



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA, UNIDADE EDUCACIONAL PENEDO
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

NATALIA SOUZA GONZAGA

EFEITO DA SAZONALIDADE E DAS FASES DO CULTIVO DO CAMARÃO
***Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) NA COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS**
FITOPLANCTÔNICAS DE UM TRIBUTÁRIO DO BAIXO SÃO FRANCISCO

PENEDO - AL

2022

NATALIA SOUZA GONZAGA

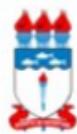
**EFEITO DA SAZONALIDADE E DAS FASES DO CULTIVO DO CAMARÃO
Litopenaeus vannamei (BOONE, 1931) NA COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS
FITOPLANCTÔNICAS DE UM TRIBUTÁRIO DO BAIXO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca – Bacharelado, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus Arapiraca, Unidade Educacional Penedo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ramos Demetrio Ferreira

PENEDO – AL

2022



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Unidade Educacional Penedo
Biblioteca Setorial Penedo-BSP

G642e Gonzaga, Nátalia Souza
 Efeito da sazonalidade e das fases do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) na composição das assembleias fitoplanctônicas de um tributário do Baixo São Francisco / Natália Souza Gonzaga. – Penedo, AL, 2022.
 50 f.: il.

 Orientador(a): Prof. Dr. Guilherme Ramos Demétrio Ferreira.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca) -
 Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Unidade Educacional
 Penedo, Penedo, AL, 2022.
 Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).
 Referências: f. 42-50.

 1. Microalgas. 2. Carcinicultura. 3.Sazonalidade. 4. Camarão *L. vannamei*. 5.
 Rizicultura . I. Ferreira, Guilherme Ramos Demétrio. II. Título.

CDU 639.512

Bibliotecária responsável: Eliúde Maria da Silva
CRB - 4 / 1834



ATA DA 135ª DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos dez dias do mês de fevereiro de 2022, o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **EFEITO DA SAZONALIDADE E DAS FASES DO CULTIVO DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) NA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS FITOPLANCTÔNICAS DE UM TRIBUTÁRIO DO BAIXO SÃO FRANCISCO**, foi apresentado pela acadêmica **NATALIA SOUZA GONZAGA**, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Pesca desta Instituição Federal de Educação Superior. Após abertura dos trabalhos pelo Prof. Dr. Guilherme Ramos Demétrio Ferreira, que presidiu a sessão, o Trabalho foi submetido à avaliação pela banca examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Guilherme Ramos Demétrio Ferreira (Orientador), Profa. Dra. Taciana Kramer de Oliveira Pinto (Avaliadora Interna - UFAL) e Prof. Dr. Iru Menezes Guimarães (Avaliador Interno - UFAL). Após análise pela banca examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado **APROVADO**, tendo obtido nota: **8,6 (OITO INTEIROS E SEIS DÉCIMOS)**.

Documento assinado digitalmente
 Guilherme Ramos Demétrio Ferreira
Data: 10/02/2022 15:57:41-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Guilherme Ramos Demétrio Ferreira (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 Taciana Kramer de Oliveira Pinto
Data: 11/02/2022 17:44:26-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Taciana Kramer de Oliveira Pinto (Avaliadora Interna - UFAL)

Documento assinado digitalmente
 Iru Menezes Guimaraes
Data: 14/02/2022 10:04:55-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Iru Menezes Guimarães (Avaliador Interno - UFAL)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me encher de força, sabedoria e persistência para chegar onde estou e enfim concluir esse trabalho. Foram dias difíceis e por muitas vezes exaustivos, mas Deus sempre me guiou em gratidão e orgulho por essa conquista.

“Até aqui nos ajudou o senhor.” (I Samuel 7:12)

As mulheres da minha vida, minha mãe Edna e minha irmã Natali. Minha dedicação diária é para ser e fazer o melhor por vocês, sempre. Obrigada por dividirem comigo todos os momentos, dos mais cansativos aos mais incríveis. Vocês são as melhores do mundo. Amo vocês!

Ao homem da minha vida, meu namorado Jarlan. Obrigada por sempre segurar a minha mão durante todos os dias desse trabalho e por viver comigo cada vírgula escrita aqui, desde noites em claro com você me ouvindo falar desse trabalho até dias inteiros em laboratório, em tudo você literalmente esteve ao meu lado. Eu te amo muito!

Ao meu orientador, Prof. Guilherme Ramos Demetrio Ferreira, toda minha gratidão por cada orientação, conselho e paciência. Obrigada por sempre me trazer confiança e leveza em todos os momentos de desespero e ansiedade. Construir esse trabalho com o senhor foi incrível. Foi uma honra ser sua orientanda.

Ao meu clubinho (Natali, Cecília e Rykelly), viver as angústias e conquistas da universidade com vocês foi bom demais. Obrigada por todo apoio, ajuda e carinho.

Ao meu laboratório LEVE, que faz jus ao nome. Todas as conversas e encontros foram essenciais para minha vida profissional e pessoal.

A empresa Camal - Soluções aquícolas, obrigada por todo suporte para que essa pesquisa fosse realizada, em especial a Engenheira de Pesca Marília Neves, por toda ajuda e conhecimentos a mim ofertados durante essa trajetória.

A todos os professores e professoras do curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas – UFAL unidade de ensino Penedo, minha eterna gratidão.

RESUMO

A assembleia fitoplanctônica é formada por organismos com ampla variedade morfológica, ecológica e fisiológica, constituída por microalgas unicelulares, coloniais ou filamentosas, que habitam a coluna d'água próxima à superfície. As alterações que o ambiente sofre, dependendo da sua frequência e intensidade, podem provocar modificações na composição e abundância do fitoplâncton. Conhecer a composição fitoplanctônica de viveiros de camarão é de suma importância para identificar os grupos de microalgas presentes na água e desta maneira é possível alcançar um sistema de cultivo em equilíbrio e com um manejo correto, através do controle do fitoplâncton. Sendo assim, este trabalho buscou avaliar a influência da sazonalidade e das diferentes fases do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) sobre a estrutura das assembleias fitoplanctônicas da região de cultivo de Brejo Grande – SE. Foram realizadas coletas nas estações secas e chuvosas entre julho de 2019 a agosto de 2021. Para as coletas de microalgas foi utilizada uma rede de fitoplâncton. As análises estatísticas foram feitas com auxílio do pacote vegan para testar os efeitos de sazonalidade, ano e fase de cultivo, um modelo linear baseado em distância (DistLM) foi construído para testar se a diferença entre as assembleias, uma matriz de similaridade da assembleia fitoplanctônica baseada na distância de Jaccard e o pacote MASS para representar graficamente através de escalonamento multidimensional não métrico. Foram identificados 121 morfotipos diferentes e 54 espécies, distribuídos em 7 filos, pertencentes a 39 famílias e 59 gêneros, com maior frequência de espécies as divisões Cyanobacteria, Chlorophyceae e Bacillariophyta. As análises mostraram que as estações (secas e chuvosas) e locais de coletas (viveiros iniciais/finais /afluentes de saída/de entrada) não apresentaram variações significativas na estrutura das assembleias de microalgas, sendo o ano a variável responsável por 18% da variação da estrutura das assembleias. Avaliando os anos 2019,2020 e 2021 foi possível perceber que essa variação se deve, principalmente, à diferença entre o ano de 2021 e os dois anos anteriores. O motivo para destacar o ano como principal variável responsável pela modificação das assembleias fitoplanctônica foi à mudança do uso do solo, com o retorno das atividades de rizicultura na região.

Palavras-chaves: Microalgas, Carcinicultura, Rizicultura, Sazonalidade.

ABSTRACT

Phytoplankton assemblages are formed by organisms with high morphological, ecological and physiological variabilities, being constituted by unicellular, filamentous and/or colonial microalgae that inhabits the water column space near the surface. Environmental changes, depending on frequency and intensity, may cause alterations in these assemblages structure. In addition, to understand the phytoplanktonic composition of shrimp ponds is substantial to identify the microalgae groups that are present and achieve a farming system that is balanced. In this sense, this research aimed to evaluate the influence of seasonality and of the different *Litopenaeus vannamei* shrimp farming phases of the Brejo Grande – SE region on the phytoplanktonic assemblages structure. The sampling occurred during dry and wet seasons from July 2019 to August 2021. A phytoplankton net was used to capture phytoplanktonic species and the samples were carried to the Laboratório de Ecologia Vegetal for taxon identification. Statistical analyses were realized in the R environment. A distance-based linear model (DistLM) built with the Vegan package was implemented to test the effects of seasonality, sampling year and farming phase, an indication value analysis (IndVal) was applied to identify which taxons were responsible for the differences found in the DistLM. A total of 121 taxons distributed in 7 divisions, 39 families and 59 genera was found. The divisions that bore the higher species richnesses were Cyanobacteria, Chlorophyceae and Bacillariophyta. Our data showed that neither seasons nor farming phases had any effects on the microalgae assemblage variation. The sampling year, however, presented influence on the assemblage structure, and 2021 presented a different phytoplanktonic assemblage when compared to 2019 and 2020. The probable main driver for this variation is the substitution of shrimp farming to rice cultivation in the sampling regions.

Keywords: Microalgae, shrimp farming, rice cultivation, seasonality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da área de coleta no município de Brejo Grande – SE.....	21
Figura 2 – Afluente do Rio São Francisco.....	22
Figura 3 – Viveiro da fase inicial do cultivo do camarão <i>L. vannamei</i>	22
Figura 4 – Viveiro da fase final do cultivo do camarão <i>L. vannamei</i>	22
Figura 5 – Rede de fitoplâncton.....	24
Figura 6 – Frasco coletor da rede de fitoplâncton.....	24
Figura 7 – Lançamento da rede de fitoplâncton em arrastos horizontais.....	25
Figura 8 – Amostras de microalgas acondicionadas para análise em laboratório.....	25
Figura 9 – Principias espécies de microalgas encontradas na região de Brejo Grande – SE durante o período de estudo: A) <i>Anabaena sp.</i> , B) <i>Closterium setaceum</i> C) <i>Cyclotella meneghiniana</i> D) <i>Desmodesmus bicaudatus</i> E) <i>D. opoliensis</i> F) <i>D. serratus</i> G) <i>Merismopedia punctata</i> H) <i>Microcystis wesembergi</i> I) <i>M. aeruginosa</i> J) <i>Monoraphidium contortum</i> K) <i>Navicula schoenfeldii</i> L) <i>Nitzschia palea</i> M) <i>N. sigmoidea</i> N) <i>Oscillatoria limosa</i> O) <i>Phacus longicauda</i> P) <i>P. curvicauda</i> Q) <i>Euglena oxyuris</i> R) <i>Scenedesmus acuminatus</i> S) <i>S. arcuatus</i> T) <i>Dicloster sp.</i> , U) <i>Planktothrix agardhi</i> V) <i>Ankistrodesmus falcatus</i> W) <i>Bacillaria paxillifera</i> X) <i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Y) <i>Cymbella sp.</i> , Z) <i>Euglena acus</i> Aa) <i>Micractinium sp.</i> , Ab) <i>Trachelomonas scabra</i> Ac) <i>Aulacoseira granulata</i> Ad) <i>Achnanthes sp.</i> , Ae) <i>Amphora inflexa</i> , Af - Ag - Ah) <i>Cosmarium sp.</i> 1,2 e 3, Ai) <i>Eudorina elegans</i> Aj) <i>Eunotia pectinalis</i> Ak) <i>Monoraphidium sp.</i> , Al) <i>Pediastrum sp.</i> , Am) <i>Spirogyra sp.</i> , An) <i>Spirulina sp.</i> , Ao) <i>Tetrastrum heteracanthum</i> Ap) <i>Thalassiosira sp.</i>	28
Figura 10 – Número de espécies compartilhadas e exclusivas por estações, locais e anos de coleta.....	30
Figura 11 – Escalonamento multidimensional não métrico mostrando a similaridade das assembleias amostradas em cada coleta nos anos de 2019, 2020 e 2021.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cronograma de coletas por ano.....	23
Tabela 2 – Media histórica da pluviosidade da região de Brejo Grande – SE.....	24
Tabela 3 – Microalgas encontradas nos anos de 2019, 2020 e 2021 em viveiros iniciais (V.I), viveiros finais (V.F), afluentes antes (A.A) e afluentes depois (A.D) durante as estações secas chuvosas.....	31
Tabela 4 – Modelo linear baseado na distância entre os anos.....	36
Tabela 5 – Gêneros e espécies de microalgas mais representativas (ValorIndval) por ano e por combinações entre os anos.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Principais componentes do fitoplâncton.....	11
2.2 Importância ecológica do fitoplâncton.....	12
2.3 Importância do fitoplâncton para a carcinicultura.....	14
2.4 Efeitos da variação ambiental nas assembleias de microalgas.....	17
OBJETIVO GERAL	18
Objetivos específicos.....	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 Área de coleta.....	19
3.2 Coletas.....	23
3.3 Identificações do material biológico.....	25
3.4 Análise de dados.....	26
4 RESULTADOS	27
4.1 Padrões gerais de espécies das assembleias fitoplanctônica da região de Brejo Grande – SE.....	27
4.2 Variações nas assembleias de microalgas de acordo com fatores ambientais.....	36
5 DISCUSSÃO	38
6 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A assembleia fitoplanctônica é formada por organismos fotossintetizantes, microscópicos, com ampla variedade morfológica, ecológica e fisiológica. Este compartimento ecológico é constituído por microalgas unicelulares, que podem se apresentar de forma isolada ou agrupada, como em colônias ou filamentos, que habitam a coluna d'água próxima a superfície (BONEY, 1975; BOLD, 1985; ESKINAZI-LEÇA et al., 2004). A diversidade desses organismos é o que faz com que o número de representantes de forma exata, seja desconhecido, no entanto estima-se que podem existir entre 200.000 até milhões de espécies (NORTON et al., 1996; PULZ & GROSS, 2004; DERNER et al., 2006.).

