



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ANIMAIS
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

LUCAS THALLES DE MEDEIROS

**“EFEITO DO GRADIENTE DE SALINIDADE NA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DE SALINA NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE”**

MOSSORÓ/RN

2022

LUCAS THALLES DE MEDEIROS

**“EFEITO DO GRADIENTE DE SALINIDADE NA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DE SALINA NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE”**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido, Departamento de Ciências Animais/CCA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientadora: Dra. Maria do Socorro R. F. Cacho
Coorientador: Dr. Rogério Taygra Vasconcelos
Fernandes

MOSSORÓ/RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

d488e de Medeiros, Lucas Thalles.
EFEITO DO GRADIENTE DE SALINIDADE NA
COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE
SALINANO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE /
Lucas Thalles de Medeiros. - 2022.
40 f. : il.

Orientadora: Maria do Socorro R. F.
CachoCacho.

Coorientadora: Rogério Taygra
VasconcelosFernandes.

Monografia (graduação) - Universidade
FederalRural do Semi-árido, Curso de
Engenharia de Pesca,
2022.

1. Fitoplâncton. 2. Salina solar. 3. Gestão
deprodução. 4. Sustentabilidade. I. Cacho,
Maria doSocorro R. F. Cacho, orient. II.
Fernandes, Rogério Taygra Vasconcelos, co-
orient. III.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em
conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUCAS THALLES DE MEDEIROS

**“EFEITO DO GRADIENTE DE SALINIDADE NA COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA DE SALINA NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE”**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido, Departamento de Ciências Animais/CCA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

APROVADA EM: 15 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

MARIA DO SOCORRO
RIBEIRO FREIRE NUNES
CACHO:12879010420

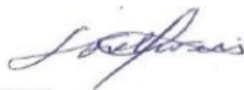
Assinado de forma digital por
MARIA DO SOCORRO RIBEIRO
FREIRE NUNES
CACHO:12879010420

Prof.^a. Dr.^a. Maria do Socorro Ribeiro Freire Cacho - UFERSA
Orientadora

IVANILSON DE SOUZA
MAIA:33300682487

Assinado de forma digital por IVANILSON
DE SOUZA MAIA:33300682487
Dados: 2022.06.17 16:31:37 -03'00'

Prof. Dr. Ivanilson de Souza Maia - UFERSA
Examinador 1



Ms. Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira
Examinador 2

“Dedico este trabalho a minha mãe Maria Francinete Fagundes de Medeiros (in memorian), com muito amor e saudade.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu DEUS pela dádiva da vida, pelo caminho que me fez chegar até aqui e fazer de mim quem sou com a esperança de dias melhores.

Agradeço ao meu Pai Francisco das Chagas de Medeiros e meu Irmão Daniel Vitor de Medeiros, que guiados por DEUS, sempre me instruíram e deram condições em todos os sentidos para continuar nos estudos, aos meus familiares de Mossoró que me receberam, acolheram na cidade e ajudaram de todas as formas.

Agradeço a minha namorada Myrlla Mota pelo incentivo constante, pela paciência que sempre teve comigo e por ser um dos meus grandes motivos de não ter abandonado os estudos em meus momentos de dificuldades, fraquezas e angústias, à família Mota, em especial minha sogra Maria Antônia Mota, por toda ajuda direta e indireta que foi de grande importância.

Agradeço a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Ribeiro Freire N. Cacho pela paciência e imprescindível orientação e colaboração durante todo período de graduação e neste estudo.

Agradeço ao Prof. Dr. Rogério Taygra Vasconcelos pela orientação e por todo o apoio neste trabalho

Agradeço a Ms. Lourdes Bernadete Campos e Ms. Terezinha Lúcia dos Santos, ambas pesquisadoras da Empresa Agropecuária do RN – EMPARN, e Ms Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira, Responsável Técnica da Aquanalous Laboratório, pelos ensinamentos válidos que fundamentaram minhas análises deste estudo.

Agradeço a UFRSA pelo tempo que nela passei, a todos os professores que de uma forma ou de outra me ensinaram muito, seja através dos conteúdos, das suas posturas e atitudes ou mesmo através das pessoas que são.

Agradeço aos amigos que fiz na UFRSA, Jesualdo Nunes, Paulo Matheus, Diogo Fernandes entre outros, que de alguma forma marcaram nessa longa caminhada e pelo companheirismo nas disciplinas mais complexas.

A todos meu MUITO OBRIGADO!

Quem sofre pelo futuro ou ruma o passado destrói
o único tempo em que é possível ser feliz, saudável
e desestressado: o presente

Augusto cury

RESUMO

Considerando a importância do fitoplâncton para o ecossistema de salinas e a mudança da salinidade como um fator estressante para a comunidade do microfitoplâncton o presente trabalho investigou o efeito do gradiente de salinidade na composição da comunidade fitoplanctônica de salina no semiárido Rio Grande do Norte. As coletas foram realizadas na fazenda Salina Serra Vermelha II, uma única vez, em outubro de 2021(período produtivo da salina), em sete pontos distintos identificados por P0,P1,P2,P3,P4,P5,P6 com as salinidades de 35‰, 62‰, 112‰, 118‰, 186‰, 234‰ e 255‰ respectivamente. O fitoplâncton foi constituído por Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae, apenas estudado os organismos microfitoplanctônico, com registro de 8 gêneros, 2 gêneros e 1 gênero respectivamente. Os táxons foram dominantes (Dom) Bacillariophyta 73,00%; pouco abundantes (P. Abu) Cyanophyta 18% e raro (Rar) Dinophyta 9%. O ponto P0 houve maior densidade total, 800 células/mL, com predominância da Classe Bacillariophyceae onde se destacou o gênero *Pleurosigma*, que apresentou um total de 200 células/mL nesse ponto. Para os demais pontos analisados, que possuem maiores gradiente de salinidade, foram registrados menores densidades da comunidade fitoplanctônica onde nos pontos P4, P5e P6 não houve registros. Quanto à frequência de ocorrência, 3 gêneros foram frequentes (*Navícula*, *Oscillatoria* e *Peridinium*) e 8 foram pouco frequentes (*Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Triceratium*, *Nitzschia*, *Amphiprora*, *Cyclotella*, *Craticula* e *Pseudoanabaena*). Os índices de diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidades e riquezas fitoplanctônica foram maiores no ponto P0, ponto de menor gradiente de salinidade, com valores de 2.24, 0.935 e 11 respectivamente. Já para os demais pontos de coletas com maiores gradientes de salinidades, os valores foram decrescendo, indicando que o gradiente de salinidade é fator limitante para os fitoplânctons. Para a relação linear entre os diferentes teores de salinidade e a diversidade dos organismos encontrados, o valor do coeficiente correlação de Pearson (r) foi de - 0,9118 com 0,5% de significância e equação da regressão linear ($y = -0,0091x + 2,0123$) com coeficiente de determinação ($r^2 = 0,8314$). Já para as relações lineares entre os teores de gradiente de salinidade e a equitabilidade e riqueza de espécies os valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) foram -0,9463 com 0,5% de significância e - 0.8346 com 1% de significância, respectivamente, com as respectivas equações da regressão linear $y = -0,0052x + 1,2329$ e $y = -0,039x + 8,4429$ com coeficientes de determinação ($r^2 = 0,8955$ e $0,6967$). Diante disso, os resultados da correlação entre os diferentes teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da salina Serra Vermelha e a Diversidade dos organismos encontrados, equitabilidade e riqueza de espécies fitoplanctônicas mostraram uma forte relação, com proporcionalidade inversa. O aumento da salinidade e precipitação dos sais influenciam na redução da diversidade, equitabilidade, riqueza e densidade dos organismos fitoplanctônicos no ecossistema de salina estudado

