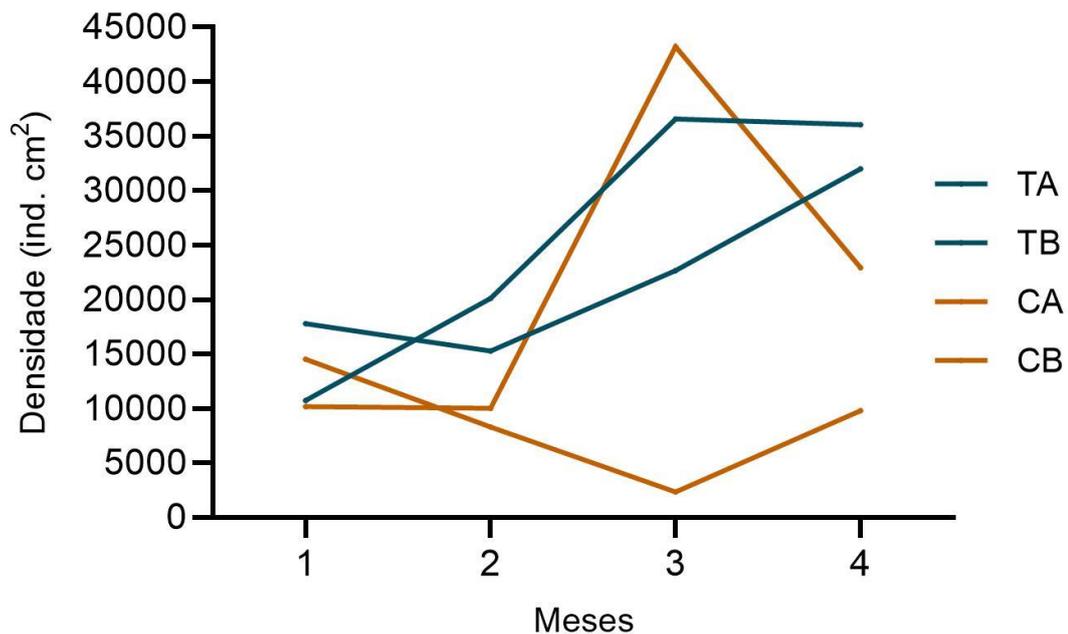
Meses	TA	TB	CA	CB
1	17.785,00	10.733,00	14.526,70	10.185,00
2	15.291,00	20.100,00	8.310,82	10.030,00
3	22.656,00	36.592,00	2.329,00	43.231,00
4	32.023,00	36.041,00	9.813,00	22.932,00
Médias \pm	21.938,75	25.866,50	8.744,88	21.594,50
DP	7385,8596	12660,07	5030,648	15640,13

O gráfico de variação temporal da densidade total ficoperifítica nos tanques experimentais (figura 20) mostra um padrão de elevação de valores de densidade nos tanques Tratamento (TA e TB) temporalmente, sem ocorrer muitas variações, apresentando um perfil próximo de elevação de valores. Os tanques de Controle apresentaram um padrão discrepante

de variação dos valores de densidade de algas ao longo dos meses estudados. O tanque CA apresentou um padrão de valores baixos de densidade ficoperifítica em todo o período estudado.

A análise de variância ANOVA mostrou que os dados de densidade total ficoperifítica não diferiram de forma significativa entre os tanques Tratamento e Controle (valor de $p=0,195$).

Figura 20: Gráfico de variação temporal da densidade total ficoperifítica por tanques expresso em número de indivíduos por cm^2 . Os valores de densidade foram arredondados para expressar melhor graficamente. TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.



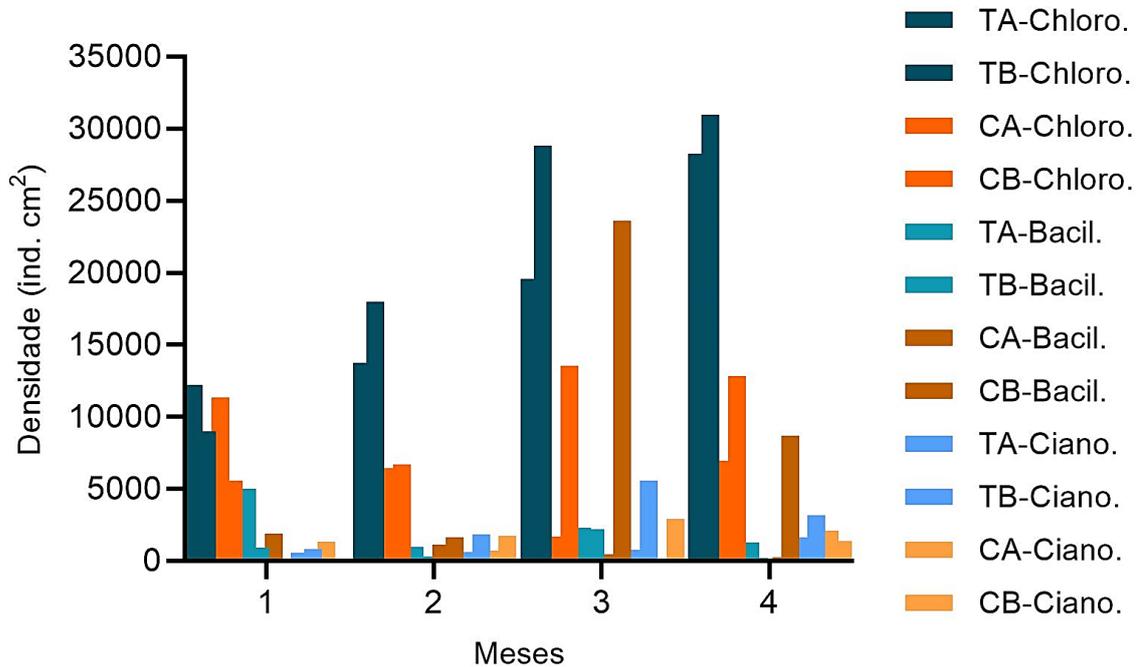
4.6.3 Densidade das Classes ficoperifíticas

A classe Chlorophyceae apresentou maiores valores de densidade em praticamente todo período amostrado, esses valores elevados da Classe Chlorophyceae ocorreram em todos os tanques, mas, especialmente nos tanques de Tratamento e nos meses finais (28.240,74 ind. cm^2 TA-mês 03 e 30.952,38 ind. cm^2 TB-mês 3) (figura 21). A classe Bacillariophyceae apresentou valores elevados apenas no tanque CB no terceiro mês de amostragem (23.593 ind. cm^2), porém, no mês seguinte os valores foram reduzidos (8.703,70 ind. cm^2).