As microalgas possuem uma relação muito estreita com os ambientes que habitam, o que faz com que esses organismos possuam adaptações específicas para se manter nesse ambiente. As principais adaptações do fitoplâncton são: bainha mucilaginosa, formação de gotículas de óleo, relação aumento da superfície de contato/volume e formação de vacúolos gasosos. Essas adaptações permitem criar estabilidade para que esses organismos permaneçam na coluna d'água, aumentando a capacidade de flutuação e protegendo as células (ESTEVES, 1988).

Esses organismos exercem uma função muito significativa na produtividade primária (WETZEL, 1993). Essa produtividade é influenciada por fatores como a radiação solar, temperatura, parâmetros físico-químicos e a disponibilidade de nutriente (KYEWALYANGA, 2015). Esses fatores que influenciam a produtividade primária podem promover modificações na composição e abundância do fitoplâncton, o que gera uma série de perturbações capazes de alterar a assembleia fitoplanctônica (CALIJURI, 1999).

O desenvolvimento do fitoplâncton ocorre a partir de interações entre fatores biológicos, físicos e químicos (RAVEN, 1988). Na carcinicultura, esses fatores atrelados ao uso de nutrientes favorecem o desenvolvimento de microalgas, que por sua vez apresentam um papel biológico essencial para a manutenção do sistema de cultivo (KUBITZ, 2003). Assim, em um ambiente de cultivo, se faz necessário observar o comportamento das variáveis físicas e químicas, tais como temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido além das concentrações de nutrientes (BORBA, 2000). Conhecer e monitorar a composição fitoplanctônica no ambiente de cultivo é de fundamental importância, pois esse entendimento proporciona um sistema de cultivo equilibrado, com manejo e produção corretos e um

controle sobre os organismos fitoplanctônicos prejudiciais e favoráveis no sistema de cultivo (GÓMEZ-AGUIRRE e MARTINEZ-CÓRDOVA, 1998).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da sazonalidade e das diferentes fases do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* sobre a estrutura das assembleias fitoplanctônicas da região de cultivo de Brejo Grande – SE. Além disso, este trabalho buscará testar se existe variação da assembleia fitoplanctônica entre os afluentes e os viveiros da região de estudo. Algumas hipóteses foram levantadas durante esse estudo: Esperava-se variação das assembleias de microalgas entre as estações secas e chuvosas, e que essa variação também se apresentasse entre os viveiros iniciais e finais, visto que as composições nutricionais das rações ofertadas nesses estágios são diferentes e devido ao aumento da biomassa durante o ciclo de cultivo, já que ocorre uma adição na oferta de ração e excretas dos organismos cultivados. Outra hipótese levantada é que possivelmente não haveria variações nas assembleias de microalgas entre os viveiros e os afluentes, visto que o fluxo de água ocorre em um mesmo sentido tanto para abastecimento quanto para drenagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Principais componentes do fitoplâncton

Os principais táxons componentes do fitoplâncton são Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyceae, Miozoa e Euglenozoa (BUFORD, 1997; SCHIMIEGELow, 2004). Organismos da divisão Cyanobacteria, também conhecidos como algas azuis, são microrganismos procariontes, sendo que algumas espécies são capazes de produzir toxinas conhecidas como cianotoxinas. Podem exibir formas unicelulares, filamentosas ou coloniais, sendo que quando em formas coloniais, os indivíduos permanecem protegidos por uma bainha de mucilagem muito bem desenvolvida, que envolve as células (ESTEVES, 1988). Apresentam características muito interessantes, destacando a sua habilidade de crescimento em diferentes ambientes, preferencialmente de água doce, apresentando altas taxas de crescimento em águas neutroalcalinas e em ambientes com altas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (AZEVEDO et al., 2003). Outra característica desse grupo são as células vegetativas especiais: o heterócito, célula especializada na fixação de nitrogênio, e o acineto, que atua como esporo de resistência (BARBOSA, 2009).

As Bacillariophyta são organismos que possuem como característica principal a parede celular, no geral formada de sílica, denominada frústula (ESTEVES, 1988). A ornamentação e a forma da frústula das Bacillariophyta é uma característica única que permite identificar gêneros e espécies (SMOL & STOERMER, 2010). Esses organismos podem ser encontrados em formas unicelulares não flageladas, filamentosas e, em alguns casos, formando colônias. Possuem ampla distribuição em ambientes marinhos e de água doce (EDWARD & DAVID, 2010). Ecologicamente, contribuem com o monitoramento da qualidade dos ambientes aquáticos, o que faz desses organismos importantes bioindicadores (DA SILVA-LEHMKUHL et al, 2019). As assembleias de Bacillariophyta variam em diferentes condições ambientais e possuem rápida reprodução o que pode possibilitar respostas ecológicas ao ambiente em que habitam (TEIXEIRA et al., 2018). Outra contribuição fundamental é que quando comparadas a outras algas, as Bacillariophyta são vistas como o melhor alimento para camarões cultivados (BOYD, 1990).

Chlorophyceae, também conhecidas como algas verdes, possuem uma morfologia muito diversificada, podendo se apresentar de forma unicelular, colonial ou filamentosa. Uma característica das colônias formadas por Chlorophyceae é que algumas exibem um número determinado de células para a espécie, essa organização é chamada de cenóbio (DE PAULA

et al., 2007). As espécies desse grupo em sua maior parte, aproximadamente 90%, habitam ambientes de água doce (ESTEVES, 1988). As Chlorophyceae são um dos grupos mais diversos quanto à morfologia, isso porque esse táxon engloba três classes, Chlorophyceae, Ulvophyceae e Trebouxiophyceae, que exibem espécies morfologicamente e ecologicamente diversas, com várias organizações celulares e de estrutura (FRANCESCHINI et al., 2009; LELIAERT et al., 2011, 2012).

Miozoa, com organismos mais conhecidos como dinoflagelados, é um grupo predominantemente unicelular, flagelado e possui cerca de 90% dos seus representantes em ambientes marinhos, com a existência de espécies dulciaquícolas (ISLABÃO, 2015). São responsáveis pela formação de grandes marés vermelhas, um fenômeno que reflete um número exacerbado de microrganismos, e possuem a capacidade de realizar bioluminescência (DE PAULA et al., 2007). A maior parte das espécies desse grupo é planctônica, mas existem alguns representantes que são parasitas de alguns invertebrados marinhos e peixes, ou, além disso, mutualistas, habitando os tecidos de corais, neste caso denominadas zooxantelas, (TAYLOR et al., 2008). Algumas espécies de Miozoa são produtoras de toxinas e constituem riscos para saúde pública e atividades de aquicultura causando prejuízos ecológicos e econômicos (FRANCESCHINI et al., 2009).

Euglenozoa são microrganismos, no geral, unicelulares e flagelados, habitam ambientes marinhos e de água doce, preferencialmente ambientes ricos em matéria orgânica, isso porque esses organismos possuem um alto grau de heterotrofia e assim a habilidade de assimilar substâncias (DE PAULA et al., 2007). Algumas espécies dessa classe conseguem tolerar condições ambientais extremas, como por exemplo, pH muito baixo ou amplas variações de salinidade (EDWARD & DAVID, 2010).

2.2 Importância ecológica do fitoplâncton

O fitoplâncton atua na maior parte da produção de oxigênio ofertado na atmosfera, ocupa uma posição de extrema importância na cadeia trófica dos mais variados ambientes aquáticos (FERNANDES, 2011). Esses organismos armazenam energia solar, alterando-a em energia biológica que é aplicada como alimento para organismos que compõem outros níveis tróficos, assim as microalgas constituem a base das cadeias tróficas nos mais diversos ambientes aquáticos (DERNER et al., 2006). Outro importante papel ecológico que as microalgas desempenham é através da produtividade primária, onde sua atuação nesse

processo recebe a influência de diversos fatores como a radiação solar, temperatura, parâmetros físico-químicos e a disponibilidade de nutrientes (KYEWALYANGA, 2015).

Além da sua importância na cadeia trófica dos ambientes e na produtividade primária, o fitoplâncton é classificado como ótimo indicador biológico de qualidade de água (FERNANDES, 2011). McCormick & Cairns-Junior (1994) confirmam que as assembleias de algas apresentam muitas características de indicadores do ecossistema e de modificações ambientais, destacando: a capacidade de refletir as mínimas alterações químicas e físicas da água, o que causa mudanças na composição e no comportamento desses microrganismos; a sensibilidade a diversos ambientes estressantes; o fornecimento de informações únicas acerca do ecossistema quando, por exemplo, comparadas com animais que são utilizados como indicadores (PADISÁK, 1993). O conhecimento das características ecológicas e biológicas da espécie usada em monitoramento do ecossistema proporciona respostas biológicas precisas sobre a qualidade do ambiente (WU et al., 2017).

As alterações que o ambiente sofre, dependendo da sua frequência e intensidade, podem provocar modificações na composição e abundância do fitoplâncton, o que provoca uma série de perturbações capazes de alterar tanto qualitativamente quanto quantitativamente a assembleia fitoplanctônica e assim selecionar espécies por meio de mecanismos de competição e adaptação, o que influencia no processo de sucessão natural do fitoplâncton (CALIJURI, 1999). Segundo Krebs (2009) a ausência de uma espécie pode ser atrelada à dispersão e predominantemente ao comportamento da espécie onde, por exemplo, essa espécie é ausente nesse ambiente por condições de acessibilidade.

Alguns padrões ambientais são responsáveis por favorecer o crescimento e desenvolvimento de assembleias de microalgas, como por exemplo, altas taxas de temperatura e insolação que provocam o aumento na fotossíntese (DATSENKO et al., 1999). Torquato (2019) relata que altas taxas de radiação solar favorecem significativamente o aumento na fotossíntese, proporcionando o aumento de biomassa das assembleias fitoplanctônicas, caracterizando a região nordeste por apresentar padrões ambientais que estimulam reproduções exacerbadas desses organismos. Em relação à disponibilidade de nutrientes, com destaque para o fósforo, nitrogênio (nitrato, amônia) e silicato, as concentrações desses nutrientes no ambiente atuam de forma essencial no processo de produtividade primária do fitoplâncton. Existem nutrientes que possuem um papel fundamental para certos grupos específicos de microalgas, como por exemplo, a sílica que é o nutriente principal responsável

pelo controle da produtividade das Bacillariophyta, atuando também na formação da parede celular desses organismos (ESTEVES, 1988).

2.3 Importância do fitoplâncton para a carcinicultura

Conhecer a composição fitoplanctônica de viveiros de camarão é de suma importância para identificar os grupos de microalgas presentes na água, visto que a condição da água muda de forma constante, sendo assim possível alcançar um sistema de cultivo em equilíbrio e com um manejo correto, através do controle do fitoplâncton (SANTOS, 2008). Dessa maneira, o monitoramento e entendimento da dinâmica das assembleias fitoplanctônica na carcinicultura é uma ferramenta importante, visto que a composição de nutrientes presentes no ambiente de cultivo vai determinar um ciclo de sucesso ou vai gerar problemas de saúde pública e mortalidade dos organismos cultivados. A produção e o manejo correto do alimento natural contribuem significativamente para melhorar a viabilidade econômica do cultivo e o valor nutricional dos organismos cultivados. (GÓMEZ-AGUIRRE & MARTINEZ-CÓRDOVA, 1998). O entendimento sobre a ecologia de microalgas para uso na carcinicultura muitas vezes se mostra complexo, devido às altas taxas de crescimento desses organismos que em sua maioria ocorre principalmente por altas cargas de nutrientes que é aplicado nos cultivos, logo o conhecimento sobre como controlar e/ou remover esses nutrientes precisa ser estudado com muito cuidado (BOYD & TUCKER, 1998).