Palavras-chave: Fitoplâncton; Salina solar; Gestão de produção; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Considering the importance of the phytoplankton community to the salinity ecosystem and the salinity change as a most stressful factor for the phytoplankton community, the present work investigated the effect of the salinity gradient on the composition of saline phytoplankton in the semi-arid region of Rio Grande do Norte. The collections were carried out at the Salina Serra Vermelha II farm, October 2021, at seven identified points, identified by P0,P1P2,P3,P4,P5,P6 with salinities 35‰, 62‰, 112‰, 118‰, 186 ‰, 234‰ and 255‰ respectively. The phytoplankton consisted of Bacillariophyceae, Cyanophyceae and Chlorophyceae with records of 8 genera, 2 genera and 1 genus respectively. The taxa were dominant (Dom) Bacillariophyta 73.00%; little abundant (P. Abu) Cyanophyta 18% and rare (Rar) Dinophyta 9%. At point P0 there was a higher total density, 800 cells/mL, with a predominance of the Class Bacillariophyceae, where the genus *Pleurosigma* stood out, which presented a total of 200 cells/mL at that point. For the other analyzed points, which have higher salinide gradients, lower densities of the phytoplankton community were recorded, where at points P4, P5 and P6 there were no records. Regarding the frequency of occurrence, 3 genera were frequent ((*Navícula*, *Oscillatoria* and *Peridinium*) and 8 were infrequent (*Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Triceratium*, *Nitzschia*, *Amphiprora*, *Cyclotella*, *Craticula* and *Pseudoanabaena*). The Shannon-Wiener diversity, equitability and phytoplankton richness indices were higher at point P0, the point with the lowest salinity gradient, with values of 2.24, 0.935 and 11 respectively. As for the other collection points with higher salinity gradients, the values were decreasing, indicating that the salinity gradient is a limiting factor for phytoplankton. For the linear relationship between the different levels of salinity and the diversity of organisms found, the value of Pearson's correlation coefficient (r) was -0.9118 with 0.5% significance and linear regression equation ($y = -0.0091x + 2.0123$) with coefficient of determination (r^2) = 0.8314. As for the linear relationships between salinity gradient contents and evenness and species richness, the values of Pearson's correlation coefficients (r) were -0.9463 with 0.5% significance and -0.8346 with 1% significance , respectively, with the respective linear regression equations $y = -0.0052x + 1.2329$ and $y = -0.039x + 8.4429$ with coefficients of determination (r^2) = 0.8955 and 0.6967. Therefore, the results of the correlation between the different levels of salinity recorded in the Productive Circuit of the Serra Vermelha saline and the diversity of organisms found, equitability and richness of phytoplankton species showed a strong relationship, with inverse proportionality. The increase in salinity and precipitation of salts influence the reduction of diversity, evenness, richness and density of phytoplankton organisms in the studied saline ecosystem.

Keywords: Phytoplankton; Solar saline; Production management; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo (Salina Serra Vermelha II. Areia Branca/RN/BR – 110 Km 14)..	19
Figura 2. Pontos amostrais de coleta da Salina Serra Vermelha II	20
Figura 3. Percentual de Distribuição das Classes de Organismos Fitoplânctônicos identificadas	23
Figura 4. Abundância relativa das Espécies Fitoplanctônicas identificadas.	25
Figura 5 a - Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) relativos ao ponto P0	27
Figura 5b – Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) no ponto de coleta P1	28
Figura 5 c – Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) no ponto de coleta P2	28
Figura 5 d - Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) no ponto de coleta P3	29
Figura 5 e- Relação do gradiente de salinidade com a densidade fitoplanctônica total de células/mL	30
Figura 6 - Frequência de Ocorrência dos gêneros Fitoplanctônicos	30
Figura 7- Relação do gradiente de salinidade com a diversidade de espécies fitoplanctônicas (Índice de Shannon-Wiener)	33
Figura 8 - Relação do gradiente de salinidade com a Equitabilidade de espécies fitoplanctônicas (Equitabilidade de Pielou)	34
Figura 9 - Relação do gradiente de salinidade com a Riqueza de espécies fitoplanctônicas	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação dos organismos quanto a abundancia relativa.....	21
Tabela 2	Classificação dos organismos quanto à frequência de ocorrência.....	21
Tabela 3	Matriz de correlações entre variável independente e dependentes.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
3. JUSTIFICATIVA.....	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
4.1 Área de Estudo.....	19
4.2 Procedimentos.....	19
4.2.1 Caracterização da Comunidade Planctônica e Determinação da salinidade no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha.....	19
4.2.2 Identificação, Análise qualitativa e quantitativa, Contagem e Determinação da Densidade Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha.....	20
4.2.3 Abundância relativa Fitoplanctônicas na Salina Serra Vermelha.....	21
4.2.4 Frequência de Ocorrência das Espécies Fitoplanctônicas na Salina Serra Vermelha.....	21
4.2.5 Diversidade Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha.....	22
4.2.6 Equitabilidade e Riqueza Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha.....	22
4.2.7 Correlações entre os diferentes teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha e a diversidade dos organismos encontrados, Equitabilidade e Riqueza de espécies fitoplanctônicas.....	22
4.3 Análises dos dados.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1 Composição da comunidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN.....	23
5.2 Composição Florística da Comunidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II,	

Areia Branca, RN.....	24
5.3 Abundância relativa dos organismos Fitoplanctônicos da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN (%).....	25
5.4 Densidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN (n° de células/mL).....	26
5.5 Frequência de ocorrência dos gêneros Fitoplanctônicas na salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN (%).....	30
5.6 Diversidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN.....	31
5.7 Equitabilidade e Riqueza Fitoplanctônica na salina Serra Vermelha II, Areia Branca RN.....	31
5.8 Relação Linear (Correlação e Regressão Linear Simples) entre os diferentes teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha e a diversidade dos organismos encontrados, Equitabilidade e Riqueza de espécies fitoplanctônicas.....	32
6. CONCLUSÃO.....	35
7. REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

O Plâncton inclui três categorias que são definidas pelas suas formas de produzir ou assimilar carboidratos, o fitoplâncton que pertence ao reino Protista e compreende os organismos produtores, em geral unicelulares ou sob a forma de cadeias de células, o zooplâncton ou organismos planctônicos consumidores que compreendem protistas e animais não fotossintetizantes, que podem ser unicelulares ou metazoários relativamente pequenos, como copépodes ou mesmo vertebrados como larvas de peixes e o bacterioplâncton formado por bactérias, archaea, e pelos procariontes fitoplanctônicos que desempenha um importante papel na remineralização da matéria orgânica na coluna d'água atuando, portanto, como decompositores da matéria orgânica (CASTELLO e KRUG, 2015).