No geral, a classe Chlorophyceae se apresentou predominante no que diz respeito à densidade em todos os tanques e em todo período analisado. A ANOVA mostrou não haver diferença significativa de densidade das classes ficoperifíticas entre os tanques tratamento e controle ($p=0,146$).

Figura 21: Gráfico de variação temporal da densidade de grupos da comunidade ficoperifítica por tanques expresso em número de indivíduos por cm^2 . Os valores de densidade foram arredondados para expressar melhor graficamente. TA e TB correspondem aos tanques Tratamento e CA e CB correspondem aos tanques Controle.

correspondem aos tanques Controle, (Chloro.) corresponde à classe Chlorophyceae, (Bacil.) corresponde à classe Bacillariophyta e (Ciano.) corresponde à classe Cyanophyceae.

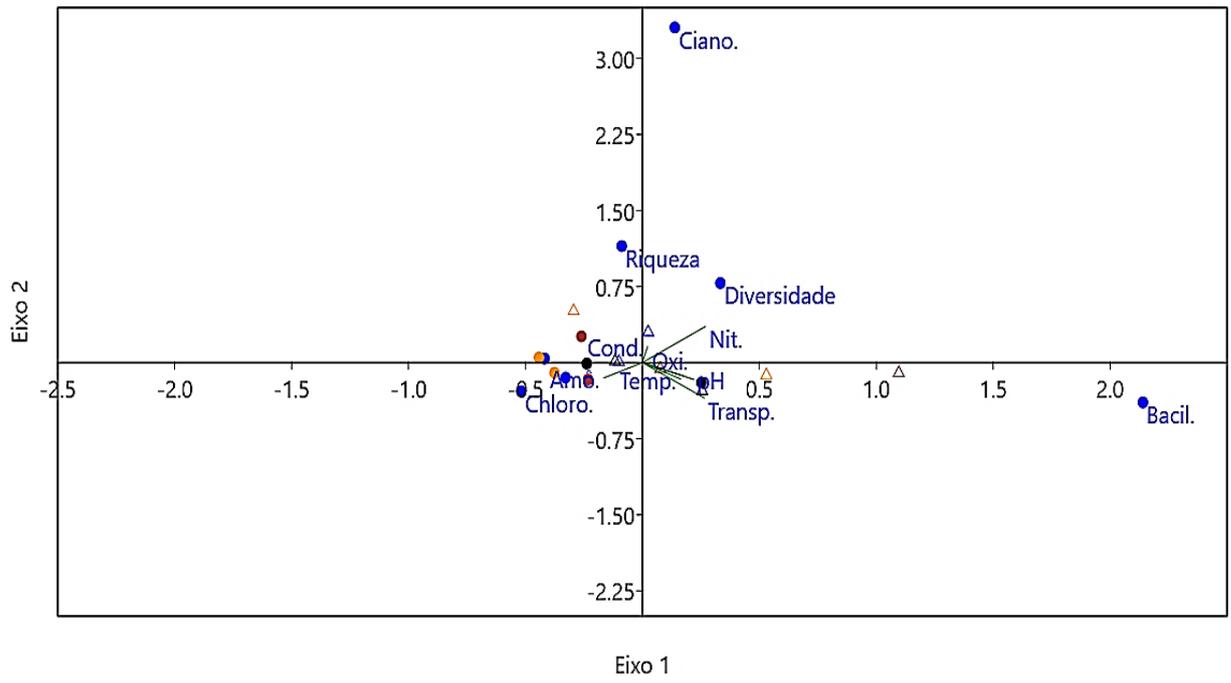


4.6.4 Análise de Correspondência Canônica entre parâmetros abióticos e bióticos

A análise de Correspondência Canônica (figura 22) para os parâmetros abióticos e a densidade de grupos ficoperifíticos dos tanques experimentais Tratamento e Controle apresentou no primeiro eixo 93,79% da variação dos dados. Os parâmetros; pH, transparência da água e nitrito, especialmente nos tanques de Controle, foram os parâmetros de maior importância neste eixo. Essa análise mostra também uma associação relativamente distante para a densidade do grupo Bacillariophyceae e Cyanophyceae das demais variáveis, destacando-se no eixo 2.

Ainda no eixo 1 é possível observar uma associação relativamente próxima do parâmetro amônia e a densidade do grupo Chlorophyceae nos tanques de Tratamento, assim como há uma associação relativamente próxima da diversidade ficoperifítica com o parâmetro nitrito nos tanques de Controle.

Figura 22: Ordenação triplot pela Análise de Correspondência Canônica (CCA) das unidades amostrais para os parâmetros abióticos; oxigênio dissolvido (Oxig.), temperatura (temp.), pH, condutividade (Cond.), transparência da água (Trans.), amônia (Amo.) e nitrito (Nit) e os valores de densidade dos grupos de algas; Chlorophyceae (Chloro), Bacillariophyceae (Bacil) e Cyanophyceae (Ciano), nos respectivos tanques experimentais Tratamento (pontos) e Controle (triângulos) no período de quatro meses. Os símbolos na cor preta representam o primeiro mês, em azul claro correspondem ao segundo mês, em vermelho ao terceiro mês e em laranja correspondem ao quarto mês.



05 DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros abióticos

Todos os parâmetros abióticos (exceto amônia) apresentaram valores dentro dos padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução Conama (Conama, 2005) e também dentro dos padrões indicados para piscicultura (Baldisseroto, 2013). Os parâmetros oxigênio dissolvido, temperatura, pH e transparência da água tiveram redução nos seus valores ao longo do período amostrado, em oposto, amônia e condutividade elétrica apresentaram elevações em seus valores nas semanas finais, essas alterações podem tornar o ambiente aquático suscetível a problemas, causar estresse aos organismos cultivados e susceptibilidade a infecções (Boyd, 2017).

Os altos valores de amônia no meio foram resultantes principalmente do estado do ambiente de cultivo, caracterizado por alto grau de decomposição orgânica, condição resultante do aumento da biomassa dos peixes, conseqüentemente aumento de excreção e acumulação de possíveis sobras de ração, liberando amônia no sistema (Hu et al., 2012). Todos os fatores descritos são imprescindíveis para a deterioração da qualidade de água e o favorecimento de infecções. Foi o que ocorreu em um tanque Controle (CB) na última semana de amostragem, houve uma grande mortalidade de peixes ocasionada provavelmente por doença bacteriana.