As microalgas passam por uma contínua sucessão de espécies que sob determinadas condições podem causar efeitos prejudiciais dentro do viveiro, como: reproduções exacerbadas que são prejudiciais para o cultivo, perda da qualidade de água, sabor desagradável na água e no pescado e mortalidade dos organismos cultivados (PAERL & TUCKER, 1995). A maior parte das assembleias de microalgas é composta por espécies dominantes, que são caracterizadas por sua habilidade de competição que quando sofrem alguma modificação são capazes de modificar toda a assembleia. Geralmente as espécies dominantes são as mais diversas e exercem muita influência sobre a distribuição e ocorrência de outras espécies (CAO et al., 2014). Cyanobacteria, geralmente mais abundante e Miozoa, em função do baixo teor de nutrientes, habilidade de produção de toxinas e capacidade de causar a perda da qualidade de água, são consideradas indesejáveis para um ambiente de cultivo (SINDEN & SINANG, 2016). Enquanto, Bacillariophyta e Chlorophyceae, favorecem a qualidade da água e possuem um alto valor nutricional, ou seja, são desejáveis em ambientes de cultivo (ROY & PAL, 2015; BRITO et al., 2016).

Tanto em ambientes naturais quanto de cultivos, as assembleias fitoplanctônicas apresentam crescimento em decorrência das interações entre fatores biológicos, físicos e químicos (RAVEN, 1988). Na carcinicultura, observar o comportamento das variáveis físicas, químicas e biológicas é crucial, desta maneira é possível ajustá-las quando necessário, permitindo o maior conforto possível para os organismos cultivados e garantindo maior produtividade no sistema de cultivo (BORBA, 2000). As microalgas se destacam nos fatores biológicos por serem essenciais na manutenção de um sistema de cultivo (KUBITZ, 2003). Em ambientes ricos em nutrientes, como é o caso de viveiros de camarão, o fitoplâncton tem seu desenvolvimento atrelado principalmente à disponibilidade de nutrientes do ambiente, fazendo com que a fertilização da água no sistema de cultivo se torne fundamental. Calijuri et al, (2006) afirmam que a abundância de nutrientes essenciais para as assembleias fitoplanctônicas é o principal responsável por reproduções exacerbadas que ocorrem no ambiente. Fósforo e nitrogênio recebem destaque por serem os principais nutrientes presentes na matéria orgânica, o que favorece o desenvolvimento de Cyanobacteria. Dentro de um viveiro o aumento da matéria orgânica ocorre devido à fertilização, excretas dos organismos cultivados e pelo excesso de ração (VON SPERLING, 1996). Garcia et al, (2009), afirmam que a abundância de nutrientes pode estar associada ao modo de como o alimento é manejado no ambiente de cultivo. A fertilização que ocorre no sistema de cultivo reúne nutrientes essenciais que são incorporados pelo fitoplâncton (OLIVEIRA, 2004). Os principais nutrientes presentes em fertilizantes são: o Nitrogênio, nas formas de amônia não ionizada, nitrito e nitrato; o Fósforo, na forma de pentóxido de fósforo; e o Potássio, na forma de sulfato de potássio (OLIVEIRA, 2004).

As assembleias de microalgas podem ser afetadas por fatores que são responsáveis pelo aumento de nutrientes dentro do sistema de cultivo, como: o manejo, excesso de ração e uso de fertilizantes (FIGUEIRÊDO, 2006). Além desses fatores, o uso de probióticos se mostrou uma alternativa mais econômica e ecológica para melhorar a qualidade de água (LUKWAMBE et al., 2015). Lukwambe et al. (2019), em estudo sobre as mudanças nas assembleias de microalgas em função do uso de probióticos em sistemas de cultivo de camarão *L. vannamei*, destaca que os probióticos são capazes de conter determinados grupos de microalgas prejudiciais ao sistema de cultivo, como as Cyanobacteria, podem melhorar a qualidade de água e são capazes de agilizar a decomposição da matéria orgânica. Além disso, o uso de probióticos motivou o crescimento e permanência de assembleias de microalgas benéficas para o cultivo como, Bacillariophyta e Chlorophyceae. Esse resultado não

prevaleceu nos estudos de Zheng et al, (2017) e Lurling et al, (2010) que mostraram que o uso de probióticos não foi capaz de minimizar a biomassa de Cyanobacteria destacando os gêneros *Oscillatoria sp.* e *Anabaena sp.* Lukwambe et al, (2019) conclui reforçando a importância de estudos mais aprofundados sobre os impactos que o uso de probióticos em sistemas de cultivo podem causar nas assembleias de microalgas. Cao et al. (2014), através de ensaios, objetivou avaliar a dominância de espécies de microalgas e taxas de constatação de síndrome da mancha branca em fases finais de cultivo de *L. vannamei*, confirmaram em um dos ensaios com uso de probióticos, um domínio de 95% de Chlorophyceae e taxas muito baixas de detecção de síndrome da mancha branca, o que constatou que as microalgas benéficas para o ambiente de cultivo podem ter a habilidade de controlar e prevenir surtos de síndrome da mancha branca. Ge et al., (2016); Banerjee et al. (2010) e Huang et al., (2021) realizaram experimentos com cultivos em laboratório de microalgas das classes Chlorophyceae e Bacillariophyta, que foram disseminadas no cultivo de camarão. Os experimentos comprovaram que a incorporação das espécies de Chlorophyceae e Bacillariophyta no sistema de cultivo promove maior controle de qualidade da água e minimizam a ocorrência de agentes patogênicos. Jiménez-Ordaz et al., (2021) concluíram que as microalgas associadas ao uso de bactérias probióticas incrementou o desenvolvimento de organismos que são alimentos vivos para os camarões cultivados, como, ciliados e rotíferos.

Em sistemas de cultivo semi-intensivo, o fitoplâncton atua como alimento natural na dieta do camarão, podendo obter uma contribuição de até 85% (NUNES et al., 1997). Esse aporte comprova o quão importante é o alimento natural em um ambiente de cultivo, sendo o fitoplâncton o elo principal para promover a nutrição dos organismos cultivados (ABCC; MAPA, 2018). As microalgas atuam com um papel importante na nutrição dos organismos nas atividades de aquicultura, pois se apresentam como fonte de alimento seguro e necessário (MULLER-FEUGA, 2000). A aplicação nutricional das microalgas na carcinicultura é confirmada em muitas pesquisas, devido à composição nutricional que esses organismos são capazes de oferecer quando comparadas a outros alimentos usados em sistemas de cultivo como, por exemplo, a farinha de peixe que é relativamente cara e limitada, as microalgas atuam como fontes renováveis (YAAKOB et al., 2014). Sendo assim, entender as inúmeras vantagens do alimento natural no cultivo proporciona o aperfeiçoamento de técnicas de manejo (ABCC; MAPA, 2018).

2.4 Efeitos da variação ambiental nas assembleias de microalgas

As assembleias de microalgas atuam como base no funcionamento dos ecossistemas aquáticos, o que faz desses organismos sensíveis às mínimas alterações nesses ecossistemas (KUMAR & THOMAS, 2019). A diversidade e dinâmica dessas assembleias estão diretamente ligadas aos fatores físicos e químicos (HULYAL & KALIWAL, 2009). Fatores físicos, químicos e biológicos controlam a composição, distribuição e biomassa das microalgas no ambiente, porém são extremamente ligados a condições climáticas, logo o fitoplâncton possivelmente varia entre ecossistemas pela variação dos fatores ambientais (REYNOLDS, 2000). Kelly & Whitton (1995) e Fore & Grafe (2002) relatam que o excessivo número de organismos que podem aparecer em um ambiente devido ao excesso de nutrientes é fortemente afetado pela ausência de luz e de oxigênio dissolvido na água.

Quando esses fatores passam por algum tipo de modificação, como variações sazonais, pode haver efeito significativo nas espécies de microalgas, afetando diretamente a estrutura das suas assembleias (SHEKHAR et al., 2008). Shekhar et al, (2008) verificaram a influência de fatores como pH, temperatura e nutrientes como fósforo e nitrogênio sobre as assembleias de microalgas. O acompanhamento da variação sazonal das assembleias fitoplanctônicas e a compreensão sobre a sua dinâmica em relação a fatores que podem causar mudanças na composição do fitoplâncton no ambiente é de grande importância para entender como essas mudanças são capazes de modificar níveis tróficos superiores (FONSECA, 2006).

Nesse contexto, evidencia-se a importância do estudo sobre a ecologia de microalgas em ambientes de cultivo, considerando que a carga de nutrientes aplicada durante o ciclo de cultivo é capaz de alterar a assembleia fitoplanctônica, onde se faz necessário buscar entender como os diferentes estágios do cultivo de camarão são capazes de influenciar as assembleias fitoplanctônicas existentes na região e entender como a sazonalidade é capaz de alterar a composição dessas assembleias formadas em diferentes estações (secas e chuvosas).

OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da sazonalidade e das diferentes fases do cultivo do camarão *L. vannamei* sobre a composição das assembleias fitoplanctônicas da região de cultivo de Brejo Grande – SE.

Objetivos específicos

- Identificar os grupos de microalgas presentes nos estágios inicial e final do cultivo de camarão *L. vannamei* durante a estação seca e estação chuvosa;
- Observar se existe variação da assembleia fitoplanctônica entre os afluentes e os viveiros;
- Observar se existe relação entre sazonalidade e fase de cultivo na estruturação das assembleias fitoplanctônicas da região de estudo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de coleta

As coletas foram realizadas no município de Brejo Grande – SE (Figura 1), localizado cerca de 9 km da foz do Rio São Francisco (Coordenadas: R1 (10°26'34.68"S; 36°27'22.76"O) R2(10°26'41.16"S; 36°26'2.61"O) R3(10°27'13.01"S; 36°26'27.35"O) R4(10°27'27.18"S; 36°27'33.21"O). O local estudado caracteriza-se por ser uma região de interação entre águas marinhas e fluviais, sob influência da planície fluviomarinha e aluvial, que ocorre ao longo do rio São Francisco, desde Penedo – AL até a foz (FILHO, 1980), favorecendo a formação de mangue e restinga, com vegetação pertencente a formações iniciais, além de apresentar-se em áreas de várzea alagada.

Em relação ao clima, a região estudada é tropical com chuvas de outono – inverno (As'), com período seco bem definido e está inserida na zona litorânea, segundo a classificação climática de Köppen, possuindo características climáticas úmido a semi-úmido (DE SOUZA ALVES et al., 2017). A temperatura média do ar anual da área estudada predomina isotermas na ordem de 24°C a 27°C (BARROS, 2012).

Quanto à utilização das terras, a região de Brejo Grande – SE se desenvolveu economicamente com a exploração dos recursos ambientais e atividades produtivas, tais como: rizicultura, carcinicultura e cocoicultura. Sobretudo, o cultivo de arroz que antigamente caracterizava economicamente essa região, ocupando as áreas de várzeas, porém a carência hídrica e de nutrientes e o avanço da cunha salina, inviabilizou a produtividade do cultivo de arroz devido ao excesso no teor de sal (SANTANA, 2016). Atualmente o município se desenvolve principalmente através da carcinicultura, transformando os lotes que antes eram utilizados para a rizicultura em viveiros para o cultivo de camarão, assim a região começou a desenvolver o cultivo a partir de meados de 2010, com o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (BARBOSA et al., 2018). O destaque para sucesso no cultivo dessa espécie é que o *L. vannamei* quando cultivado em água de baixa salinidade, apresenta boa adaptação, alta tolerância aos fatores ambientais e boas taxas de crescimento em todas as fases do cultivo (TAVARES, 2002).

Os viveiros dimensionados na região adotam um sistema de cultivo do tipo semi-intensivo, apresentam forma retangular e sem padronização de tamanho variando de 0,5 a 3 ha (BARBOSA et al., 2018), com única comporta de abastecimento e drenagem, são abastecidos

e drenados através de afluentes interligados ao Rio São Francisco, com a captação da água na preamar e drenagem na baixa-mar, optando sempre por fazer esta operação em marés de sizígias, devido a maior variação do nível da água, uma vez que o abastecimento e drenagem é feito por gravidade aproveitando assim a variação da maré. O cultivo ocorre em ciclos que duram em média três meses, desde o povoamento até a despesca.

Quanto à alimentação, o manejo do cultivo é formado por duas fases, na primeira fase (inicial) o camarão é alimentado com ração que apresenta alta taxa de proteína, com o objetivo de suprir as necessidades nutricionais dos organismos e acompanhar a alta taxa metabólica dos mesmos nesse estágio, além da oferta de ração os camarões contam com alimentos de fonte natural nessa fase, como exemplo o fitoplâncton, já na segunda fase (engorda) a taxa de proteína na ração busca acompanhar o crescimento do camarão, apresentando em sua composição mais carboidratos quando comparada a ração ofertada no estágio inicial (MORO et al., 2015).

Dessa forma o desenho experimental foi feito da seguinte maneira: foram escolhidos dois pontos no afluente (Figura 2), um próximo à desembocadura do afluente no rio São Francisco, outro subindo o afluente após o último viveiro coletado, durante o estudo as coletas foram feitas em 4 afluentes (R1,R2,R3 e R4); ao longo destes afluentes foram escolhidos dois viveiros iniciais (Figura 3), dois viveiros na fase final do cultivo (Figura 4) e em cada viveiro foi feito uma coleta de fitoplâncton. O critério para selecionar os viveiros iniciais e finais onde as coletas foram realizadas foi baseado no tipo de ração ofertada, sendo que quando ofertada ração inicial o viveiro era classificado como inicial e quando ofertada ração de engorda, o viveiro era classificado como final.