Os organismos do fitoplâncton são geralmente, autotróficos, mas há também organismos mixotróficos (NASELI-FLORES e BARONE, 2019). Possuem tamanhos microscópicos, sem movimento próprio, com reprodução assexuada, habitam a zona superficial da província nerítica, existindo indivíduos de vida livre, enquanto outros formam cadeias, filamentos e colônia (BRANDINI, 2018). Sua distribuição é determinada principalmente pelo sistema de circulação, são eucarióticos (com núcleo diferenciado), dotados de organelas celulares, como os cloroplastos responsáveis pelas principais reações bioquímicas da fotossíntese. Os principais táxons que compõem o fitoplâncton, parte foco deste estudo, são as cianobactérias (Cyanophyta), as diatomáceas (Bacillariophyta), os dinoflagelados (Dinophyta), os euglenóides (Euglenophyta) e as clorófitas (Chlorophyta) (AFFE et al., 2018).

As espécies de fitoplâncton são a base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos e possuem um ciclo de vida extremamente curto, para aproveitar o máximo de condições ótimas de temperatura, luz solar na realização do processo de fotossíntese (produção de matéria orgânica) com incorporação de carbono existente no CO₂ e liberação de O₂ para o ambiente (FONTELES-FILHO, 2011). Por possuírem curto tempo de geração e rápida resposta às mudanças ambientais, têm sido utilizados como indicadores de alterações ambientais e da qualidade da água nestes ecossistemas (TIAN et al., 2018).

Tem-se observado mudanças gradativas na composição das espécies fitoplanctônicas determinadas pelo gradiente de salinidade e que as espécies de água doce carregadas pela descarga para porções mais salinas de um estuário tendem a sofrer lise celular, antes de atingirem salinidades letais, morrendo por fotoinibição, pois a demanda energética dos mecanismos de osmorregulação inibe as taxas de fotossíntese (PAERL, 1991). A salinidade afeta diretamente os processos fisiológicos do fitoplâncton afetando a pressão osmótica das células fitoplanctônicas, causando a

disfunção nos processos de absorção de íons dessas células em ambientes aquáticos (ZHAOXI et al., 2021).

As salinas solares são ecossistemas artificiais localizados em regiões tropicais e subtropicais do mundo, consistindo em uma série de evaporadores interconectados (evaporadores e cristalizadores), em que água do mar ou água estuarina é captada e transferida de uma lagoa para outra por gravidade ou bombeamento elétrico (ABID et al., 2008; DAVIS, 2000). No Brasil, o estado do Rio Grande do Norte possui uma grande contribuição para a economia do setor salineiro dispondo de uma produção de cerca de 97% de sal produzido e refinado de todo território nacional, e detém cerca de 90% das empresas brasileiras de sal, essa atividade é realizada por meio da evaporação solar (ANDRADE, 2015). A maior parte da produção de sal está localizada nas regiões de Macau, Mossoró, Areia Branca e Grossos, cerca de 92% e o restante, os 8%, encontra-se produzido na região de Galinhos (DINIZ e VASCONCELOS, 2017).

A instabilidade do sistema hipersalino em relação ao gradiente de salinidade e mudanças nas condições ambientais em todo o sistema, podem determinar a composição do fitoplâncton, com padrões de riqueza de espécies, diversidade e densidade diretamente relacionada à dinâmica das salinas (PEDRÓS-ALIÓ et al., 2000). Em águas salinas, fatores ambientais sobretudo, salinidade e temperatura, são considerados inibidores do crescimento de algumas espécies, de um setor para o outro (THIÉRY & PUENTE, 2002).

Embora fitoplâncton tenha uma certa tolerância ao sal dentro de uma faixa específica, quando os níveis de salinidade são muito altos, a maioria das espécies de fitoplâncton são incapazes de desenvolver-se e reproduzir-se ou de manter a pressão osmótica celular normal e, portanto, são eliminadas, causando um decréscimo na riqueza taxonômica da comunidade biológica à medida que o gradiente salino aumenta (BARROSO et al., 2016).

A passagem da comunidade biológica através dos setores resultará na seleção de espécies que são mais bem adaptadas as condições do ambiente (BARROSO et al., 2016), como exemplo, cianobactérias e Bacillariophyceae que conseguem superar os filtros ecológicos ao longo do gradiente de sal, adaptando-se ao ambiente (COSTA et al., 2015).

Porém, tem-se registrado perdas do pool de espécies em cada setor da salina, com o setor inicial, onde a salinidade é mais baixa, apresentando maior biodiversidade, com maior riqueza e densidade de espécies, sobretudo do fitoplâncton e sua diminuição com a movimentação da salmoura para os demais setores (COSTA et al., 2015).

Tem sido evidenciada a influência das concentrações de sal sobre a redução da abundância de fitoplâncton nos ambientes de salinas, com a seleção de muitos organismos e o surgimento de novas espécies adaptadas a suas condições (OREN et al, 2009). A dinâmica do ecossistema hipersalino tem selecionado as espécies, devido às condições abióticas inadequadas para o desenvolvimento de espécies diferentes daquelas que são halotolerantes ou halofílicas, altamente adaptadas para a vida nesse ambiente persistindo nos cristalizadores, onde as condições são extremas (EVAGELOPOULOS et al, 2009).

Nas salinas, as comunidades de organismos fitoplanctônicos presentes no seu sistema biológico são economicamente importantes, uma vez que influenciam a produção de sal marinho e a manutenção do estado ecológico da salmoura (DAVIS, 2009; OREN et al., 2009). Além disso, os microrganismos que compõem o ambiente de salina se encontram interligados, por meio da cadeia trófica, que apresenta o fitoplâncton como base dos estratos tróficos ou como parte inicial dessa cadeia (REYNOLDS, 2006).

As microalgas desempenham um papel diferente em cada setor da salina como por exemplo, o controle da mucilagem, a ciclagem de nutrientes, o equilíbrio dos níveis tróficos e as demais funções necessárias à manutenção do equilíbrio no ecossistema, que envolve todo o circuito das salinas (OREN et al., 2009). Há indicação de que um sistema biológico equilibrado irá permitir a obtenção de um sal de melhor qualidade, com rendimento elevado e, portanto, com resultados compensadores para os gestores das salinas (SUNDARENSEN et al., 2006).

Considerando a importância do fitoplâncton para o ecossistema de salinas e a mudança da salinidade como um fator estressante para a comunidade fitoplanctônica que pode provocar alterações na abundância e composição das populações de microalgas, o presente estudo visa investigar o efeito do gradiente de salinidade na composição da comunidade fitoplanctônica de salina no semiárido Rio Grande do Norte.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar a influência do aumento do gradiente de salinidade na Comunidade Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha II, em Areia Branca, Semiárido do Rio Grande do Norte.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar a comunidade fitoplanctônica existente em cada lagoa do circuito produtivo da Salina Serra Vermelha II, em Areia Branca/RN;
- ✓ Verificar qualitativamente e quantitativamente as comunidades fitoplanctônicas em lagoas da referida salina no semiárido potiguar;
- ✓ Determinar a abundância relativa, a frequência de ocorrência, a diversidade dos organismos encontrados, equitabilidade e riqueza de espécies fitoplanctônicas, correlacionando seus valores, com os diferentes teores de salinidade registrados ao longo do circuito produtivo da salina em estudo.