Os valores de nitrito mais baixos foram registrados nos tanques Tratamento com hidroponia de *Acmella oleracea* demonstrando que para esse parâmetro a hidroponia pode ter sido favorável, o nitrito transforma-se rapidamente em nitrato (Costa, 2017) e então é absorvido pelas raízes das plantas (Bredemeier & Mundstock, 2000), dessa forma, os menores valores de nitrito nos tanques tratamentos indicam que o nitrito pode ter sido transformado em nitrato e assimilado pelas plantas presentes em hidroponia (Carelli & Fahl, 1991).

Em contrapartida, para o parâmetro amônia a hidroponia não causou alterações positivas, talvez o tamanho das camas de cultivo e a quantidade de Jambú aplicados para este estudo não foram suficientes para reduzir valores de amônia nesse sistema de cultivo. Aconselho que o tamanho das camas hidropônicas seja equivalente ao tamanho dos tanques ou que o volume de vegetais inseridos seja equivalente ao volume de água do tanque como foi sugerido por Diver (2006) em que a proporção de volume da água e dos vegetais sugerida é de 1:1 ou 1:4.

É importante ressaltar também que em alguns períodos do estudo tivemos problemas com a predação dos vegetais (final do segundo mês e terceiro mês), dessa forma, tínhamos que repor mais de uma vez os vegetais nas camas hidropônicas, fato que pode ter prejudicado a eficiência deste sistema.

5.2 Ficoperifíton

Os resultados relacionados à diversidade ficoperifítica mostraram anteriormente a predominância da classe Chlorophyceae (algas verdes) em todos os tanques experimentais, assim como a abundância relativa maior de gêneros de algas da divisão Chlorophyta. Essa prevalência pode ser explicada pelos valores elevados de Amônia no meio. Luttenton & Lowe (2006) mostraram o favorecimento da predominância de Chlorophyta em maior concentração molar de nitrogênio.

A maior contribuição da classe Chlorophyceae também foi relatada em outros estudos, tanto experimentais, quanto em ambientes naturais, além disso nesses estudos foi relatada associação direta dessa predominância de algas verdes com maior concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio (Almeida & Fernandes, 2012; Blanco et al., 2008; Denicola et al., 2006; Ferragut & Bicudo, 2009).

Domingues et al. (2011) relataram que o aumento da entrada de nitrogênio em forma de amônio ocasionou mudança na composição da comunidade fitoplanctônica, em direção a uma predominância de cianobactérias e algas verdes (Chlorophyta). Neste estudo houve a predominância apenas da classe de Chlorophyta, apesar da presença de cianobactérias, sua ocorrência foi baixa em comparação com as demais classes.

Essa predominância de Chlorophyta pode ter sido ocasionada então pela presença de altos valores de amônia no meio, uma vez que a análise de correspondência canônica demonstra haver essa associação, levando a conclusão de que este parâmetro pode ter influenciado a predominância desse grupo ficoperifítico.

Em vários estudos com o perifíton é relatado que as diatomáceas (divisão Bacillariophyta) possuem grande contribuição (Adame et al., 2018; Fonseca et al., 2009), isso porque possuem adaptações que proporcionam aderência a substratos (Wehr & Sheath, 2003; Castro, 1999;), dessa maneira, seria esperado haver uma grande contribuição de diatomáceas no perifíton. No entanto, neste estudo, a Classe Bacillariophyceae foi pouco representativa.

É interessante citar que no mês de outubro a contribuição percentual de diatomáceas aumentou, especificamente do gênero *Gomphonema*. Os organismos do gênero *Gomphonema* são muito comuns em comunidades do perifíton (Azevedo et al., 2018) já foram descritos como tolerantes à poluição orgânica (Kobayasi & Mayama, 1989) e estão fortemente associados a ambientes com altas concentrações de nutrientes (Stelzer & Lamberti, 2001; Lobo et al., 2002).

A baixa representatividade de diatomáceas pode ser atribuída justamente à elevada disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica em decomposição (Poniewozik et al., 2020). Assim como, por serem caracterizados como sistemas lênticos e artificiais. Dessa maneira, essa

classe pode não ter seu desenvolvimento favorecido justamente por serem sistemas artificiais, lênticos e detentores de características pouco propícias para esse grupo de algas. Tendo em vista que as diatomáceas possuem requerimentos específicos e são predominantes em ambientes lóticos (Moresco & Rodrigues).

As características apresentadas pelos sistemas aquapônicos analisados neste estudo favorecem a dominância de algas verdes e em muitos casos de cianobactérias justamente pela afinidade com concentrações elevadas de nutrientes, como o nitrogênio (Reynolds, 2006).

As cianobactérias se adaptaram ao longo do tempo aos mais diversos habitats, podem ser reportadas em praticamente todos os ambientes, inclusive os mais extremos (Franceschini et al., 2010). São organismos procariontes com potencial para produção de toxinas, muitos gêneros da divisão Cyanobacteria estão relacionados à produção de potentes toxinas (Apeldoorn et al., 2007). Esses organismos tendem a ter seu desenvolvimento favorecido em ambientes aquáticos de pouca mistura e com concentração de nutrientes elevada (Whitton & Potts, 2002; Bellinger & Sigee, 2011).

A classe Cyanophyceae é comumente encontrada em tanques de piscicultura, formando-se extensivamente devido à elevada disponibilidade de nutrientes e altas temperaturas presentes no ambiente de cultivo (Wehr e Sheath, 2003). Neste estudo houve a presença de dois grupos de cianobactérias apenas; filamentosas do gênero *Phormidium* ocorrendo em apenas um tanque (tratamento) e colônias de cianobactérias da ordem Chroococcales ocorrendo em todos os tanques, entretanto, no geral, as cianobactérias apresentaram baixa representatividade em todos os tanques e todo período amostrado.

A densidade de algas apresentou elevação temporal nos tanques tratamento (TA e TB) e no tanque controle CB ao mesmo tempo que amônia apresentou elevação drástica de valores nestes tanques. Esse aumento da densidade concomitante com o aumento de amônia induz à conclusão de que os valores elevados deste composto nitrogenado foram determinantes para aumento da densidade de algas. Kozak et al. (2014) em um estudo sobre a composição do fitoplâncton em um lago na Polônia relata que as altas concentrações de nitrogênio no meio impulsionam o desenvolvimento de algas, resultando em valores elevados de densidade.

Apenas o tanque controle CA apresentou declínio nos valores de densidade de algas temporalmente, essa diminuição pode ter sido ocasionada pela presença de menores valores de amônia nesse tanque especificamente, mas, também pode ter sido ocasionada por pastoreio e turbulências na água que podem causar desprendimento do perifíton dos substratos (Torgan, et al., 2013).