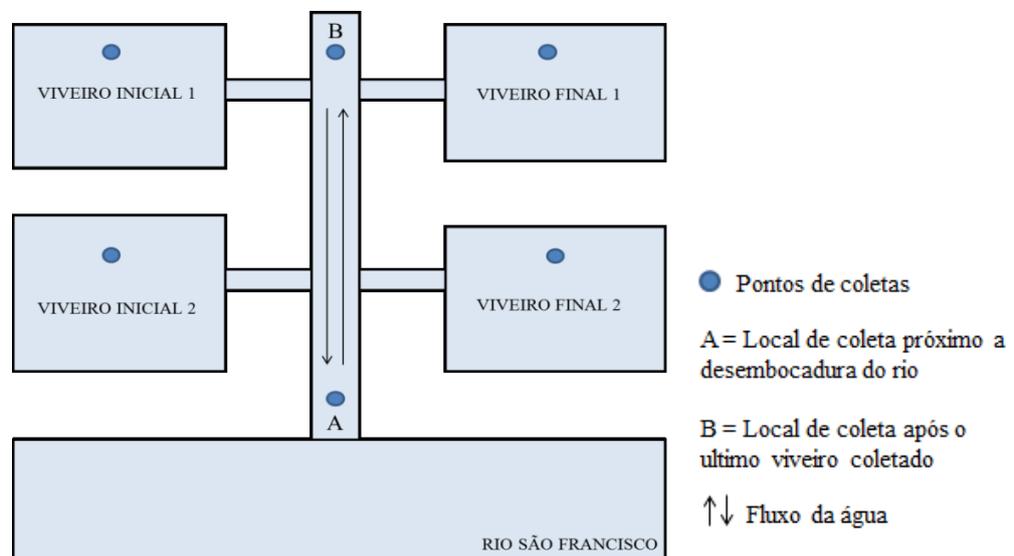


Figura 1 – Mapa da área de coleta no município de Brejo Grande – SE.

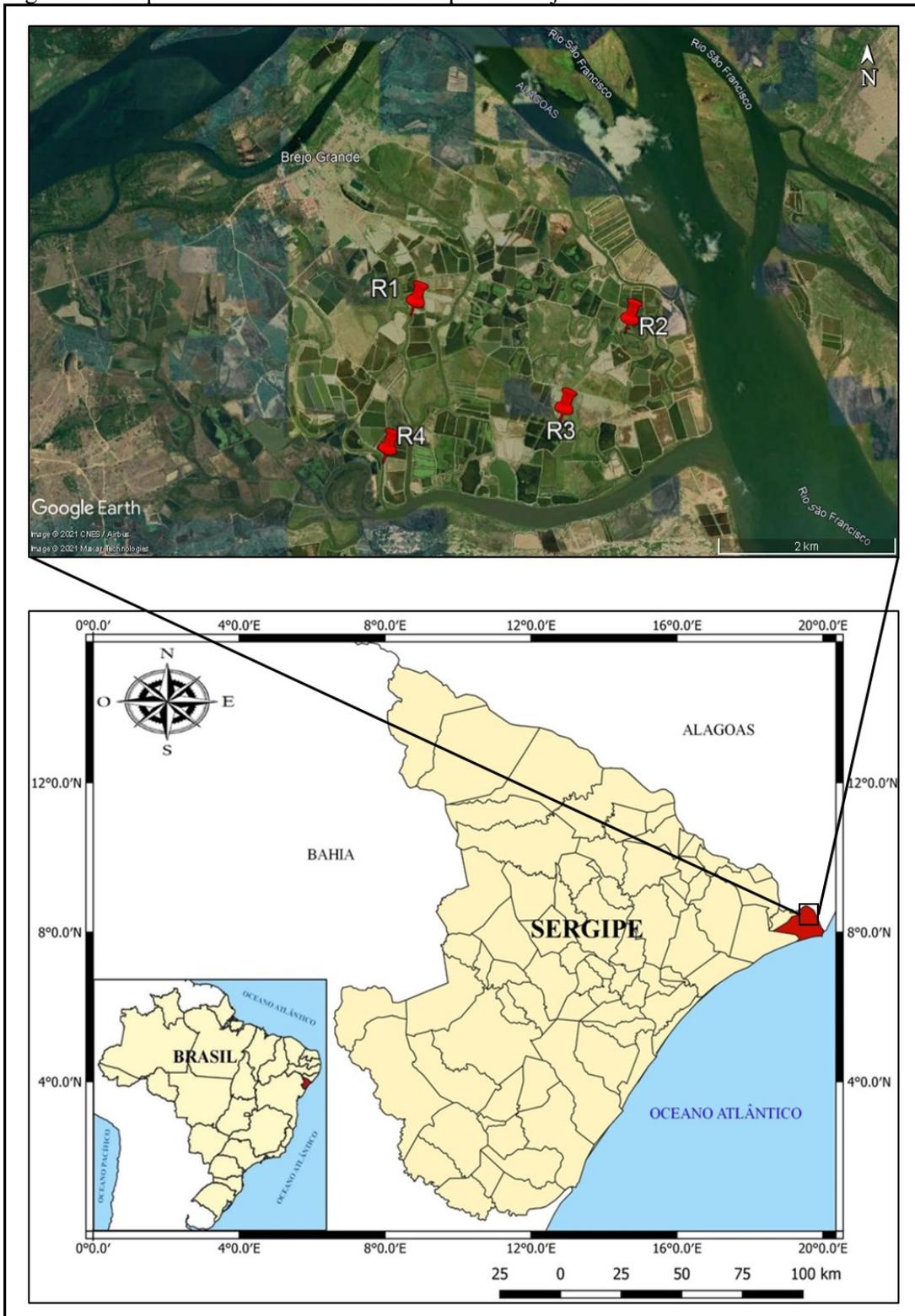


Figura 2 – Afluente do Rio São Francisco.



Figura 3 – Viveiro da fase inicial do cultivo do camarão *L. vannamei*.



Figura 4 – Viveiro da fase final do cultivo do camarão *L. vannamei*.



3.2 Coletas

As coletas foram realizadas mensalmente no período diurno, no polo de cultivo do camarão *L. vannamei*, durante o período de julho a dezembro de 2019, janeiro e fevereiro de 2020 e Março a Agosto de 2021. Não foram realizadas coletas na estação chuvosa de 2020 devido à pandemia do Covid-19. No total foram realizadas 13 coletas (Tabela 1), distribuídas em 7 coletas na estação chuvosa (junho, julho, agosto, setembro e outubro) e 6 coletas na estação seca (dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio). Os meses de coleta classificados como secos e chuvosos foram atribuídos pela média histórica de pluviosidade da região através do banco de dados disponível no INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (Tabela 2).

Para as coletas de microalgas foi utilizada uma rede cônica de fitoplâncton de fácil confecção (Figura 5), com as seguintes dimensões: tamanho 80 cm, malha do corpo da rede de tecido voil com 200 μm e 53 cm de comprimento, a abertura da boca da rede é de 21 cm com corda fixadora de apoio em poliamida com comprimento de aproximadamente 7 m. Frasco coletor (Figura 6): malha 20 μm , confeccionado em PVC, com capacidade de comportar 400 mL.

Tabela 1 – Cronograma de coletas por ano.

	2019	2020	2021
Janeiro		X	
Fevereiro		X	
Março			X
Abril			X
Maio			X
Junho			X
Julho	X		X
Agosto	X		X
Setembro	X		
Outubro	X		
Novembro			
Dezembro	X		

Tabela 2 - Média histórica de pluviosidade da região de Brejo Grande – SE.

Ano	Seco		Chuvoso						Seco			
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
2019	57,2	64	135,2	131,2	103,2	195	188,8	100,4	34,2	11	2,2	17,8
2020	5,4	118,2	140,8	250,8	287	209,2	38,6	-----	-----	-----	-----	-----
2021	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	7,2	4,4

Figura 5 – Rede de fitoplâncton.



Figura 6 – Frasco coletor da rede de fitoplâncton.



A coleta do material foi realizada conforme os métodos propostos para o estudo de taxonomia de microalgas continentais (BICUDO & MENEZES, 2006). Os lançamentos da rede de fitoplâncton foram realizados através de arrastos horizontais na superfície da água, próximo à margem em regiões próximas as comportas, meio e lados dos viveiros (Figura 7), numerosas vezes quantas fossem necessárias para alcançar uma quantidade razoável de material, com o objetivo de concentrar uma massa de coloração esverdeada no fundo do frasco coletor da rede, essa massa mucilaginosa normalmente é rica em material de algas (OLIVEIRA, 2011). Após coletar uma concentração suficiente de material, o frasco coletor da rede é desrosqueado do corpo da rede e o material coletado é despejado em garrafa plástica tipo PET de 500 mL (Figura 8).

Figura 7 – Lançamento da rede de fitoplâncton em arrastos horizontais.



Figura 8 – Amostras de microalgas acondicionadas em garrafas PET para análise em laboratório.



O material foi acondicionado fresco, a fim de manter a coloração, movimento e estrutura características das células das microalgas, em temperatura ambiente, devidamente etiquetadas e direcionadas ao Laboratório de Ecologia Vegetal (LEVE), nas dependências da unidade de ensino na UFAL Penedo onde foram deixadas em locais com boa iluminação e ventilação.

3.3 Identificações do material biológico

Em laboratório, as amostras foram identificadas em prazo de até 48 h após a coleta, sendo analisadas com auxílio de microscópio óptico seguindo o método de Oliveira (2011), que se dá através de esgotamento taxonômico. Com o preparo de 4 lâminas no mínimo, o

esgotamento taxonômico tem como objetivo analisar o material numa sessão de 4 lâminas onde, se analisada as 4 lâminas e todas apresentarem a mesma variedade de morfotipos, é considerado que não existe mais variedade na amostra e a análise finaliza. Caso durante a sessão de 4 lâminas apareça algum morfotipo novo, ou seja, apareça alguma microalga não vista em lâminas anteriores, se inicia outra sessão de mais 4 lâminas e assim sucessivamente até o esgotamento taxonômico da variedade de toda amostra coletada.

Os grupos de microalgas encontrados foram identificados até o menor nível taxonômico possível com base na chave de identificação e descrição de BICUDO & MENEZES (2008). O site Algaebase foi usado para conferir as classificações mais atuais quanto à nomenclatura dos gêneros e espécies que foram identificados.

3.4 Análise de dados

Para testar os efeitos de sazonalidade, ano e fase de cultivo, utilizamos o pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2020) foi construído um modelo linear baseado em distância (DistLM) que permitiu testar se a diferença entre as assembleias era orientada pelas variáveis de interesse que foram estação, ano e local de coleta. Para isso, construiu-se uma matriz de similaridade da assembleia fitoplanctonica baseada na distância de Jaccard, adequada para dados de presença e ausência (MAGURRAN, 2013). Após isso, inseriu-se as variáveis ano, estação (seca ou chuvosa) e local de coleta (fases de cultivo e afluentes) como variáveis explicativas. O modelo foi simplificado até sua forma mais simples através da retirada de variáveis não significativas, considerando um $\alpha = 0,05$. Para representar graficamente as diferenças utilizou-se o escalonamento multidimensional não métrico, realizadas no pacote MASS (VENABLES & RIPLEY, 2002).

Posteriormente, para verificar quais espécies tinham maior influência na diferença entre as assembleias utilizou-se a função *'multipatt'* do pacote *indicspecies* (DE CACERES & LEGENDRE, 2009), que calcula valores de indicação para cada espécie em relação às variáveis do modelo e encontra o grupo de espécies com maior associação a cada variável. Todas as análises foram realizadas no ambiente R (R CORE TEAM, 2021).