3. JUSTIFICATIVA

No estado do Rio do Norte, a região da Costa do Sal é responsável por mais de 95% da produção nacional de sal marinho. A produção de sal é considerada como uma das atividades mais importantes, com significativa contribuição para a economia do estado, onde são produzidos anualmente em torno de cinco a seis milhões de toneladas de sal, resultando em mais de 70 mil empregos diretos e indiretos. Entre os fatores biológicos o plâncton se destaca como um dos fatores mais importantes nos ecossistemas de salina. O fitoplâncton se destaca pelo seu papel ecológico e pela contribuição na manutenção do equilíbrio saudável do sistema. O sistema biológico que se desenvolve nas salinas é muito importante no funcionamento desses ambientes.

As salinas podem ser consideradas como ecossistemas antropogênicos, com uma dinâmica biológica própria e seus impactos podem interferir na redução da quantidade e da qualidade do sal produzido. Nesse contexto, os aspectos biológicos (monitoramento de indicadores e manejo de organismos chaves contribuem para a inovação das práticas produtivas desenvolvidas nas salinas, tornando-a mais eficientes e competitivas.

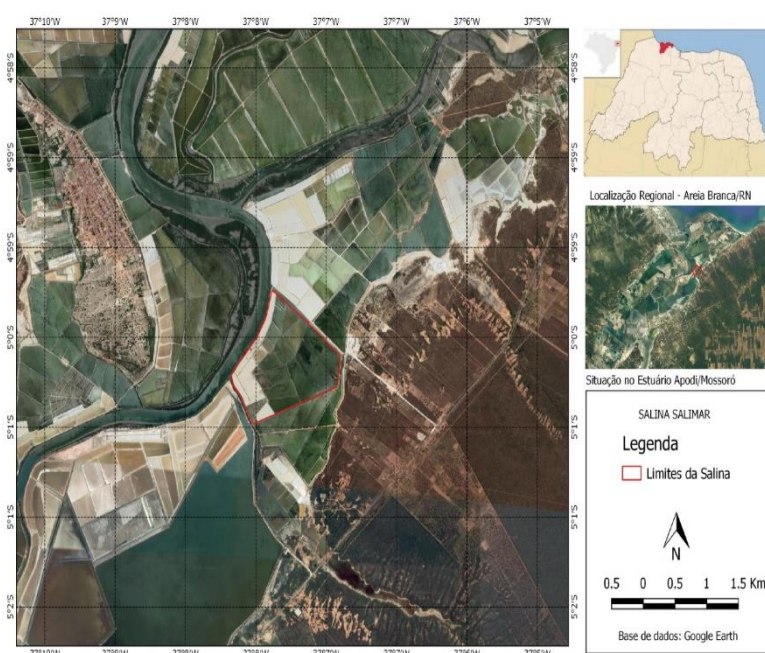
Dessa forma, são extremamente necessários estudos que disponibilizem novos conhecimentos a respeito dos fatores físicos químicos e biológicos que contribuem diretamente para o setor salineiro, com reflexos positivos na produtividade do sistema. Daí a necessidade de se analisar criteriosamente as espécies fitoplanctônicas, seus efeitos, a proporção delas no ecossistema de salinas e os principais fatores que interferem na riqueza e equitabilidade da sua comunidade nesses ambientes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A Área de Estudo localiza-se na salina Serra vermelha, que pertence a Empresa Irmãos Filgueira LTDA. A área selecionada da salina para o estudo está localizada na fazenda Salina Serra Vermelha II, na zona rural do município de Areia Branca-RN, entre as coordenadas Lat: 5° 1' 2.63"S; Log: 37° 7' 38.91"O, próximo à Br – 110 Km 14 (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo (Salina Serra Vermelha II. Areia Branca/RN/BR – 110 Km 14).



Fonte: Dados da pesquisa – Mapa de localização georreferenciado pelo QGIS

4.2 Procedimentos

4.2.1 Caracterização da Comunidade Planctônica e Determinação da salinidade no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha

Para caracterizar a Comunidade Fitoplactônica, foram coletadas sete amostras de água das lagoas que compõem o circuito produtivo da salina Serra Vermelha II. As coletas foram realizadas uma única vez no mês de outubro de 2021, período que corresponde a fase produtiva da salina.

O estudo sobre a Caracterização da comunidade fitoplanctônica foi realizado com base em amostras coletadas em 7 pontos fixos retiradas diretamente com garrafas de polietileno de 500 mL,

devido à baixa profundidade nos pontos escolhido, há 15cm na superfície da água das lagoas. Foram delimitados os locais de coleta, correspondentes aos pontos: P0, P1, P2, P3, P4, P5 e P6.

A água do estuário rio Apodi/Mossoró é bombeada para a salina através de uma entrada (P0) para os lagos de produção onde a energia solar e o vento se combinam e se inicia a evaporação. O volume de água é reduzido e os níveis de salinidade aumentam gradualmente através dos lagos de evaporação consecutivos (P1 – P5).

À medida que a salinidade aumenta, os sais pouco solúveis precipitam como carbonatos e sulfatos. A salmoura saturada então passa por lagos menores (P6, lagos de cristalização) onde a evaporação continua resultando na deposição de cloreto de sódio (Figura 2). Foram determinados os teores de salinidade da água de cada amostra coletada para análises, em cada um dos pontos selecionados, com auxílio de um refratômetro digital para salinidade.

Figura 2. Pontos amostrais de coleta na Salina Serra Vermelha II.



Fonte: Dados de pesquisa – Google Earth

4.2.2 Identificação, Análise qualitativa e quantitativa, Contagem e Determinação da Densidade Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha

Para as análises qualitativas, quantitativas e para a determinação da densidade da comunidade do microfitoplâncton, foi utilizada a dimensão das células classificadas como: Fentoplâncton (0,02 - 0,2µm); Picoplâncton (0,2 – 2,0µm); Nanoplâncton (2,0 - 20µm) Microfitplâncton (20,0 - 200µm); Mesoplâncton (200,0 – 20mm); Macroplâncton (2,0 – 20,0cm) e Megaloplâncton (> 20cm), esses últimos organismos fazem parte do zooplâncton. Foram coletadas amostras de 500 ml de água, verticalmente à superfície de cada ponto de coleta. As amostras coletadas foram conservadas em

uma solução de formol a 4% e coradas com iodo (lugol). Em seguida, as amostras foram armazenadas em garrafas plásticas de polietileno e transportadas para o Laboratório de Aquicultura e Planctologia (LAQUIPLANC/UFERSA), onde foram identificadas, por meio de preparação de lâminas que foram observadas ao microscópio binocular marca Olympus CX31.

Foi utilizado o método de Sedgwick-Rafter (GOSSELAIN; HAMILTON, 2000), para identificação, contagem e determinação da densidade da Comunidade Fitoplanctônica.

A identificação taxonômica do fitoplâncton foi confirmada por meio de consultas à Literaturas Especializadas de Peragallo (1897-1908); Prescott (1970); Weh e Sheath (2003); Tenenbaum et al., (2004) e Andréa Tucci et al., (2019).

4.2.3 Abundancia relativa Fitoplanctônicas na Salina Serra Vermelha

A abundancia relativa dos organismos presentes na Salina Serra Vermelha, foi obtida dos organismos presentes em uma alíquota retirada da amostra qualitativa sendo expressa em percentagem (%) Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos organismos quanto a abundancia relativa.