Em um estudo realizado por Azim et al. (2003) para determinar os efeitos da pressão do pastoreio da espécie *Oreochromis niloticus* (Tilápia) sobre a biomassa do perifíton em tanques circulares mostrou que nos tratamentos com tilápia a biomassa do perifíton apresentou declínio logo após a introdução dos peixes, demonstrando que o pastoreio causou relevantes impactos na biomassa do perifíton.

Com relação à diversidade de algas nos tanques experimentais não foi determinada uma alta diversidade de algas uma vez que se trata de um ambiente artificial, mesmo assim, houve uma diferença nos valores dos índices de diversidade, porém, os melhores valores foram registrados para os tanques controle. A dominância foi maior nos tanques Tratamento e a equitabilidade mostrou que os tanques Tratamento e Controle apresentaram semelhança entre os grupos de organismos analisados.

A baixa diversidade pode ser explicada pelo mesmo fator descrito anteriormente, teores elevados de amônia no meio causados pela decomposição de restos de ração e excreção de peixes (Hu et al., 2012). Em um estudo sobre a diversidade de microalgas bentônicas em resposta ao tempo de colonização e eutrofização realizado por Hillebrand & Sommer (2000) foi demonstrado que quando ocorre aumento de nutrientes no meio a diversidade é reduzida e ocorre dominância de um determinado grupo de microalgas. A diversidade limitada de algas, diz muito a respeito do estado do ambiente, baixa diversidade pode indicar alto grau de estresse a qual determinado sistema está submetido (Zaghloul et al., 2020).

06 CONCLUSÕES

O excesso de amônia nos tanques experimentais foi fator determinante para o aumento da densidade de algas, baixa diversidade e riqueza, além da predominância da classe Chlorophyceae, especialmente nos tanques de Tratamento. A aquaponia com *Acmella oleracea* causou redução nos valores de nitrito e diferenciações nos valores de transparência entre os tanques, porém, não causou redução de valores de amônia no meio assim como não resultou em diferenças significativas na densidade ficoperifítica. Por fim, afirmo que o tamanho das camas hidropônicas de jambu e a quantidade inserida nestes não foi suficiente para reduzir ou melhorar os valores de amônia no meio e causar alterações significativas na densidade de algas ficoperifíticas.

07 REFERÊNCIAS

- ADAME, K. L., DUNCK, B. E RODRIGUES, L. **Periphytic algal community in lentic environments of the Upper Paraná River floodplain: seasonal and spatial variation.** Acta Limnologica Brasiliensia, 2018, 30, e 205.
- ALMEIDA, S. Z. DE.; FERNANDES, V. DE O. **Periphytic algal biomass in two distinct regions of a tropical coastal lake.** Acta Limnologica Brasiliensia. 2012, vol. 24, no. 3, p. 244-254.
- APELDOORN, M. E.; EGMOND, H. P.; SPEIJERS, G. J. A & BAKKER, G. J. I. 2007. **Toxins of cyanobacteria.** Molecular Nutrition & Food Research, 51: 7-60.
- ARGUELLES, E. D. **Epixylic Algae in Periphyton Mats from Surfaces of Submerged Wood and Bamboo Poles of Fish Pens Found in Laguna de Bay (Philippines).** Science & Technology Asia, 26 (2), 184-196, 2021.
- AZEVEDO, J. DA S.; TALGATTI, D. M.; TORGAN, L. C.; PEREIRA, A. C.; MELO, S. DE. **O gênero Gomphonema (Bacillariophyta) na comunidade perifítica do rio e reservatório de Curuá-una (Santarém, Pará, Brasil).** Rodriguésia 69 (2): 765-776. 2018.
- AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; SINGH, M.; VAN DAM, A A.; BEVERIDGE, M. C. **The effects of periphyton substrate and fish stocking density on water quality, phytoplankton, periphyton and fish growth.** Aquaculture Research, 2003, 34, 685-695.
- BALDISSEROTTO, B. Crescimento. In: BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura.** 3. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM. Cap. 9, p. 231-342b, 2013.
- BATTIN, T. J.; KAPLAN, L. A.; NEWBOLD, J. D.; HANSEN, C. M. E. **Contributions of microbial biofilms to ecosystem processes in stream mesocosms.** Nature, 426, 439 e 442. 2003.
- BEIBEI HAO, HAOPING WU, QINGCHUAN CHOU, KE XU, YANPENG CAI. **Algal migration and nutrient enrichment contribute to patterns in phytoplankton versus epiphyton communities.** Science of The Total Environment, Volume 795, 2021.
- BELLINGER, E. G.; SIGEE, D. C. **Freshwater Algae: Identification and use as Bioindicators.** WILEY-BLACKWELL, Chichester, UK. (2011).
- BELLINGER, E. G.; SIGEE, D. C. **Freshwater algae: identification and use as Bioindicators.** WileyBlackwell, Chichester, UK, 271 p. 2010.
- BICUDO, C. E. DE M; MENEZES, M. **Gêneros de algas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições.** São Carlos, SP: editora Rima, 502 p. 2005.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M., 2006. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: chave para identificação e descrições.** RiMa, São Carlos, 502 pp.
- BIGGS, B. J. F. **The contributions of flood disturbance, catchment, geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems.** Freshwater Biology 33: 419-438, 1995.

- BIOLO, E.; RODRIGUES, L. **Composição de algas perifíticas (exceto Bacillariophyceae) em distintos substratos naturais de um ambiente semilótico, planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil.** *Brazilian Journal of Botany*, 34(3): 307-319, 2011.
- BLANCO, S.; ROMO, S.; FERNANDEZ-ALAEZ M. & BÉCARES, E. 2008. **Response of epiphytic algae to nutrient loading and fish density in a shallow lake: a mesocosm experiment.** *Hydrobiologia* 600:65-76.
- BOËCAHT, I. G. **Modificações na composição bioquímica do seston no reservatório da Pampulha, MG, ao longo de ciclos nictemerais, com ênfase na comunidade fitoplanctônica.** 2000, f. 68-69. Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.
- BORGES, L. S.; GUERRERO, A. C.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. **Produtividade e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu, sob adubação orgânica e mineral.** *Revista Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 1, p. 83-94, 2013.
- BOYD, C. E. **Water quality in ponds for aquaculture.** Alabama: Agricultural Experiment Station. 480 p. 1990.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. **Regulation of nitrogen absorption and assimilation in plants.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BRENNAN L. E OWENDE P. **Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 557-577. 2010.
- BRINKMANN, W. L. F.; DOS SANTOS, A. 1971. **Natural waters in Amazonia.** *Amazoniana*, 2:443- 448, 1971.
- BROWN, M. R.; JEFFREY, S.W.; VOLKMAN, J. K.; DUNSTAN, G. A. **Nutritional properties of microalgae for mariculture.** *Aquaculture*, v. 151, n. 1-4, p. 315-331. may, 1997.
- BURLIGA, A. L.; SCHWARZBOLD, A. **Perifíton: Diversidade taxonômica e Morfológica.** Livro ecologia do perifíton. São Carlos. Rima editora, 2013. Páginas 2-6. 413 p. il.
- C. S. REYNOLDS; J. PADISÁK & U. SOMMER. **Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis.** *Hydrobiologia*, Springer. 1993.
- CALIJURI, M. DO C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS DOS A. C. A. **Cianobactérias e Cianotoxinas em águas continentais.** SÃO CARMO-RIMA. 2006.
- CAMPBELL, J. W. **Nitrogen excretion.** In: *Comparative Animal Physiology*, pp. 279-316 (Prosser, C. L., Ed), Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1993.
- CARDOSO, M. O.; GARCIA, L. C. **Jambu.** In: **CARDOSO, M.O. (Coord.) Hortaliças não convencionais da Amazônia.** Manaus, EMBRAPA, CPAA. p.133-140, 1997.

- CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I. **Distribuição da assimilação de nitrato e de matéria seca em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio.** *Bragantia*, Campinas, 50 (1): 29-37. 1991.
- CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; NUNES, M. U. C.; FUJIMOTO, R. Y. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais.** In: Tavares Dias, M.; Mariano, W.S. (Org.). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas.* 1 ed. São Carlos: Pedro & João, 2015, v. 2, p. 683-706.
- CASTRO, J. G. D. **Composição da Comunidade de diatomáceas perifíticas do rio Jaú, Amazonas, Brasil.** *Acta Amazonica*, v.4, p. 583-606. 1999.
- CELLAMARE, M.; MORIN, S.; COSTE, M. & HAURY, J.: **Ecological assessment of French Atlantic lakes based on phytoplankton, phyto-benthos and macrophytes.** - *Environ. Monit. Assess.* 184: 4685-4708. 2012.
- CHISTY, Y. **microalgae: our marine forests. book reviews.** RICHMOND, A. (ed). *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology.* oxford: blackwell science, 566p. 2004.
- CHORUS, I., BARTRAM, J. 1999. **Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management.** E & FN SPON, New York. 416p.
- CLAUDE E. BOYD. **Chapter 6 - General Relationship Between Water Quality and Aquaculture Performance in Ponds,** Editor(s): Galina Jeney. *Fish Diseases*, Academic Press, 2017.
- CONAMA. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- nº 357,** de 17 de março de 2005, publicada no Diário Oficial da União de 18 de março de 2005, Seção 1, páginas 58 a 63.
- COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. **A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais.** *REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA*, v. 10, n. 2, 2017.
- COSTA, O. T. F.; FERREIRA, D. J. S.; MENDONÇA, F. L. P.; FERNANDES, M. N. **Susceptibility of the Amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminae), to short-term.** *Aquaculture*, 232: 627 – 636, 2004.
- COSTA-MENDONÇA, G.; MENDONÇA NETO, N. A.; COSTA, R.C.A.; DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J. & COLOMBO-CORBI. **Perifiton e estado trófico em dois mananciais de abastecimento em araraquara (sp).** V. 4 BRAZ. *J. Aquat. Sci. Technol.* 22 (1). 30. 2018.
- DENICOLA, D. M.; EYTO, E.; WEMAERE, A.; IRVINE, K. 2006. **Periphyton responses to nutrient addition in 3 lakes of different benthic productivity.** *Journal of the North America Benthological Society*, vol. 25, no. 3, p. 616-613. [http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[616:PRTNAI\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[616:PRTNAI]2.0.CO;2).
- DIAS-KOBERSTEIN, C. R.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. **Comportamento alimentar de alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, por meio das observações do tempo de retorno do apetite e do tempo de saciação dos peixes em duas temperaturas de cultivo.** *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 26:339-344. 2004.

DIEZ, B., ININBERGS, K. **Ecological importance of Cyanobacteria.** *Cyanobacteria*, 106, 41-63. 2014.

DIVER, S. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture.** National Sustainable Agriculture Information Service, 2006. 28p.

EDWARDS, K. F., E. LITCHMAN, & C. A. KLAUSMEIER. **Functional traits explain phytoplankton community structure and seasonal dynamics in a marine ecosystem.** *Ecology letters* 16: 56–63. 2013.

ELER, M. N.; CECARELLI, P. S.; BUFON, A. G.; M. ESPÍNDOLA, E. L. G. **Mortandade de peixes (matrinxã, Brycon cephalus, e pacu, Piaractus mesopotamicus) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil.** *Boletim Técnico do CEPTA, Pirassununga*, 14: 35-45. 2001.

ELKIS, I. C. & BICUDO, C. E. M. **Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.** *Algas*, 23: Oedogoniophyceae. *Hoehnea*, v. 33, n. 4, p. 511-520, 2006.

ESTEVEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Editora Interciência, Rio de Janeiro. 1999.

ESTEVEVES, F. A.; AMADO, A. M. **Nitrogênio.** 239 – 258 pp. **In: Fundamentos de Limnologia.** 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, RJ. 790p. 2011.

FAVORETO, R.; GILBERT, B. **Acmella oleracea (L.) R. K. Jansen (Asteraceae) – Jambu.** *Revista Fitos*. Vol. 5 N°01, 2010.

FERRAGUT, C.; BICUDO, D. C.; VERCELINO, I. S. **Amostragem e medidas de estrutura da comunidade perifítica.** Livro ecologia do perifíton. São Carlos. Rima editora, 2013. Páginas 157-177. 413 p. il.

FERRAGUT, C. and BICUDO, D. C. 2009. **Efeitos de diferentes níveis de enriquecimento por fósforo sobre a estrutura da comunidade perifítica em represa oligotrófica tropical (São Paulo, Brasil).** *Revista Brasileira de Botânica*, vol. 32, no. 3, p. 569-583.

FERRAGUT, C.; BICUDO, D. C. **Effect of N and P enrichment ofn periphytic algal community sucession in a tropical oligotrophic reservoir.** *Limnology*, v. 13, p. 131-141., 2012.

FINKEL, Z. V., J. BEARDALL, K. J. FLYNN, A. QUIGG, T. A. V REES, & J. A. RAVEN. **Phytoplankton in a changing world: Cell size and elemental stoichiometry.** *Journal of Plankton Research* 32: 119–137. 2010.

FONSECA, I. A.; SIQUEIRA, N. S.; RODRIGUES, L. **Algas perifíticas a montante e a jusante do local de instalação de tanques-rede em tributários do reservatório de Rosana, Estado do Paraná, Brasil.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Maringá, v. 31, n. 2, p. 135-141, 2009.