4 RESULTADOS

4.1 Padrões gerais de espécies das assembleias fitoplanctônica da região de Brejo Grande – SE

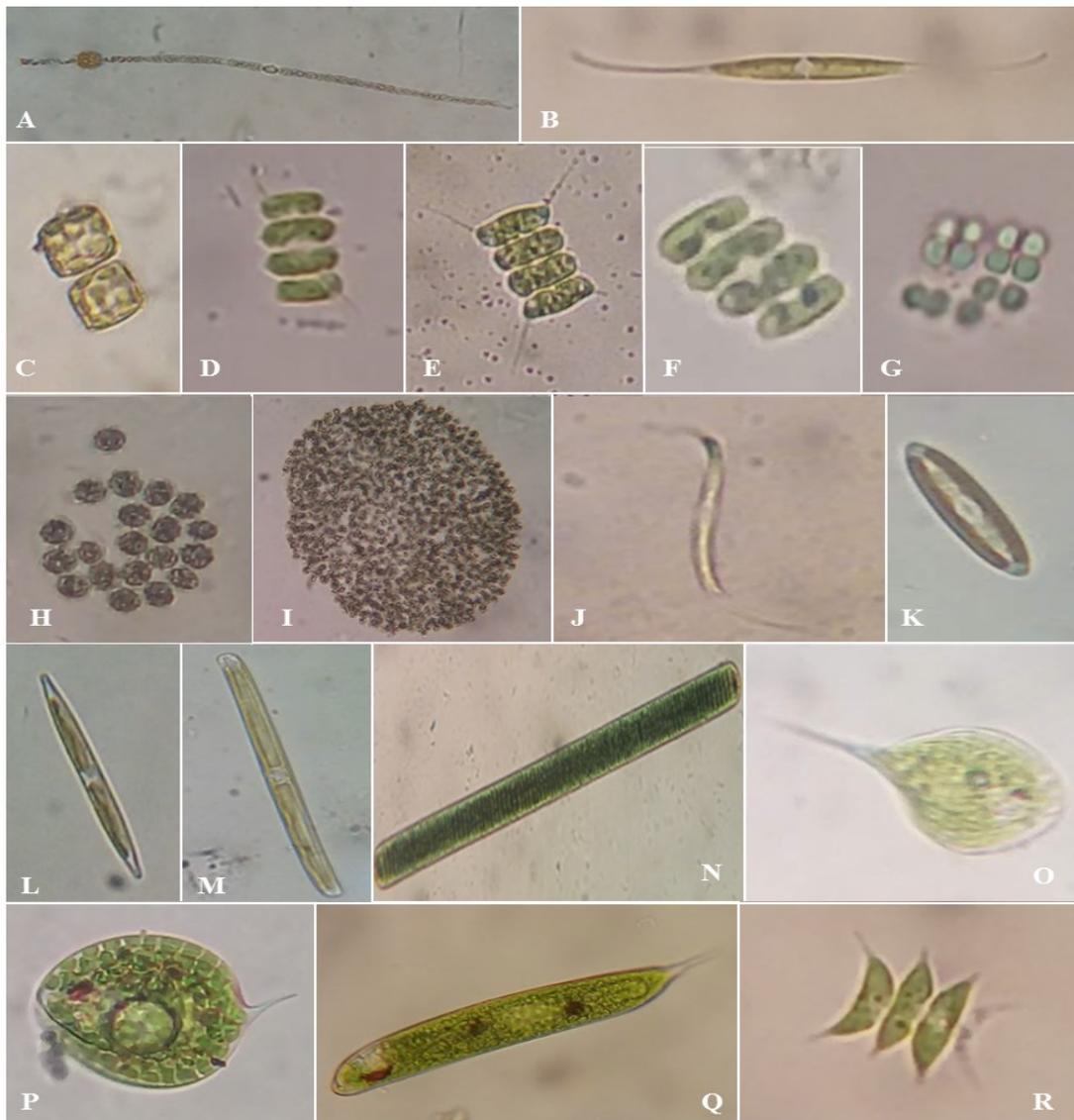
Foram identificados 121 morfotipos diferentes e 54 espécies, distribuídos em 7 filos, pertencentes a 39 famílias e 59 gêneros (Tabela 3). Cyanobacteria foi o filo que apresentou maior riqueza durante todo o estudo, enquanto Chlorophyceae e Bacillariophyta apresentaram maior diversidade de morfologia dos organismos (Figura 9). Dentre os filos que apresentaram menor riqueza, Charophyta apresentou 9 táxons, enquanto Ochrophyta e Miozoa a apresentaram um único representante durante todo o período de estudo, sendo uma espécie do gênero *Goniochloris* e uma espécie do gênero *Gymnodinium* respectivamente.

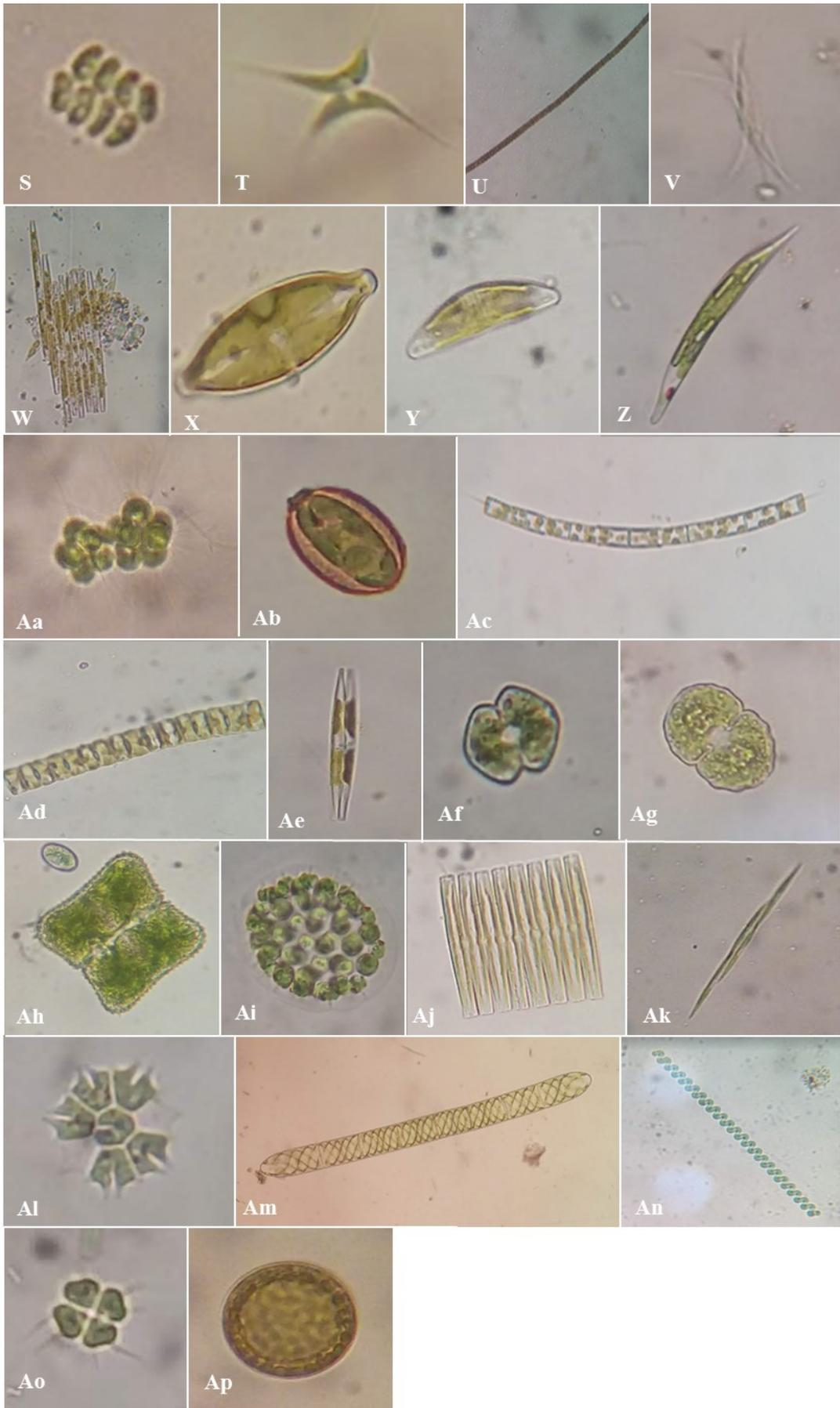
As estações e locais de coletas não apresentaram variações significativas na estrutura das assembleias de microalgas. Alguns gêneros e espécies se apresentaram com maior frequência durante todo o período de estudo, destacando: *Anabaena sp.* (Figura 9A) *Closterium setaceum* (Figura 9B) *Cyclotella meneghiniana* (Figura 9C) *Desmodesmus bicaudatus* (Figura 9D) *D. opoliensis* (Figura 9E) *D. serratus* (Figura 9F) *Merismopedia punctata* (Figura 9G) *Microcystis wesembergi* (Figura 9H) *M. aeruginosa* (Figura 9I) *Monoraphidium contortum* (Figura 9J) *Navicula schoenfeldii* (Figura 9K) *Nitzschia palea* (Figura 9L) *N. sigmoidea* (Figura 9M) *Oscillatoria limosa* (Figura 9N) *Phacus longicauda* (Figura 9O) *P. curvicauda* (Figura 9P) *Euglena oxyuris* (Figura 9Q) *Scenedesmus acuminatus* (Figura 9R) *S. arcuatus* (Figura 9S) *Dicloster sp* (Figura 9T) e *Planktothrix agardhi* (Figura 9U). Enquanto outros gêneros e espécies se apresentaram com menor frequência durante todo o período de estudo, destacando: *Ankistrodesmus falcatus* (Figura 9V) *Bacillaria paxillifera* (Figura 9W) *Anomoeoneis sphaerophora* (Figura 9X) *Cymbella sp.* (Figura 9Y) *Euglena acus* (Figura 9Z) *Micractinium sp.* (Figura 9Aa) *Trachelomonas scabra* (Figura 9Ab) e *Aulacoseira granulata* (Figura 9Ac).

A composição das assembleias de microalgas variaram entre os anos de coleta, onde o ano de 2021 diferiu de 2019 e 2020, apresentando uma mudança significativa na composição das assembleias. Para o ano de 2021, foi observada a ocorrência de gêneros e espécies que ainda não tinham sido registrados durante o período de estudo, destacando-se: *Achnanthes sp.* (Figura 9Ad) *Amphora inflexa* (Figura 9Ae) *Cosmarium sp.* 1,2 e 3 (Figura 9Af,Ag,Ah) *Eudorina elegans* (Figura 9Ai) *Eunotia pectinalis* (Figura 9Aj) *Monoraphidium sp.* (Figura

9Ak) *Pediastrum* sp. (Figura 9Al) *Spirogyra* sp. (Figura 9Am) *Spirulina* sp. (Figura 9An) *Tetrastrum heteracanthum* (Figura 9Ao) e *Thalassiosira* sp. (Figura 9Ap).

Figura 9 – Principais espécies de microalgas encontradas na região de Brejo Grande – SE durante o período de estudo: **A)** *Anabaena* sp., **B)** *Closterium setaceum* **C)** *Cyclotella meneghiniana* **D)** *Desmodesmus bicaudatus* **E)** *D. opoliensis* **F)** *D. serratus* **G)** *Merismopedia punctata* **H)** *Microcystis wesembergi* **I)** *M. aeruginosa* **J)** *Monoraphidium contortum* **K)** *Navicula schoenfeldii* **L)** *Nitzschia palea* **M)** *N. sigmoidea* **N)** *Oscillatoria limosa* **O)** *Phacus longicauda* **P)** *P. curvicauda* **Q)** *Euglena oxyuris* **R)** *Scenedesmus acuminatus* **S)** *S. arcuatus* **T)** *Dicloster* sp., **U)** *Planktothrix agardhi* **V)** *Ankistrodesmus falcatus* **W)** *Bacillaria paxillifera* **X)** *Anomoeoneis sphaerophora* **W)** *Cymbella* sp., **Z)** *Euglena acus* **Aa)** *Micractinium* sp., **Ab)** *Trachelomonas scabra* **Ac)** *Aulacoseira granulata* **Ad)** *Achnanthes* sp., **Ae)** *Amphora inflexa*, **Af - Ag - Ah)** *Cosmarium* sp.1,2 e 3, **Ai)** *Eudorina elegans* **Aj)** *Eunotia pectinalis* **Ak)** *Monoraphidium* sp., **Al)** *Pediastrum* sp., **Am)** *Spirogyra* sp., **An)** *Spirulina* sp., **Ao)** *Tetrastrum heteracanthum* **Ap)** *Thalassiosira* sp.





Algumas espécies ocorreram em locais, estações e anos de coletas específicos, outras espécies foram compartilhadas por todos os locais, estações e anos de coleta, para demonstrar essa situação foi utilizado o diagrama de Venn por estação, local e ano de coleta (Figura 10). Nesses diagramas é possível perceber que tanto para estação de coleta (seca/chuvosa) quanto para o local de coleta (viveiros iniciais/finais/afluentes de saída/de entrada) houve alto número de espécies compartilhadas e baixo número de espécies exclusivas. Nos diagramas do ano de coleta, entretanto, é possível perceber que apesar do alto número de espécies compartilhadas pelos três anos, o ano de 2021 apresentou um alto número de espécies exclusivas.

Figura 10 – Número de espécies compartilhadas e exclusivas por estação, locais e anos de coleta.