Classificação	Abundância relativa %
Dominante (Dom)	> 70%
Abundante (Abu)	70% - 40%
Pouco abundante (P Abu)	40% - 10%
Raro (Rar)	< 10%.

4.2.4 Frequência de Ocorrência das Espécies Fitoplanctônicas na Salina Serra Vermelha

A frequência de ocorrência foi calculada pela formula $F = P \cdot 100 / T$

onde: F= frequência de ocorrência

P= numero de amostras em que o táxon ocorre

T= total de amostras coletas (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos organismos quanto à frequência de ocorrência

Categorias	Frequência de ocorrência (%)
Muito frequente (Mf)	espécies presentes em 70% ou mais
Frequente (F)	espécies presentes em 40% a 70%
Pouco frequente (Pf)	espécies presentes entre >10 e > 40%
Esporádico (E)	espécies presentes em 10% ou menos

4.2.5 Diversidade Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha

A Diversidade do fitoplâncton foi calculada através dos índices de Shannon (SHANNON; WEAVER, 1964) a partir da seguinte fórmula:

$$- \text{Índice de diversidade de Shannon-Weaver: } H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

onde p_i = Número de indivíduos da espécie / Total de indivíduos amostrados.

4.2.6 Equitabilidade e Riqueza Fitoplanctônica da Salina Serra Vermelha

A Equitabilidade de Pielou foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$- \text{Equitabilidade de Pielou: } J' = H' / H'_{\max}$$

Onde H' = diversidade de Shannon-Weaver

$H'_{\max}$ = $\ln$ Número de espécies

A riqueza de espécies é uma medida direta de diversidade que consiste no número de espécies que há numa determinada comunidade (PEET, 1974). Então, neste trabalho, foi considerado os números de gêneros em cada ponto coletado.

4.2.7 Correlações entre os diferentes teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha e a diversidade dos organismos encontrados, Equitabilidade e Riqueza de espécies fitoplanctônicas.

Para correlacionar os teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha com a diversidade dos organismos encontrados, Equitabilidade e Riqueza de espécies fitoplanctônicas foi realizada uma Análise da Relação Linear, envolvendo Correlação e Regressão Linear Simples.

4.3 Análises dos dados

Os dados foram analisados através de frequência simples e porcentagem, com o uso do Excel do pacote office 2019. Para avaliar a influência da salinidade sobre diversidade dos organismos encontrados, equitabilidade e riqueza, após a análise dos pressupostos paramétricos, foi utilizado o teste de correlação de Pearson (r), de acordo com a normalidade, seguido da criação do gráfico de diagrama de dispersão e do modelo de regressão ($y = a + bx$) com o nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

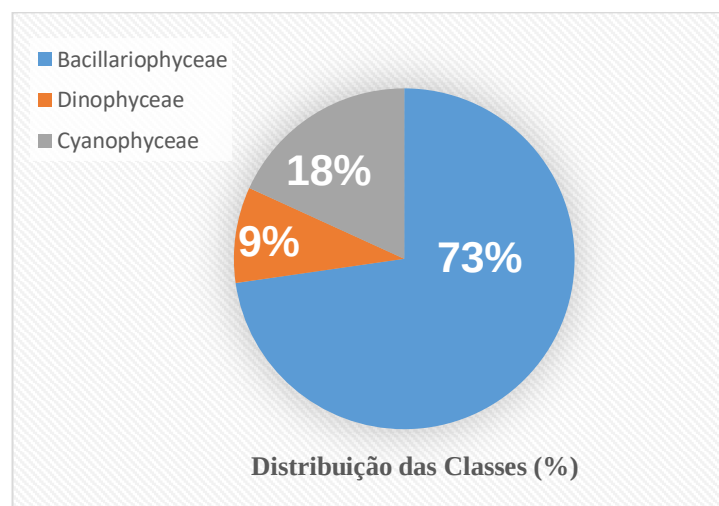
5.1 Composição da comunidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN.

A composição da Comunidade do microfitoplâncton registrada nos 7 pontos de coletas situados na salina Serra vermelha foi constituída por três classes: Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae. Foram identificados apenas organismos microfitoplanctônico (fitoplânctons de tamanho entre 20 a 200 μm) até o nível de gênero, sendo registrados 8 gêneros da classe Bacillariophyceae; 2 gêneros da classe Cyanophyceae e 1 gênero da classe Dinophyceae correspondendo respectivamente a 73%, 18% e 9% da Composição da Comunidade Fitoplanctônica (Figura 3).

As três classes (Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae) foram registrados por Costa et al., (2015), estudando a ecologia do fitoplâncton de um ambiente tropical hipersalino (Rio pisa sal, Galinhos, Rio grande do Norte, Brasil) e também observado por Shadrin et al., (2021). Em ambos os trabalhos, as Bacillariophyceae e Cyanophyceae predominaram nos ambientes hipersalinos, e corresponderam a mais de 50% da composição da comunidade fitoplanctônica, indicando suas adaptações a um provável tipo de filtro ecológico presente nesses ambientes. Nesse caso, pode-se tomar como referência o gradiente de salinidade.

Para superar esse tipo de seleção ecológica que funciona como um filtro, uma espécie requer características fisiológicas como equilíbrio osmótico, nitrificação, redução de sulfato com a formação de acetato de metano, e processos envolvendo respiração, fotossíntese e fermentação como descrito por Barroso et al., (2016). Vários estudos sobre as comunidades fitoplanctônicas, como aqueles realizados pelos autores Bae et al., (2020); Liu et al., (2019); Santiago et al., (2018); Costa et al., (2015) entre outros, evidenciaram a influência da dinâmica do ecossistema hipersalino, com seus fatores abióticos, especialmente a salinidade sobre a comunidade fitoplanctônica.

Figura 3 - Percentual de Distribuição das Classes de Organismos Fitoplânctônicos identificadas.



Fonte: Dados da pesquisa

5.2 Composição Florística da Comunidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN.

DIVISÃO: BACILLARIOPHYTA

- CLASSE: BACILLARIOPHYCEAE

FAMÍLIA: PLEUROSIGMATACEAE

GÊNERO: *Pleurosigma*

GÊNERO: *Gyrosigma*

FAMÍLIA: NAVICULACEAE

GÊNERO: *Navicula*

FAMÍLIA: TRICERATIACEAE

GÊNERO: *Triceratium*

FAMÍLIA: NITZSCHIACEAE

GÊNERO: *Nitzschia*

FAMÍLIA: CYMBELLACEAE

GÊNERO: *Amphora*

FAMÍLIA: COSCINODISCACEAE

GÊNERO: *Cyclotella*

FAMÍLIA: STAURONEIDACEAE

GÊNERO: *Craticula*

DIVISÃO: CYANOPHYTA

CLASSE: CYANOPHYCEAE

FAMÍLIA: OSCILLATORIACEAE

GÊNERO: *Oscillatoria*

FAMÍLIA: PSEUDANABAENACEAE

GÊNERO: *Pseudoanabaena*

DIVISÃO: DINOPHYTA

CLASSE: DINOPHYCEAE

FAMÍLIA: PERIDINIACEAE

GÊNERO: *Peridinium*

Classificação baseada por meio de consulta à FLORA DO BRASIL., (2020).