FRANCES, J. L.; GEOFF, A.; BARBARA, F.N. **The effects of nitrite on the shor´-term growth of silver perch (Bidyanus bidyanus).** *Aquaculture*, 163: 63-72, 1998.

- FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B. de; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. **Algas: Uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Porto Alegre: Artmed, 332p. 2010.
- GULZAR, A.; MEHMOO, M. A.; CHAUDHARY, R. **Stream periphyton community: a brief review on ecological importance and regulation**. International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture, v. 3, n. 9, p. 64- 68, 2017.
- GUSMÃO, M.T.A.; GUSMÃO, S.A.L. **Jambu da Amazônia *Acmella oleracea*[(L) RK Jansen**. Carc. Gerais Belém: UFRA: 2013.
- HAKANSON, L., AND BOULION, V. V. **The lake Foodweb – Modelling Predation And Abiotoc/Biotic Interactions**. Leiden: Backhuys Publishers. 2002.
- HAMMER, O.; HAPER, D. A. T.; RYAN, P. D; PAST: **Paleontological Statistics software package for education and data analisys**. Paleontologia Electronica, v.4, p.1-9, 2001.
- HILL, W.R. & LARSEN, I.L. **Solar radiation alters heavy metal concentrations in microalgal biofilms through growth dilution**. Environmental Science Technology 39: 1513–1518. 2005.
- HILL, W.R., FANTA, S.E. & ROBERTS, B.J. **Quantifying phosphorus and light effects in stream algae**. Limnology and Oceanography 54:1: 368–380. 2009.
- HOAGLAND, K.D.; ROEMER, S.C. & ROSOWSKI, J.R. **Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (*Bacillariophyceae*)**. American Journal of Botany 69: 188-213. 1982.
- HODOKI, Y. **Effects of solar ultraviolet radiation on the periphyton community in lotic systems: comparison of attached algae and bacteria during their development**. Hydrobiologia 534: 193-204. 2005.
- HU, Z.; LEE, J. W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; KHANAL, S. K. **Nitrous Oxide (N₂O) Emission from Aquaculture: A Review**. Environmental Science Technology, Easton, v. 46, p. 6470–6480, 2012.
- HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. **Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.2., p.52-61, dezembro, 2013.
- HURTADO, F. B.; FIGUEIREDO, F. M.; COSTA, R. L. DA; BOMFIM, S. C.; QUEIROZ, C. B. DE; PONTES, W. P. **Parâmetros limnológicos em viveiros de piscicultura semi-intensiva de tambaqui com abastecimento em disposição sequencial**. Rev. Agro. Amb., v. 11, n. 1, p. 9-30, jan./mar. 2018.
- HUSZAR, V. L. M. E CARACO, N. F. **The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes**. Freshwater Biology, n. 40, p. 679-696. 1998.
- HUSZAR, V. L. M. et al. **Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters**. Hydrobiologia, Dordrecht, v. 424, p. 67-77, 2000.

- HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**. John Wiley & Sons, New York. 1975.
- IMBIRIBA, E. P.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. & MOURA CARVALHO, L. O. D. **Parâmetros ambientais e qualidade de água na piscicultura**. EMBRAPA, 8, 1-4. 2000.
- KALSCHEUR, K. N.; ROJAS, M.; PETERSON, C. G.; KELLY, J. J.; AND GRAY, K. A. **Algal exudates and stream organic matter influence the structure and function of denitrifying bacterial communities**. *Microb. Ecol.* 64, 881–892. doi: 10.1007/s00248-012-0091-1. 2012.
- KOBAYASI, H. & S. MAYAMA, 1989. **Evaluation of River Water Quality by Diatoms**. *The Korean Journal of Phycology* 4: 121-133.
- KOMÁREK. J. Coccoid and colonial cyanobacteria. In :WEHR, J. D.; SHEATH, R.G. (Eds.). **Freshwater algae of North America: Ecology and classification**. Amsterdam: Academic Press, 2003. cap. 3, p. 59-116.
- KOZAK, A.; MADURA, K. K.; GODYN, R.; CZART, A. **Phytoplankton composition and physicochemical properties in Lake Swarzędzkie (midwestern Poland) during restoration: Preliminary results**. *Arch. Pol. Fish.* 22: 17-28, 2014.
- L.W. NGATIA, Y.P. HSIEH, D. NEMOURS, R. FU, R.W. TAYLOR. **Potential phosphorus eutrophication mitigation strategy: biochar carbon composition, thermal stability and pH influence phosphorus sorption**. *Chemosphere*, 180, pp. 201-211. 2017.
- LI, L.; ZHENG, B.; LIU, L. **Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: Definitions, approaches and trends**. *Procedia Environmental Sciences.* 2: 1510–1524. 2010.
- LIMA, C. L.; HOLANDA, E. D.; RIBEIRO, L. P. **Doença no sangue marrom de tilápias, *Oreochromis sp*, produzidas em recirculação**. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal.* V. 2, n. 1, p. 35 – 42, 2008.
- LITCHMAN, E., & C. KLAUSMEIER. **Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton**. *Annual Review of Ecology and Systematics* 39: 615–639. 2008.
- LITCHMAN, E., P. DE TEZANOS PINTO, C. A. KLAUSMEIER, M. K. THOMAS, & K. YOSHIYAMA. **Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton**. *Hydrobiologia* 653: 15–28. 2010.
- LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L.; BENDER, P. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como bioindicadores da qualidade da água em rios e arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, Rs, Brasil**. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2002; 127 p.
- LOCK, M. A.; WALLACE, R.R.; COSTERTON, J. W.; VENTULLO, R.M. & CHARLTON, S.E. **River epilithon: toward a structural - funcional model**. *Oikos* 42: 10-12. 1984.
- LORENSINI, P.; KRUPEK, R.A.; IATSKIU, P. **Gêneros de algas fitoplanctônicas em tanques de piscicultura em União da Vitória, Paraná**. *Luminária, União da Vitória*, v. 20, n. 01, p. 06–18, jan/ jun. 2018.
- LORENZEN, C. J. **Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations**. *Limnol. oceanogr.* V. 12 p.343-346. 1967.

LOURENÇO, JN DE P.; MALTA, JC DE O.; DE SOUSA, FRANCISNEIDE NEVES. **A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura.** Embrapa Amazônia Ocidental-Séries anteriores (INFOTECA-E), 1999.

LOWE, R. L.; PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: R. J. STEVENSON; M. L. BOTHWELL & R. L. LOWE (eds). **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems.** Academic Press, San Diego, pp. 705-739. 1996.