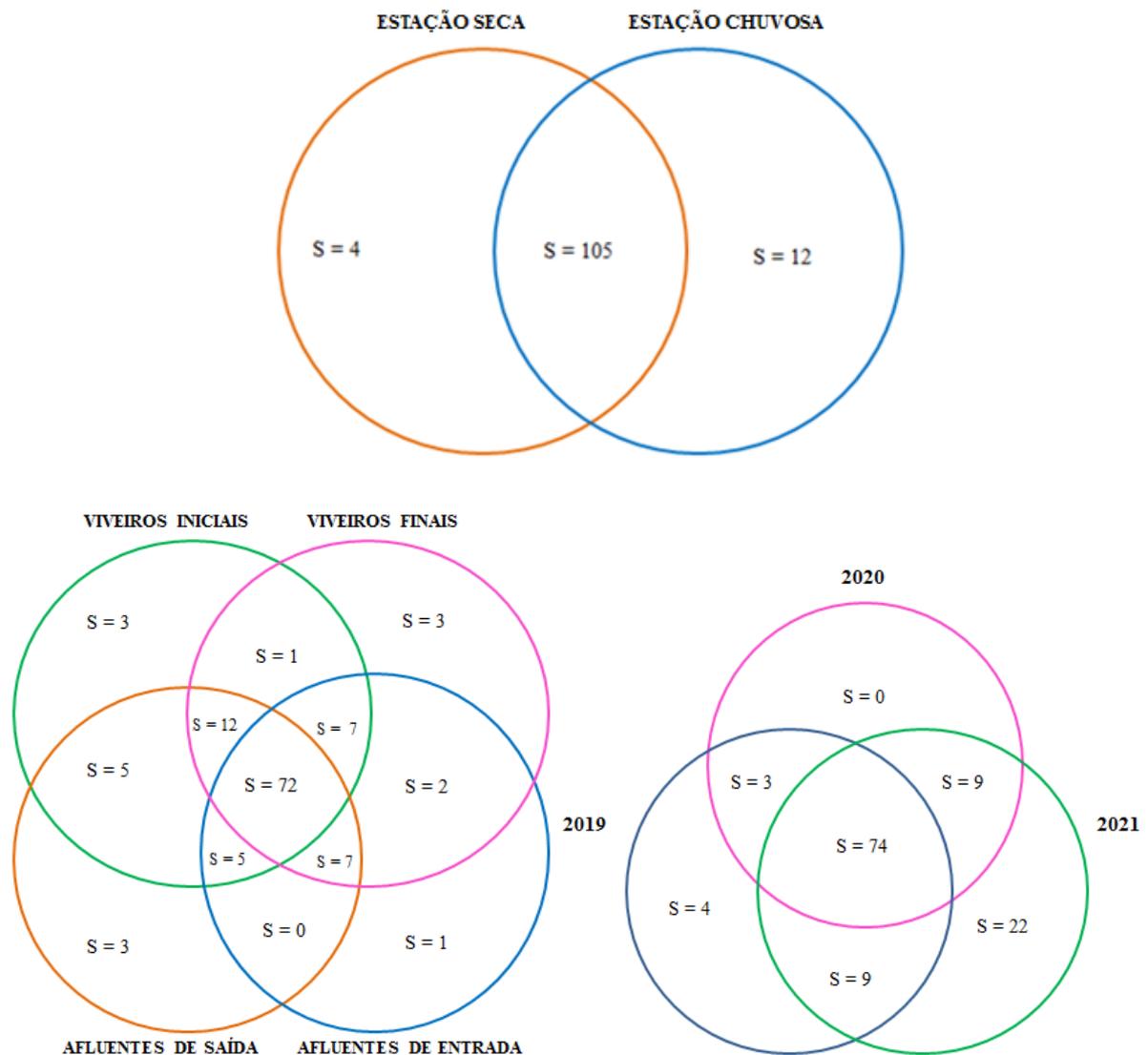


Tabela 3 – Microalgas encontradas nos anos de 2019, 2020 e 2021 em viveiros iniciais (V.I), viveiros finais (V.F), afluentes antes (A.A) e afluentes depois (A.D) durante as estações secas e chuvosas.

Filos	Espécies	2019								2020				2021								
		Seca				Chuvosa				Seca				Seca				Chuvosa				
		V. I	V. F	A. A	A. D	V. I	V. F	A. A	A. D	V. I	V. F	A. A	A. D	V. I	V. F	A. A	A. D	V. I	V. F	A. A	A. D	
Cyanobacteria	<i>Anabaena sp. 1</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Anabaena sp. 2</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Anabaena sp. 3</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Anabaena sp. 4</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Anabaena sp. 5</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>						X									X	X					
	<i>Anabaenopsis sp.</i>						X										X					
	<i>Asterocapsa sp.</i>	X																	X			X
	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>		X	X	X	X	X					X										X
	<i>Cylindrospermopsis sp.</i>		X		X		X	X				X										X
	<i>Komvophoron crassum</i>	X					X			X				X				X			X	X
	<i>Merismopedia punctata</i>	X	X	X		X					X		X				X	X	X			
	<i>Microcystis wesembergi</i>		X	X	X					X							X					
	<i>Oscillatoria limosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Oscillatoria sp. 1</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X			
	<i>Oscillatoria sp. 2</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Planktothrix agardhi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	
	<i>Planktothrix isothrix</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X				X	X	X	X	
	<i>Planktothrix planctonica</i>	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X
	<i>Pseudoanabaena sp.</i>	X			X	X	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X
<i>Raphidiopsis brookii</i>				X	X					X	X	X	X				X	X	X	X	X	
<i>Snowella sp.</i>	X			X		X		X	X	X	X	X				X	X	X		X	X	
<i>Spirulina sp.</i>																		X	X		X	

	<i>Scenedesmus sp. 1</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		
	<i>Scenedesmus sp. 2</i>	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		
	<i>Scenedesmus sp. 3</i>	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X			X	X	X		X	X		
	<i>Schroederia sp.</i>	X			X		X		X	X	X	X	X			X	X	X		X	X		
	<i>Tetrastrum heteracanthum</i>																	X	X	X			
	<i>Ulothrix sp.</i>																	X		X	X		
Bacillariophyta	<i>Achnanthes sp.</i>													X	X	X		X	X	X			
	<i>Amphora inflexa</i>																	X	X	X	X		
	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>					X	X			X	X					X							
	<i>Aulacoseira granulata</i>					X				X		X	X								X		
	<i>Bacillaria paxillifera</i>							X				X				X	X	X	X	X	X		
	<i>Bacillaria sp.</i>						X					X				X	X	X	X	X	X		
	<i>Cocconeis sp.</i>							X	X			X		X									
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	X		X	X	X	X				X		X	X	X	X				X	X	
	<i>Cylindrotheca sp.</i>											X		X								X	
	<i>Cymbella sp. 1</i>												X						X			X	
	<i>Cymbella sp. 2</i>												X						X	X	X	X	
	<i>Eunotia pectinalis</i>														X	X	X	X			X	X	
	<i>Gyrosigma fasciola</i>								X					X									
	<i>Gyrosigma spenceri</i>					X				X				X				X				X	X
	<i>Navicula gregária</i>	X				X																	
	<i>Navicula incertat</i>	X				X																	
	<i>Navicula schoenfeldi</i>	X	X		X	X			X			X		X			X			X	X	X	
	<i>Navicula sp. 1</i>	X	X	X	X	X			X			X	X	X			X			X	X	X	
<i>Navicula sp. 2</i>	X			X				X			X	X	X			X			X	X	X		

	<i>Euglena sp. 2</i>	X	X	X	X	X			X		X		X	X	X	X	X		X	X		
	<i>Euglena sp. 3</i>	X	X		X	X			X		X		X	X	X	X	X		X	X		
	<i>Phacus anomalus</i>		X	X	X	X	X			X		X	X		X				X	X		
	<i>Phacus curvicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X						X					X	X		
	<i>Phacus longicauda</i>		X		X	X		X	X	X	X	X	X							X		
	<i>Phacus pyrum</i>		X		X			X	X	X		X	X			X				X		
	<i>Phacus sp.1</i>	X	X	X								X	X	X		X				X		
	<i>Phacus sp.2</i>							X	X			X	X	X						X		
	<i>Phacus tortus</i>		X		X	X		X	X	X	X		X									
	<i>Strombomonas sp.</i>					X													X			
	<i>Trachelomonas scabra</i>			X				X				X							X			
	<i>Trachelomonas sp</i>			X				X				X							X			
Charophyta	<i>Closterium moniliferum</i>			X		X	X		X				X	X					X		X	
	<i>Closterium setaceum</i>		X	X		X	X		X				X	X							X	
	<i>Closterium sp. 1</i>		X	X		X	X		X	X			X								X	
	<i>Closterium sp. 2</i>		X	X		X	X		X	X											X	
	<i>Closterium vênus</i>		X						X													
	<i>Cosmarium sp. 1</i>																		X		X	
	<i>Cosmarium sp. 2</i>																		X	X	X	
	<i>Cosmarium sp.3</i>																		X		X	
	<i>Spirogyra sp.</i>													X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Staurodesmus sp.</i>													X	X		X	X		X	X	
Ochrophyta	<i>Goniochloris sp.</i>															X		X		X		

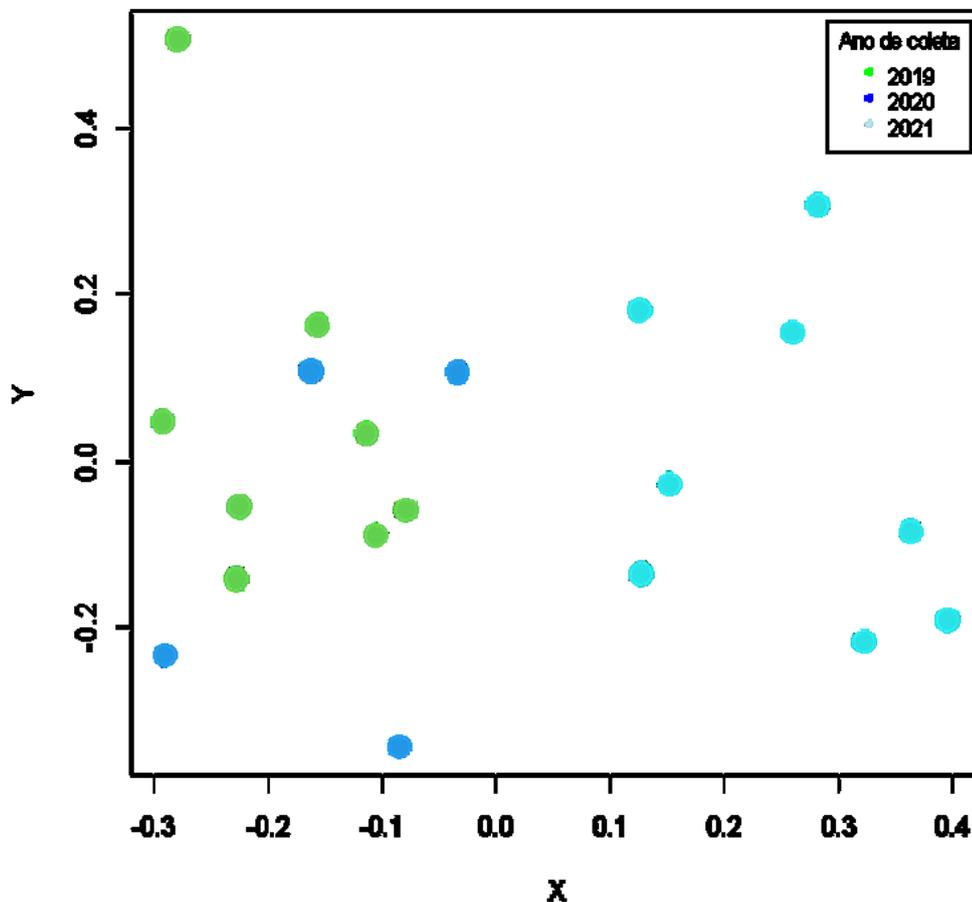
4.2 Variações nas assembleias de microalgas de acordo com fatores ambientais

O modelo linear baseado em distância mostrou que apenas a variável Ano apresentou efeito significativo sobre a similaridade de assembleias de microalgas (Tabela 4). Foi possível observar que o ano foi responsável por 18% da variação da estrutura das assembleias entre os anos. Avaliando os anos 2019, 2020 e 2021 é possível perceber que essa variação se deve, principalmente, à diferença entre o ano de 2021 e os dois anos anteriores (Figura 11).

Tabela 4 – Modelo linear baseado na distância entre os anos do estudo.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Quadrados médios	G. L.	Valor F	R ²	P
Ano	0.6318	0.63175	1	4.07	0.18	< 0.001
Resíduos	2.7928	0.15515	18		0.81	
Total	3.4245		19		1	

Figura 11 – Escalonamento multidimensional não métrico mostrando a similaridade das assembleias amostradas em cada coleta nos anos de 2019, 2020 e 2021.



A análise de valor de indicação mostrou que algumas espécies estiveram associadas a determinados anos de coleta, sendo que o ano de 2021 foi o que apresentou maior número de espécies associadas a ele (Tabela 5).

Tabela 5 – Gêneros e espécies de microalgas mais representativas (ValorIndval) por ano e por combinações entre os anos do estudo.