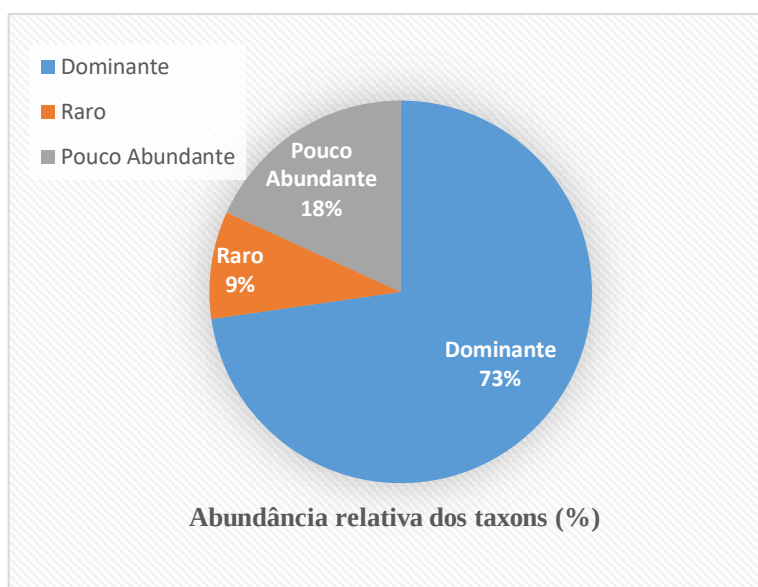
5.3 Abundância relativa em (%), dos organismos Fitoplanctônicos da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN .

Com referência à abundância relativa dos organismos fitoplanctônicos da salina Serra Vermelha II, em Areia Branca, os táxons foram classificados como dominantes (Dom) Bacillariophyta 73,00%; pouco abundantes (P. Abu) Cyanophyta 18% e raro (Rar) Dinophyta 9%. Não foi identificado nenhum táxon que pudesse ser registrado como abundante (Abu) (Figura 4).

Fernandes et al. (2017) também encontraram uma maior abundância em Bacillariophyta (62%), em um estudo realizado nos anos de 2004 e 2005 no mesmo estuário em que a referida salina capta a água para as lagoas de produção. Resultados semelhantes a esses foram registrados por Bae et al., (2020) com destaque para o grupo Bacillariophyta, como o mais abundante, seguido por Cyanophyta e por último pelo grupo Dinophyta, discutindo em seu estudo que a diminuição da uniformidade das espécies indicou que poucas espécies dominaram os ambientes hipersalinos. Porém, as assembleias de diatomáceas em águas com maior salinidade tiveram a maior disparidade em termos de abundância.

Desta forma, observa-se que a classe Bacillariophyta subsiste sob altos níveis de salinidade exibindo alta tolerância ao estresse ambiental, indicando que a adaptação fisiológica para essa classe é ampla como sugerido por Nche-Fambo et al., (2015).

Figura 4. Abundância relativa das Espécies Fitoplanctônicas identificadas.



Fonte: Dados da pesquisa

5.4 Densidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II (n° de células/mL).

Em relação à Densidade Fitoplanctônica, a Classe Bacillariophyceae registrada no Ponto de coleta – P0 foi a que apresentou os valores mais expressivos de densidade algal, com valor máximo de densidade igual a 620 células/mL. Os valores de salinidade da água determinados no referido ponto de coleta foram iguais a 35‰. Para a classe da Cyanophyceae, foram registrados valores máximos totais de 180 (cél/mL) também no ponto de coleta P0. A classe Dinophyceae foi a Classe que apresentou menor densidade, com valores máximos de 80 células/mL, no ponto de coleta P0 e a salinidade da água, naquele local foi igual a 35‰. A presença de maior densidade no ponto de coleta P0, que apresentou o menor gradiente de salinidade, indica o efeito da salinidade nas comunidades fitoplanctônicas, como fator limitando da biomassa fitoplanctônica nos ambientes aquáticos conforme também evidenciado por Koru et al., (2018) e Costa et al., (2016).

A predominância da densidade dos gêneros pertencentes da classe Bacillariophyceae encontrados neste trabalho se assemelharam com estudos realizados por Devi et al., (2018) em três salinas, nas quais a densidade populacional do fitoplâncton variou de 810 a 3591 células/L. Foi observado que entre os organismos do fitoplâncton, as diatomáceas foram registradas como dominantes em todas as salinas, o que pode ter acontecido, devido à sua ampla tolerância às mudanças, condições ambientais e a sua alta capacidade de reprodução.

Neste estudo, é importante destacar que para a Classe Dinophyceae foi registrado, apenas o gênero *Peridinium*. A diminuição da presença de dinoflagelados pode ser considerada como indicativo da incapacidade desse grupo de organismo para suportar condições de vida cada vez mais extremas, relacionadas à salinidades elevadas como descrito por Chao et al., (2021).

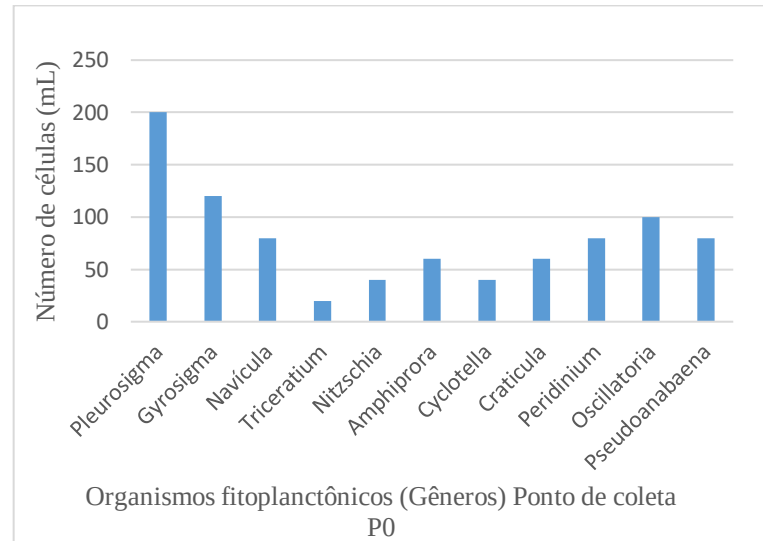
As baixas densidades apresentadas pelos organismos desses grupos fitoplanctônicos, no ambiente de salina, quando comparadas com as densidades observadas em outros tipos de ambientes, podem ser explicadas pelo fato de que os teores mais altos de salinidade da água diminuíram a biomassa algal como discutido por Jia et al., (2020) e Lindsay et al., (2019).

Os resultados referentes ao ponto de coleta P0, incluíram valores de salinidade da água igual a 35‰, e o registro de 11 gêneros de organismos fitoplanctônicos, com densidade total de 800 células/mL e predominância da Classe Bacillariophyceae, representada pelos gêneros *Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Navícula*, *Triceratium*, *Nitzschia*, *Amphiprora*, *Cyclotella*, *Craticula*. Nas amostras coletadas neste ponto, a maior densidade fitoplanctônica foi registrada para o gênero *Pleurosigma*, que apresentou um total de 200 células/mL (Figura 5a) Esse gênero é comum no estuário do Rio Apodi/Mossoró, como destacado por Costa et al., (2016).