LUTTENTON, M. R. and LOWE, R. L. **Response of a lentic periphyton community to nutrient enrichment at low N:P ratios.** Journal of Phycology, vol. 42, no. 5, p. 1007-1015. 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2006.00254x>.

MACEDO, C. F. **Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Jaboticabal-SP 135 p., 2004.

MENSI, P., A. ARILLO, C. MARGIOCCO, AND G. SCHENONE. **Lysosomal damage under nitrite intoxication in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.).** Comp. Biochem. Physiol. 73C:161165. 1982.

MORESCO, C.; RODRIGUES, L. **O perifíton como biotecnológico em rios.** Livro ecologia do perifíton. São Carlos. Rima editora, 2013. Páginas 148-155. 413 p. il.

MOSCHINI-CARLOS, V. **Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais.** In: POMPÊO, M. L. M. (ed.) Perspectivas da Limnologia no Brasil, São Luís: Gráfica e Editora União, 198 pg., 1999.

NASCIMENTO, L. E. S.; ARRIOLA, N. D. A.; SILVA, L. A. L. DA.; FAQUETI, L.G.; SANDJO, L. P.; ARAÚJO, C. E. S. A.; BIAVATTI, M. W.; BARCELOS-OLIVEIRA, J. L.; AMBONI, R. D. M. C. **Phytochemical profile of different anatomical parts of jambu (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen): A comparison between hydroponic and conventional cultivation using PCA and cluster analysis.** Food Chemistry, Volume 332, 2020, 127393. ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127393>.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo.** Guaíba: Agropecuária. 211 p. 1998.

PAERL, H. W. E TUCKER, C.S. **Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds.** Journal of the Aquaculture Society, 26 (2). 1995.

PAPPAS, J. L.; STORMER, E. F. **Quantitative method for determining a representative algal sample count.** J. Phycol, v 32, p. 693-696, 1996.

PATRICK, R. & REIMER, C.W. **The diatoms of United States. Vol.1 - Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnantheaceae, Naviculaceae.** Acad. Nat. Sci. Philadel. Monogr.13:1-688. 1966.

PONIEWOZIK, M.; DUANGJAN, K.; PEKKOH, J.; WOŁOWSKI, K. **Algae of bromeliad phytotelmata in the Queen Sirikit Botanical Garden, Chiang Mai, Thailand.** Phytotaxa 432:17–37. (2020). <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.432.1.2>

POTRICH, F. R.; SIGNOR, A. A.; DIETERICH, T. G. **Estabilidade e lixiviação de nutrientes com rações de diferentes níveis protéicos.** v.4, n.3, p.77-87, 2011.

POULÍČKOVÁ, A., DVOŘÁK, P., MAZALOVÁ, P. & HAŠLER, P. **Epipellic microphototrophs: an overlooked assemblage in lake ecosystems.** *Freshwater Science* 33 (2):513–523. 2014.

R. B. DOMINGUES; A. B. BARBOSA; U. SOMMER; H. M. GALVÃO. **Ammonium, nitrate and phytoplankton interactions in a freshwater tidal estuarine zone: potential effects of cultural eutrophication.** *Aquat Sci* 73: 331–343. 2011.

RAKOCY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture.** SRAC Publication, v.454, p.1-16, 2006

REBOUÇAS, P. M.; LIMA, L. R. DE.; DIAS, I. F.; FILHO, J. A. D. B. **Influência da oscilação térmica na água da piscicultura.** *J Anim Behav Biometeorol* v.2, n.2, p.35-42, 2014.

REED, R. H., STEWART, W. D. P. **Osmotic adjustment and organic solute accumulation in unicellular Cyanobacteria from freshwater and marine habitats.** *Marine Biology*, 88(1), 1-9, 1985.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: Oportunidades Econômicas sustentáveis.** Manaus: INPA. 405p. 2001.

REYNOLDS, C. S. **Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater 33 phytoplankton** In Sandgren, C. D. (ed), **Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton.** Cambridge University Press, Nova Iorque: 388–433. 1998.

REYNOLDS, C. S. **The Ecology of phytoplankton.** Cambridge University Press, New York, USA. (2006).

REYNOLDS, C. S. **The Ecology of phytoplankton. Ecology.** Cambridge University Press, New York, USA, 2006.

RITA B. DOMINGUES; ANA B. BARBOSA; ULRICH SOMMER; HELENA M. GALVÃO. **Ammonium, nitrate and phytoplankton interactions in a freshwater tidal estuarine zone: potential effects of cultural eutrophication.** *Aquat Sci* 73:331–343. 2011.

ROBERT J. LIVINGSTON A, AKSHITHALA K. PRASAD A, XUFENG NIU B., SEAN E. MCGLYNNA. **Effects of ammonia in pulp mill effluents on estuarine phytoplankton assemblages: field descriptive and experimental results.** *Aquatic Botany* 74, 343–367. 2002.

RODRIGUEZ, J.; MOULLAC, G. **State of the art of immunological tools and health control of Penaeid shrimp.** *Aquaculture*, v.191, p.109-119, 2000.

ROS, J. **Práticas de ecologia.** Barcelona; ed. Omega, 1979, 181 p.

ROSSO, F. L.; BOLNER K. C. S.; BALDISSEROTTO, B. **Ion fluxes in silver catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles exposed to different dissolved oxygen levels.** *Neotropical Ichthyology* 4:435-440. 2006.