Período	Espécies	Valor Indval	P
2019	<i>Phacus curvicauda</i>	0.853	0.006
2020	<i>Actinochloris</i> sp.	0.802	0.013
	<i>Aulacoseira granulata</i>	0.750	0.039
2021	<i>Achnanthes</i> sp.	0.866	0.005
	<i>Amphora inflexa</i>	0.70	0.049
	<i>Eunotia pectinalis</i>	0.866	0.004
	<i>Monoraphidium</i> sp1	0.791	0.008
	<i>Monoraphidium</i> sp2	0.791	0.008
	<i>Pediastrum</i> sp.	1	0.001
	<i>Pedistrum tetras</i>	0.935	0.001
	<i>Spirogyra</i> sp.	1	0.001
	<i>Staurodesmus</i> sp.	0.866	0.004
	<i>Thalassiosira</i> sp.	0.866	0.008
2019 + 2020	<i>Planktothrix agardhi</i>	0.97	0.001
2020 + 2021	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0.874	0.031
	<i>Thalassiosira</i> sp2	0.764	0.032

5 DISCUSSÃO

Em relação à variação das assembleias de microalgas entre as estações secas e chuvosas, e entre os viveiros iniciais e finais, os resultados do estudo não validaram essas hipóteses. Já em relação a variação não se apresentar de maneira significativa para as assembleias de microalgas entre os viveiros e os afluentes, devido ao fluxo de água ocorrer em um mesmo sentido tanto para abastecimento quanto para drenagem, foi uma hipótese corroborada pelos dados levantados neste trabalho.

Os resultados deste trabalho mostram que Cyanobacteria, Bacillariophyta e Chlorophyceae foram às divisões com maior riqueza de espécies durante todo o estudo. Para Cyanobacteria, espécies dos gêneros *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Planktothrix* e *Microcystis* foram mais frequentes. Bacillariophyta, apresentou espécies dos gêneros *Cyclotella*, *Navicula*, *Aulacoseira* e *Nitzschia* como mais frequentes. A divisão Chlorophyceae apresentou os gêneros *Coelastrum* e *Scenedesmus*. Cardoso et al., (2016) apresentaram padrões semelhantes de dominância desses gêneros, em um estudo realizado na bacia do rio São Francisco, comprovando que a dominância de Cyanobacteria pode estar associada às condições climáticas da região Nordeste, como altas temperaturas e altas taxas de radiação solar. Souza et al, (1999) em um estudo realizado no estuário do rio São Francisco em Brejo Grande – SE durante as estações secas e chuvosas, mostram que tanto em termos de abundância quanto de frequência, Bacillariophyta se mostrou do mais abundante, destacando a predominância do gênero *Aulacoseira sp.* Esses resultados são associados a cargas de nutrientes que o rio recebe principalmente fósforo e nitrogênio, derivado de atividades de agroindústria e a monocultura que utiliza intensa fertilização, fazendo com que a água da chuva transporte grandes concentrações de nitrogênio, além da própria dinâmica do ambiente. Reimcke et al., (2021) em um estudo mais recente, identificaram 38 táxons de Bacillariophyta coletadas no rio São Francisco e concluíram como mais frequentes os gêneros *Cyclotella* e *Navicula*. Alves et al., (2016) em um estudo realizado no município de Paulo Afonso – BA, com coletas realizadas no rio São Francisco, apresentou a divisão Chlorophyceae como mais abundante, destacando os gêneros *Coelastrum* e *Scenedesmus*.

Não houve diferença significativa quando comparada as estações secas e chuvosas nos anos de coleta. A diferença de área, visto que o presente estudo foi realizado em ambiente de cultivo de camarão pode ser o motivo pelo qual não houve variações das assembleias de microalgas dentro dos viveiros e nos afluentes nas estações secas e chuvosas do estudo, pois o

cultivo sofre influências antrópicas com o objetivo de promover determinados grupos de microalgas dentro do sistema.

Este estudo foi realizado em sistemas de cultivo semi-intensivo, com única comporta de abastecimento e drenagem, onde os viveiros são abastecidos e drenados através de afluentes interligados ao Rio São Francisco. Durante todo o estudo não houve diferenças significativas quanto às microalgas identificadas nos viveiros iniciais e finais e nos afluentes, situação já esperada, visto que a distribuição dos viveiros favorece o fluxo de água em um mesmo sentido tanto para drenagem quanto para abastecimento. Neto (2018), em um estudo qualitativo e quantitativo realizado no litoral sul de Pernambuco, em viveiros de cultivo de *L. vannamei* em sistema semi-intensivo com abastecimento e drenagem realizado por comportas distintas, observou que independente do ambiente, Cyanobacteria apresentou maior abundância, sendo classificado como mais frequente, enquanto Bacillariophyta se apresentou em maior riqueza quanto à morfologia dos organismos identificados. Esse padrão de riqueza foi o mesmo caracterizado pelas assembleias de microalgas identificadas durante o estudo na região de Brejo Grande - SE, além desses filos, Chlorophyceae apresentou-se também com um grande número de morfotipos. De Barros Campos et al., (2018), observaram um padrão de riqueza diferente quanto às assembleias de microalgas, mostrando domínio de Chlorophyceae, seguido de Bacillariophyta e Cyanobacteria o estudo qualitativo e quantitativo foi realizado em sistema de cultivo de *L. vannamei* no estado do Ceará, com sistema de abastecimento e drenagem igual ao da região de Brejo Grande – SE.

O ano foi a variável responsável pela variação das assembleias de microalgas na região e este resultado pode estar relacionado ao fato de que em 2021 houve um aumento significativo do retorno das atividades de rizicultura que antigamente era caracterizada como uma atividade tradicional do município e como consequência, a principal fonte de renda familiar. Dados do IBGE (2018) mostram que houve uma mudança quanto ao uso de área na região, onde a carcinicultura e a piscicultura se apresentaram como o novo rumo financeiro no município e em todo litoral de Sergipe (SILVA, 2020). Apesar do desenvolvimento rápido e lucrativo que a carcinicultura exerceu sobre o município por muitos anos, o estudo mostra que atualmente boa parte da região retornou com a rizicultura, o principal motivo para esse retorno foi por conta da pandemia devido ao Covid-19. Durante o estudo os produtores confirmaram que a pandemia desacelerou a carcinicultura na região por conta de inúmeros prejuízos com a venda dos camarões o que inviabilizou o retorno de lucros e a continuidade

da maioria dos cultivos. Assim, a maioria dos viveiros onde foram feitas coletas nos anos de 2019 e 2020 são usados atualmente para atividades de rizicultura.

O estudo realizado na região de Brejo Grande – SE apresentou a ocorrência de *Spirogyra* em viveiros de camarão com o retorno das atividades de rizicultura no ano de 2021 e a presença da espécie *Eudorina elegans*. A adubação realizada na rizicultura tem como base nitrogênio, fósforo e potássio (SCIVITTARO & GOMES, 2007). Esses nutrientes são fundamentais para o desenvolvimento do fitoplâncton em sistemas de cultivo. Ravasa (2013) e Cassol (2013) observaram durante estudos sobre microalgas em cultivo de arroz, que Cyanobacteria, Chlorophyceae e Charophyta registraram maiores contribuições no sistema de cultivo de arroz, destacando o gênero *Spirogyra* como mais representativo e a espécie *Eudorina elegans* como mais abundante. Reynolds et al, (2002) relaciona altas cargas de nutrientes a presença do gênero *Eudorina*. O aumento de representantes da classe Charophyta pode estar associado ao fato de que algumas espécies dessa divisão possuem adaptações associadas a plantas, o que explica a adição da biomassa ao longo do crescimento das plantas de arroz (BIOLO et al., 2008).

Quando comparados, a rizicultura e a carcinicultura apresentam muitas semelhanças, como a necessidade de superfície inundada e de infraestruturas que demarcam tanques/lagoas para o aprisionamento da água (SILVA, 2020). O motivo para destacar o ano como principal variável responsável pela modificação das assembleias fitoplanctônica é a mudança do uso do solo. As modificações e o desenvolvimento do fitoplâncton são rapidamente influenciados por condições de estresse ecológico (NOGUEIRA & MATSUMURA, 1996). O cultivo de arroz proporciona o desenvolvimento do fitoplâncton por ocorrer em área inundada, associada à adubação e a elevadas temperaturas (RAVASA, 2013).

6 CONCLUSÃO

O ano de coleta foi a única variável responsável pela variação das assembleias de microalgas na região de Brejo Grande – SE, com o ano de 2021 sendo destaque na modificação da estrutura das assembleias fitoplanctônicas. Essa modificação foi caracterizada devido à mudança no uso do solo, com a desaceleração da carcinicultura onde a maioria dos produtores retornaram com as atividades de rizicultura. O cultivo de arroz utiliza nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento do fitoplâncton, o que possivelmente promoveu modificações nas assembleias de microalgas na região. A influência dos diferentes locais de coleta e dos diferentes períodos do estudo, não foi suficiente para determinar variações nas assembleias de microalgas. Independente de ano, estação ou local de coleta, Cyanobacteria foi a divisão com maior riqueza de espécies durante todo o estudo, sendo que o excesso de nutrientes e as condições climáticas da região podem ser responsáveis por esse resultado. Estudos complementares que avaliem a estruturação das assembleias de microalgas associadas às condições de rizicultura e carcinicultura na região de Brejo Grande – SE se fazem necessários, visto que a mudança de uso de solo promoveu modificações das microalgas presentes dentro dos viveiros.

REFERÊNCIAS

- ABCC; MAPA. **Utilização e Manejo de Berçários Intensivos e Raceways com ênfase no Aumento do Número de Ciclos de Cultivos por Ano e Controle e/ou Exclusão de Enfermidades**. Rio Grande do Norte: ABCC, 2018.
- ALVES, neise mare souza et al. **Mudanças no cotidiano das comunidades tradicionais pesqueiras de Brejo Grande–Sergipe, Brasil** (changes of the daily life of the traditional fishing communities of Brejo Grande-Sergipe, Brazil). *Revista geonordeste*, n. 1, p. 187-202, 2017.
- ALVES, T. et al. **Composição fitoplanctônica da água e do trato gastrointestinal do molusco *Diplodon enno* (Ortmann) do rio São Francisco (BA-Brasil)**. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, n. 2, p. 352-359, 2016.
- AZEVEDO, S. M. F. O.; BRANDÃO, C. C. S. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. 56p, 2003.
- BANERJEE, Sanjoy et al. **Enhancement of *Penaeus monodon* shrimp postlarvae growth and survival without water exchange using marine *Bacillus pumilus* and periphytic microalgae**. *Fisheries Science*, v. 76, n. 3, p. 481-487, 2010.
- BARBOSA, José Milton et al. **Evolução da atividade agrossilvipastoril na região e Brejo Grande, Estado de Sergipe: Carcinicultura**. *Notícias da Agroflorestalis*, v. 3, n. 1, pág. 52-60, 2018.
- BARBOSA, T. **Cianobactérias tóxicas e processos de remoção**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- BARROS, A. H. C.; FILHO J. C. de A.; SILVA A. B.; SANTIAGO G. A. C.F. **Climatologia do Estado de Alagoas Dados eletrônicos**. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos*, ISSN 1678-0892; 211. Recife: 2012.
- BICUDO, CE de M.; MENEZES, Mariângela. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**. São Carlos, Rima, 2006.

BIOLO, Stefania; SIQUEIRA, Natália Silveira; BUENO, Norma Catarina. **Desmidiaceae (exceto Cosmarium) de um tributário do Reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil.** Hoehnea, v. 35, p. 309-326, 2008.

BOLD, H. C. **Introduction to the algae: Structure and Reproduction.** Ed.:2a. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1985.

BONEY, A. D. **Phytoplankton Edward Arnold** (publisher) Ltd. London, 116pp, 1975.

BORBA, A. G. **Estudo preliminar do ciclo nictimeral de parâmetros físico- químicos da água nos viveiros de camarões.** Revista da ABCC, ano 2, nº 1, p. 43, abril/2000.

BOYD C. E. 1990 **Water Quality or Pond Aquaculture.** 1a ed. Auburn: Auburn University, 482p

BOYD, Claude E.; TUCKER, Craig S. **Ecology of aquaculture ponds.** In: Pond aquaculture water quality management. Springer, Boston, MA, 1998. p. 8-86.

BRAZ FILHO, P.A. **Prospecto turfa (Baixo rio São Francisco).** Salvador, CPRM/SUREG. (Relatório C.C. 2606/010), 27p. (1980)

BRITO, Luis Otavio et al. **Effect of the addition of diatoms (*Navicula spp.*) and rotifers (*Brachionus plicatilis*) on water quality and growth of the *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in a biofloc system.** Aquaculture Research, v. 47, n. 12, p. 3990-3997, 2016.

BUFORD, M. **Phytoplankton dynamics in shrimp ponds.** Aquaculture Research, 28;351-360, 1997

CÁCERES, Miquel De; LEGENDRE, Pierre. **Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference.** Ecology, v. 90, n. 12, p. 3566-3574, 2009.

CALIJURI, M. C. **A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP).** Teses de Livre-Docência, Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade São Paulo. São Carlos, Brasil, 1999.

CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A; DOS SANTOS, A.C.A 2006. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais.** São Carlos: Rima, 109p.

CAO, Yu-cheng et al. **Effects of dominant microalgae species and bacterial quantity on shrimp production in the final culture season.** Journal of applied phycology, v. 26, n. 4, p. 1749-1757, 2014.

CARDOSO, Ariane Silva et al. **Análise da presença do fitoplâncton em bacia integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco, região semiárida, Nordeste brasileiro.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 22, p. 261-269, 2016.