De acordo com os resultados deste estudo, nitidamente, a explicação para a maior densidade de organismos fitoplanctônicos no ponto P0, em comparação com os demais pontos de coleta, se deve a um menor gradiente de salinidade, visto que esse ponto se constituiu em entrada da água do

estuario para a salina.

Figura 5 a - Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) relativos ao ponto P0

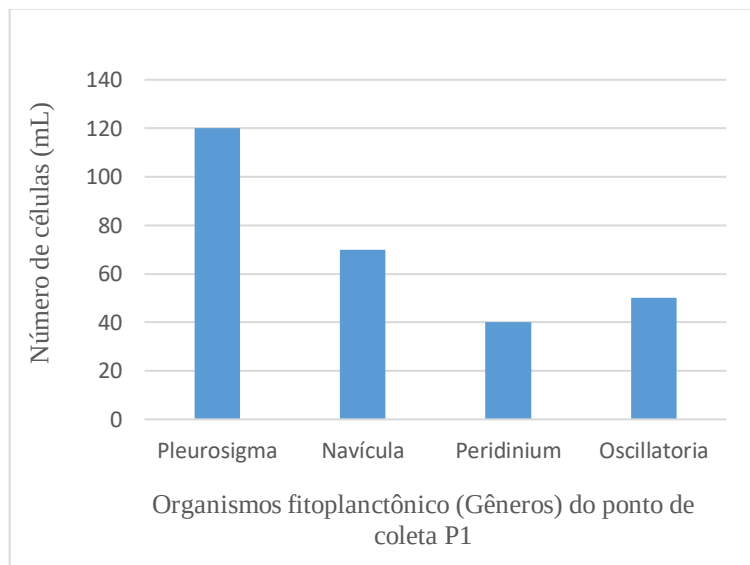


Fonte: Dados da pesquisa

No ponto de coleta P1, com salinidade da água igual a 62‰ foram registrados 4 gêneros de organismos fitoplanctônicos, com densidade total de 280 células/mL. Houve destaque para a Classe Bacillariophyceae, que apresentou 2 gêneros, descritos como *Pleurosigma* e *Navícula*. Foi registrado o gênero *Peridinium* para Dinophyceae e *Oscillatoria* para Cyanophyceae. Neste ponto de coleta, a maior densidade fitoplanctônica também foi observada na classe Bacillariophyceae, representada pelo gênero *Pleurosigma* que apresentou 120 células/mL (Figura 5 b).

De acordo com os resultados, quando o gradiente de salinidade aumentou de 35‰ para 62‰ (P0 – P1), houve uma diminuição na densidade e de número de gêneros dos organismos fitoplanctônicos. Tais resultados evidenciaram a influência do aumento da salinidade no número total de células/mL e na diminuição de espécies, com a permanência de espécies mais adaptadas ao estresse, causado por águas mais salinas como sugerido pelos autores Santiago et al., (2018); Van Meerssche et al., (2017) e Costa et al., (2015).

Figura 5b – Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) no ponto de coleta P1

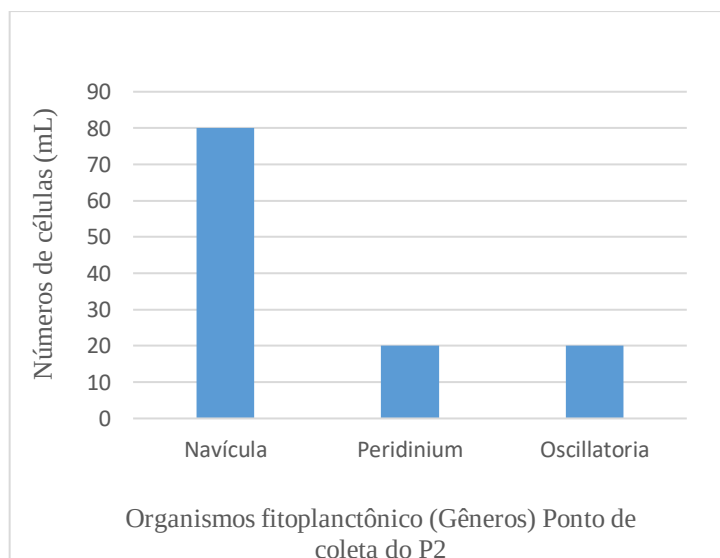


Fonte: Dados da pesquisa

No que diz respeito ao ponto de coleta P2, os maiores valores dos testes de salinidade da água foram iguais a 112‰ e foi registrado a densidade total de 120 células/mL com 3 gêneros de organismos fitoplanctônicos como segue, *Navícula*, *Oscillatoria* e *Peridinium* pertencentes às Classes Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae, respectivamente (Figura 7).

O aumento significativo do gradiente de salinidade de 62‰ para 112‰ (P1 – P2) diminuiu a densidade total de células/mL consideravelmente em mais da metade. Alguns gêneros, com destaque para *Navículas*, permaneceram presentes na amostra, mostrando serem capazes de se adaptar e tolerar essas condições de perturbação e resistir a seleção ambiental (Liu et al., (2019) e Santana et al., (2018).

Figura 5 c – Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) no ponto P2

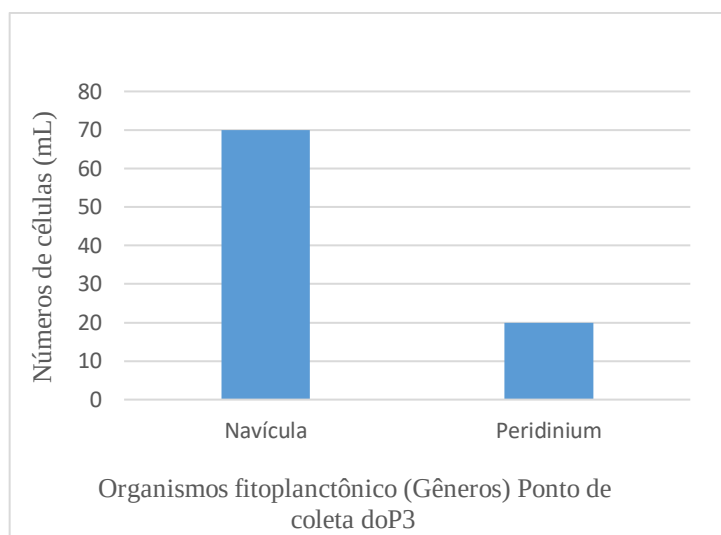


Fonte: Dados da pesquisa.

No que se refere ao ponto de coleta – P3, a salinidade da água foi igual a 118‰, com densidade total de 90 células/mL. Foram registrados apenas 2 gêneros. O gênero *Navícula* pertencente à classe Bacillariophyceae e o gênero *Peridinium*, que pertence a classe Dinophyceae. A maior densidade fitoplanctônica encontrada foi também para o gênero *Navícula* (Figura 5 d)

A mudança do gradiente de salinidade entre P2 e P3 não foi acentuada, isso provavelmente interferiu na estabilidade da densidade total de células/mL. Porém, apenas dois gêneros continuaram persistindo com o aumento da salinidade, *Navícula* e *Peridinium* que são gêneros encontrados com frequência em águas hipersalinas, por causa das adaptações ao estresse nesses ambientes, como descrito pelos autores Liu et al., (2019) e Santana et al., (2018).