- SAIKIA, S. K. **Review on periphyton as mediator of nutrient transfer in aquatic ecosystems.** *Ecologia Balkanica*, v. 3, n. 2, p. 65-78, 2011.
- SALOMONI, S. E., TORGAN, L. C.; ROCHA, O. **Sampler collection gadget for epilithic diatoms.** *Brasilian Journal of Biology*, v.67, n.4, p.631-637. 2007.
- SAMPAIO, I. M. G; SILVA JÚNIOR, M. L.; BITTENCOURT, R. F. P. M; OLIVEIRA, E. S; LOPES FILHO, W. R. L; SOUZA, L. R. COSTA, V. C. N. 2022. **Productive and physiological performance of jambu genotypes cultivated in hydroponics.** *Horticultura Brasileira* 40: 190-196. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20220208>.
- SAMPAIO, I. M. G.; GUIMARÃES M. A.; LEMOS NETO, H. S. et al. **Pode o uso de mudas agrupadas e a maior densidade de plantio aumentar a produtividade de jambu?** *Revista de Ciências Agrárias*, v.61, p. 1-8, 2018.
- SCHINDLER, D. W.; HECKY, R. E.; FINDLAY, D. L.; STRAINTON, M. P.; PARKER, B. R.; PATERSON, M. J.; BEATY, K. G. & KASIAN, S. E. M. **Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS* 105(32): 11254-11258. 2008.
- SCHINDLER, D. W. **The Dilema of controlling cultural eutrophication of lakes.** *Proceedings of the Royal Society B*, 279(1746): 4322-4333. 2012.
- SCHWARZBOLD, A.; BURLIGA, A. L.; TORGAN, L. C. **Ecologia do Perifíton.** São Carlos: RiMa editora, 413 p, 2013.
- SILVA, V. K.; FERREIRA, M. W. LOGATO, P. V. R. **Qualidade da água na Piscicultura.** *Boletim de Extensão da UFLA, Lavras, MG*, n. 94, 2001.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia dos sistemas de cultivo. In: Carcinicultura de água doce.** São Paulo: FUNEP. P.47-75. 1998.
- SLÁDECKOVÁ, A. **The role of periphyton in water supply. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie.** 24 (4): 2174-2178. 1991.
- SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. **Eutrophication Science: where do we go from here?** *Trends in ecology and Evolution* 24: 201-207. 2009.
- SMITH, V. H. **Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems - a global problem.** *Environmental Science and Pollution Research* 10: 126–139. 2003.
- SOMMER, U. K. H. PETER, S. GENITSARIS, & M. MOUSTAKA-GOUNI. **Do marine phytoplankton follow Bergmann's rule sensu lato.** *Biological Reviews*. 2016.
- SOUZA, A. H. F. F de. **Avaliação da eficiência da biorremediação por perifíton em um rio urbano.** Tese (doutorado)- UFPB/CCEN. JOÃO PESSOA, 198 F.:IL, 2020.
- STELZER, S. R.; LAMBERTI, G. A. **Effects of N:P ratio na total nutriente concentration on stream periphyton Community structure, biomass ad elemental composition.** *Limnology and Oceanography*. 46: 356-367. 2001.

STEVENSON, R. J. & SMOL, J. P. **Use of algae in Environmental Assessments. In: J. D. WHER, & R. G. SHEATH (eds.). Freshwater Algae of North America.** Academic Press, California pp. 775-804. 2003.

STOODLEY P, SAUER K, DAVIES DG, COSTERTON JW. **Biofilms as complex differentiated communities.** *Ann Rev Microbiol*; 56: 187– 209. 2002.

TALGATTI, D.; WETZEL, C. E.; MORALES, E. A.; ECTOR, L.; TORGAN, L. C. **Transfer of *Fragilaria atomus* Hust. to the genus *Stauroforma* (Bacillariophyta) based on observation of type and newly collected material.** *Phytotaxa*, v.158, n.1, p. 43-56, 2014.

TEISSIER, S., TORRE, M., DELMAS, F., AND GARABETIAN, F. **Detailing biogeochemical N budgets in riverine epilithic biofilms.** *J. N. Am. Benthol. Soc.* 26, 178–190. 2007.

THURSTON, R. V. **Some factors affecting the toxicity of ammonia to fishes.** EPA El col. Res. Ser EPA-600/9-80-034, pp. 118-137. 1980.

TOET, S., HUIBERS, L., VAN LOGTESTIJN, R. S. P., AND VERHOEVEN, J. T. A. **Denitrification in the periphyton associated with plant shoots and in the sediment of a wetland system supplied with sewage treatment plant effluent.** *Hydrobiologia* 501, 29–44. 2003.

TORGAN, L. C.; BERTOLLI, L. M.; TALGATTI, D. M.; SALOMONI, S. E. **Colonização e sucessão do perifíton.** Livro ecologia do perifíton. São Carlos. Rima editora, 2013. Páginas 45-57. 413 p. il.

TSUMURA-TUNDISI, T. **Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. Cap.2 p. 41-54 in: Ecologia de reservatórios; estrutura, função e aspectos sociais.** Botutacu, SP FUNDBIO: FAPESP, 800p. 1999.

UTERMÖHL H. **Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie** 9: 1-38. 1958.

VADEBONCOEUR, Y., KALFF, J., CHRISTOFFERSEN, K., AND JEPPESEN, E. **Substratum as a driver of variation in periphyton chlorophyll and productivity in lakes.** *J. N. Am. Benthol. Soc.* 25, 379–392. 2006.

VADEBONCOEUR, Y., MCINTYRE, P. B. AND VANDER ZANDEN, M. J. **Borders of biodiversity: life at the Edge of the World's Large Lakes.** *Bioscience* 61, 526–537. 2011.

VADEBONCOEUR, Y.; STEINMAN, A. D. **Periphyton function in lake ecosystems.** *The Scientific World Journal*, v. 2, p. 1449-1468, 2002.

VIDOTTI, A. D. S. **Análise Proteômica, crescimento e composição celular da microalga *Chlorella vulgaris* sob autotrofia, mixotrofia e heterotrofia.** 2015. 191 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica.** *Química nova*, n. 27, n.1, p. 139-145, 2004.

WEHR, J. D.; SHEATH, R. G. **Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification.** Academic Press, San Diego, 2003.

WEHR, J. D.; SHEATH, R. G. Freshwater habitats of algae. In: WEHR, J.D.; SHEATH, R.G. (Eds.). **Freshwater algae of North America: ecology and classification.** Amsterdam: Academic Press, 2003. cap. 2, p. 11-57.

WETZEL, R. G. Opening remarks. In: Wetzel, R.G. (Ed.). **Periphyton offreshwater ecosystems.** The Hague, Dr. W. Junk, a. p. 3-4. Developments in Hidrobiologia, 17. 1983.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses.** 3. ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.

WETZEL, R.G. **Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators.** Verh Internat Verein Limnol, 24: 6-24, 1990.

WHITTON; B. A.; POTTS, M. **Introduction to the cyanobacteria.** In: **Whitton BA, Potts M (eds) Ecology of Cyanobacteria,** 1st edn. Kluwer Academic Publishers, New York, pp 1–11. (2002).

WU, J; XIA, L; YU, Z; SHABBIR, S; KERR, P.G. **In situ bioremediation of surface waters by periphytons.** Bioresource Technology. 2013.

XAVIER, M.B.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; TAKINO, M. **Euglena sanguinea Ehrenberg bloom in a fish-breeding tank (Pindamonhangaba, São Paulo, Brazil).** **Algological Studies,** Stuttgart, 62:133-142. 1991.

ZAGHLOUL, F. A. E. R.; KHAIRY, H. M.; HUSSEIN, N. R.; 2020. **Assessment of phytoplankton community structure and water quality in the Eastern Harbor of Alexandria, Egypt.** Egypt. J. Aquat. Res. 46, 145–1