CASSOL, Ana Paula Vestena et al. **Microalgas em cultura de arroz: influência de diferentes manejos de adubação em áreas com residual de herbicidas (imidazolinonas).** Iheringia, Série Botânica., v. 68, n. 2, p. 261-271, 2013.

DA SILVA-LEHMKUHL, Angela Maria; LEHMKUHL, Elton Augusto; DE CAMPOS BICUDO, Denise. **Bioindicadores ambientais: o que as diatomáceas dizem sobre o ambiente humano.** Desenvolvimento e Meio Ambiente , v. 51, 2019.

DATSENKO, Iouri Sergeevitch; SANTAELLA, ST E. ARAÚJO. J. de C. **Peculiaridades do processo de eutrofização dos açudes da região semi-árida.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 1999. p. 1-7.

DE BARROS CAMPOS, Agnelo Augusto et al. **Descrição dos principais grupos fitoplanctônicos do afluente e efluente em fazenda de criação do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com sistema de recirculação parcial de água.** Boletim do Instituto de Pesca, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2018.

DE PAULA, Édison José et al. **Introdução à biologia das criptógamos.** São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2007.

DE SOUZA ALVES, Neise Mare et al. **Dinâmica Geoambiental, Processos Morfodinâmicos e uso das Terras em Brejo Grande, Baixo São Francisco–Sergipe.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 8, n. 2, 2007.

DERNER, Roberto Bianchini et al. **Efeito de fontes de carbono no crescimento e na composição bioquímica das microalgas *Chaetoceros muelleri* e *Thalassiosira fluviatilis*, com ênfase no teor de ácidos graxos poliinsaturados.** 2006.

DERNER, Roberto Bianchini et al. **Microalgas, produtos e aplicações.** Ciência Rural, v. 36, p. 1959-1967, 2006.

EDWARD, G. Bellinger; DAVID, C. Sige. **Freshwater algae identification and use as bioindicators**. A John Wiley & Sons, Ltd, v. 101, 2010.

ESKINAZI-LEÇA, E.; Koenig, M. L.; Silva-Cunha, M. G. G., 2004. **Estrutura e Dinâmica da Comunidade Fitoplanctônica**. In.: Oceanografia: Um cenário tropical / Org. por Eskinazi-Leça; Sigrid Neumann-Leitão; Mônica Ferreira da Costa. Recife: Bagaço. UFPE. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. 353 – 373 p.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência/Finep. Rio de Janeiro, 1988.

FERNANDES DE ARAÚJO BARBOSA, William. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica do estuário no do rio São Francisco (Alagoas/Sergipe, Brasil)**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de et al. **Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, n. 3, p. 231-240, 2006.

FONSECA, R.S. 2006 **Dinâmica da comunidade fitoplanctônica em um viveiro de engorda de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) no estado do Ceará**. Fortaleza. 90p. (Dissertação de Mestrado) Ciências Marinhas Tropicais, UFC).

FORE, Leska S.; GRAFE, Cynthia. **Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (USA)**. Freshwater Biology, v. 47, n. 10, p. 2015-2037, 2002.

FRANCESCHINI, Iara Maria et al. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Artmed Editora, 2009

GARCIA, Carlos Alexandre Borges; SANTOS, Gracylenne Prata; GARCIA, Helenice Leite. **Análise dos parâmetros físico-químicos dos viveiros de camarão na grande Aracaju, Sergipe, Brasil**. 2009

GE, Hongxing et al. **Effect of microalgae with semicontinuous harvesting on water quality and zootechnical performance of white shrimp reared in the zero water exchange system**. Aquacultural Engineering, v. 72, p. 70-76, 2016.

GÓMEZ-AGUIRRE, S.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R.1998 **El Fitoplancton**. In: MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R. Ecología de los sistemas acuícolas. México: AGT Editor. p. 77– 94.

- HUANG, Chen et al. **Effect of adding microalgae to whiteleg shrimp culture on water quality, shrimp development and yield.** Aquaculture Reports, v. 22, p. 100916, 2021.
- HULYAL, S. B.; KALIWAL, B. B. **Dynamics of phytoplankton in relation to physico-chemical factors of Almatti reservoir of Bijapur District, Karnataka State.** Environmental monitoring and assessment, v. 153, n. 1, p. 45-59, 2009.
- ISLABÃO, CAROLINA ANTUARTE. **Dinoflagelados planctônicos do extremo sul do brasil: identificação, distribuição e relação com fatores abióticos in situ e in vitro.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande.
- JIMÉNEZ-ORDAZ, Francisco J. et al. **Microalgae and probiotic bacteria as biofloc inducers in a hyper-intensive Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) culture.** Latin american journal of aquatic research, v. 49, n. 1, p. 155-168, 2021.
- KELLY, M. G.; WHITTON, Brian ALAN. **The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers.** Journal of applied phycology, v. 7, n. 4, p. 433-444, 1995.
- KREBS, C.J. **Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance.** San Francisco: Benjamin Cummings, 2009.
- KUBITZA, F. **Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões.** 1º edição. Jundáí, SP-Brasil. 2003.
- KUMAR, Pandian Suresh; THOMAS, Jibu. **Seasonal distribution and population dynamics of limnic microalgae and their association with physico-chemical parameters of river Noyyal through multivariate statistical analysis.** Scientific reports, v. 9, n. 1, p. 1-14, 2019.
- KYEWALYANGA, M. **Phytoplankton Primary Production.** In: united nations environment programme (UNEP). Regional State of the Coast Report: Western Indian Ocean. Nairobi, 2015. 546 p.
- LELIAERT F, SMITH DR, MOREAU H, HERRON MD, VERBRUGGEN H, DELWICHE CF, DE CLERCK O. 2012. **Phylogeny and molecular evolution of the green algae.** Critical Reviews in Plant Sciences 31: 1– 46

- LELIAERT F, VERBRUGGEN H, ZECHMAN FW. 2011. **Into the deep: new discoveries at the base of the green plant phylogeny**. *BioEssays* 33: 683– 692.
- LUKWAMBE, Betina et al. **Successional changes of microalgae community in response to commercial probiotics in the intensive shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) culture systems**. *Aquaculture*, v. 511, p. 734257, 2019.
- LUKWAMBE, Betina et al. **The effects of commercial microbial agents (probiotics) on phytoplankton community structure in intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) aquaculture ponds**. *Aquaculture international*, v. 23, n. 6, p. 1443-1455, 2015.
- LURLING, Miquel; TOLMAN, Yora; VAN OOSTERHOUT, Frank. **Cyanobacteria blooms cannot be controlled by Effective Microorganisms (EM®) from mud-or Bokashi-balls**. *Hydrobiologia*, v. 646, n. 1, p. 133-143, 2010.
- MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Editora UFPR. 2013.
- McCORMICK, P. V.; CAIRNS-JUNIOR, J. **Algae as indicators of environmental change**. *Journal of Applied Phycology*, v. 6, p. 509-526, 1994.
- MORO, Giovani V.; RODRIGUES, Ana Paula O. **Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento**. Embrapa Pesca e Aquicultura-Documents (INFOTECA-E), 2015.
- MULLER-FEUGA, Arnaud. **The role of microalgae in aquaculture: situation and trends**. *Journal of applied phycology*, v. 12, n. 3, p. 527-534, 2000.
- NETO, João Batista PEREIRA et al. **Avaliação das comunidades planctônica e bentônica de microalgas em viveiros de camarão (*Litopenaeus vannamei*)**. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, n. 4, p. 543-551, 2018.
- NOGUEIRA & MATSUMURA. **Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjoliho – São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas**. *Acta Limnol. Brasil.*, v. 8, p. 149-168, 1996
- NORTON, T.A et al. **Algal biodiversity**. *Phycologia*, n.35, p.308–326, 1996

NUNES, A. J. P., Gesteira, T. C. V., Goddard, S. **Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture** in NE Brazil. *Aquaculture*, Amsterdam, v.149, p. 121- 136, 1997.

OKSANEN Jari et al. **R package. vegan: Community Ecology Package.** version 2.5-7, 2020.

OLIVEIRA, D. B. F. **A fertilização e a boa presença das microalgas nos viveiros de camarão.** *Panorama da Aqüicultura*, v. 14, n. 86, p. 41-47, 2004.

OLIVEIRA, Ivania Batista de et al. **Zygnematophyceae (Streptophyta) da Área de Proteção Ambiental Litoral Norte, Bahia, Brasil.** 2011.

PADISÁK, J. **Use of algae in water quality monitoring.** In: j. Salánki & V. Istvánovics (eds). *Limnological bases of lake management. Proc. of the ILEC/UNEP Training Course: 73-82.internatlake environm. Committee Foundation, Shiga 1993.*

PAERL, H. W.; TUCKER, C. S. 1995 **Ecology of blue- green algae in aquaculture ponds.** *Journal of the*

PULZ, O.; GROSS, W. **Valuable products from biotechnology of microalgae.** *Applied Microbiology Biotechnology*, v.65, p.635-648, 2004.

RAVASA, Tiziane Horbach. **Fatores que favorecem o desenvolvimento de microalgas planctônicas em sistemas de arroz irrigado pré-germinado, no Sul do Brasil.** 2013.

RAVEN, J.A. Limits to growth. In: BOROWITZKA, M.A.: BOROWITZKA, L.J. (Eds). **Microalgal biotechnology.** Cambridge: Cambridge University, 1988. p.331-356.

REIMCKE, Jorge Vinicius Takahashi et al. **Banco de microalgas da classe de Diatomácea do rio São Francisco para avaliação ambiental.** *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, p. 15436-15442, 2021.

REYNOLDS, Colin S. et al. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton.** *Journal of plankton research*, v. 24, n. 5, p. 417-428, 2002.

REYNOLDS, Colin S. **Phytoplankton designer—or how to predict compositional responses to trophic-state change.** *Hydrobiologia*, v. 424, n. 1, p. 123-132, 2000.

ROY, S.S., PAL, R. **Microalgae in Aquaculture: A Review with Special References to Nutritional Value and Fish Dietetics**. Proc Zool Soc 68, 1–8 (2015).

SANTANA, Bruna Leidiane Pereira. **Transformações da paisagem e uso e ocupação das terras no município costeiro de Brejo Grande/Sergipe**. Revista de Geociências do Nordeste, v. 2, p. 1358-1367, 2016.

SANTOS, Margarida de Lourdes Melo Nelson dos. **Estrutura e dinâmica do fitoplânctone bacterioplâncton em cultivos de camarão no Rio Grande do Norte-Brasil: impacto sobre o ambiente natural**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SCHIMIEGELOW, J. M. M. **O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. da S. **Adubação e calagem para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007**.

SHEKHAR, TR Shashi et al. **Phytoplankton as index of water quality with reference to industrial pollution**. Journal of Environmental Biology, v. 29, n. 2, p. 233, 2008.

SILVA, Hebert Ruan da Conceição. **Entre manguezais, rios e restingas: soberania alimentar dos povos tradicionais pesqueiros e a carcinicultura no município de Brejo Grande/SE**. 2020.

SINDEN, A., Sinang, S.C. **Cyanobacteria in aquaculture systems: linking the occurrence, abundance and toxicity with rising temperatures**. Int. J. Environ. Sci. Technol. 13, 2855–2862 (2016).

SMOL, J. P.; STOERMER, E. F. Applications and use of diatoms: prologue. In: Smol, J. P.; Stoermer, E. F. (Eds.). **The diatoms: applications for the environmental and earth sciences**. 2 ed. New York: Cambridge University Press, 2010

SOUZA, M. R. M. et al. **Hidrologia e fitoplâncton do sistema estuarino do rio São Francisco, nordeste do Brasil**. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 27, n. 1, p. 15-31, 1999.

TAVARES, Tércio Dantas. **Acompanhamento das etapas de cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931).** 2002.

TAYLOR, F. J. R.; HOPPENRATH, Mona; SALDARRIAGA, Juan F. **Dinoflagellate diversity and distribution.** *Biodiversity and conservation*, v. 17, n. 2, p. 407-418, 2008.

TEAM, R. Core et al. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.

TEIXEIRA, A. P.; BRITO, A. O.; SOUZA, J. P. F.; SILVA, P. F. R. S. **Diatomáceas bioindicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos: uma revisão.** *Natureza online*, v. 16, n.2, p. 18-25, 2018

TORQUATO, Francisco Alisson da Silva. **Influência dos parâmetros ambientais na composição do fitoplâncton do Açude Jaburu I, Ceará, Brasil.** 2019.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistics with S fourth edition.** World. 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Editora UFMG, 1996.

WETZEL, R. G. **Limnologia.** 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

WU, NAICHENG et al. **Using river microalgae as indicators for freshwater biomonitoring: Review of published research and future directions.** *Ecological Indicators*, v. 81, p. 124-131, 2017.

YAAKOB, Zahira et al. **An overview: biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture.** *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2014.

ZHENG, Xiafei et al. **The effect of four microbial products on production performance and water quality in integrated culture of freshwater pearl mussel and fishes.** *Aquaculture Research*, v. 48, n. 9, p. 4897-4909, 2017.