Figura 5 d - Valores médios da densidade fitoplanctônica (células/mL) no ponto de coleta P3

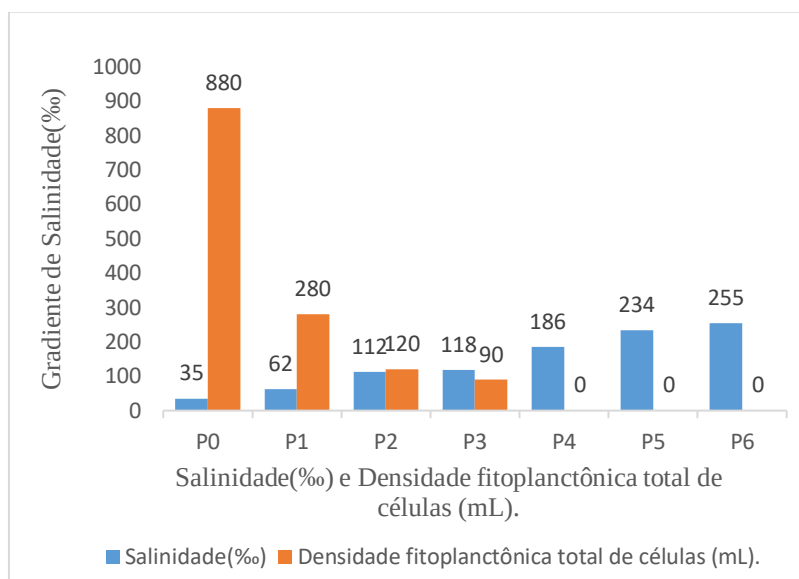


Fonte: Dados da pesquisa

Já, quando se trata dos pontos de coletas – P4, P5 e P6 que apresentaram valores de salinidades da água iguais a 186‰, 234‰ e 255‰ respectivamente, não foram encontrados nenhum gênero de organismos fitoplanctônicos. Provavelmente, este resultado se deve ao alto nível de salinidade observado naqueles locais, que podem resultar em autólise celular dos organismos fitoplanctônicos, dificultando ou impedindo a existência deles em ambientes com elevados níveis de salidade da água, como destacado por Lindsay et al., (2019); Santana et al., (2018); Van Meerssche et al., (2017) e Costa et al., (2015).

Durante o estudo, os resultados mostraram que os valores de salinidade variaram entre 35‰ a 234‰ e a densidade total de fitoplânctons demonstrou ser inversamente proporcional ao gradiente de salinidade. Quando houve o aumento da salinidade ao longo dos pontos coletados, a densidade total de células/mL de fitoplâncton diminuiu, evidenciando a relação de proporsionalidade inversa entre salinidade e densidade de fitoplâncton (Figura 5 e).

Figura 5 e- Relação do gradiente de salinidade com a densidade fitoplanctônica total de células/mL

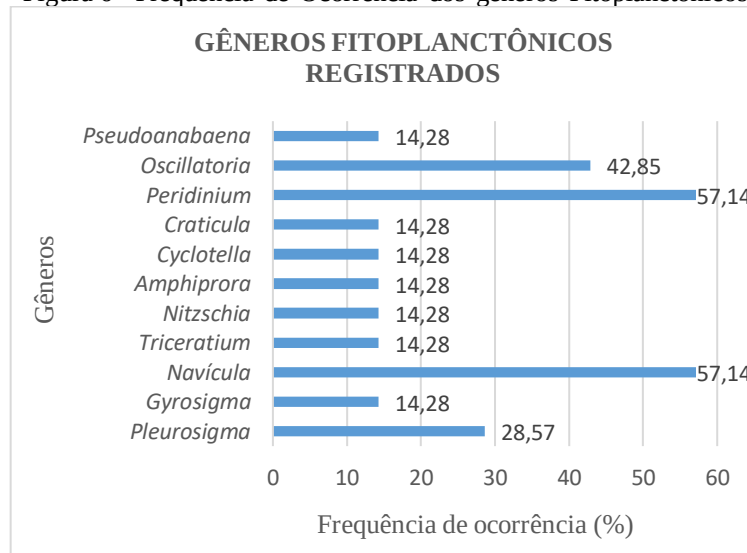


Fonte: Dados de pesquisa

5.5 Frequência de ocorrência (%), dos Gêneros Fitoplanctônicos na salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN (%)

Quanto à frequência de ocorrência dos Gêneros Fitoplanctônicos na salina Serra Vermelha II, (Figura 6), apenas três (3) Gêneros foram consideradas frequentes (*Navícula*, *Oscillatoria* e *Peridinium*), atingindo um percentual de frequência entre 40% e 70%, durante o período do estudo. Além delas, oito (8) Gêneros (*Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Triceratium*, *Nitzschia*, *Amphiprora*, *Cyclotella*, *Craticula* e *Pseudoanabaena*) foram registradas como pouco frequentes, com um percentual de frequência entre 10% e 40%. Não foram identificados Gêneros que pudessem ser registrados como muito frequentes ou esporádicos. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Costa et al (2015), com exceção do gênero *Oscillatoria*, que é um gênero encontrado com frequência na Baía Apodi/Mossoró, como relatado por Oliveira et al., (2020).

Figura 6 - Frequência de Ocorrência dos gêneros Fitoplanctônicos



Fonte: Dados da pesquisa

5.6 Diversidade Fitoplanctônica da salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN.

Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener, que representa a variedade de espécies de fitoplânctons vivos em cada ponto coletado, foram distintos em cada ponto de coleta correspondendo a 2.24, 1.29, 0.86, 0.52, 0.0, 0.0 e 0.0 respectivamente nos pontos P0, P1, P2, P3, P4, P5 e P6 (Figura 7). Há um consenso de que valores menores que 3,0 para este índice são considerados como de baixa diversidade pela maioria dos especialistas, como pode ser confirmado em FLORA DO BRASIL., (2020).

A baixa diversidade encontrada nos pontos da salina Serra Vermelha II é evidenciada pela influência da salinidade na comunidade fitoplanctônica, da mesma forma como foi verificado por Liu et al., (2019) em um trabalho sobre a diversidade em comunidades planônicas: um teste experimental de hipótese da perturbação com variações H' entre 2.85 e 1.56. Costa et al., (2016), também obteve resultados semelhantes no estudo da distribuição da diversidade de uma comunidade fitoplanctônica em salinas de regiões semiáridas.

5.7 Equitabilidade e Riqueza Fitoplanctônica na salina Serra Vermelha II, Areia Branca, RN.

Os valores de equitabilidade, que se referem ao padrão de distribuição de indivíduos entre as espécies de fitoplâncton, também apresentaram diferenciação em cada ponto de coleta, com 0.935, 0.934, 0.789, 0.764, 0.0, 0.0 e 0.0 respectivamente nos pontos de coleta P0, P1, P2, P3, P4, P5 e P6 (Figura 8). A riqueza fitoplanctônica, que representa a abundância numérica das espécies nos referidos pontos de coleta, apresentou valores de 11, 4, 3, 2, 0, 0 e 0 respectivamente nos pontos de coleta P0, P1, P2, P3, P4, P5 e P6 (Figura 9).

Considerando a equitabilidade e riqueza de espécies fitoplanctônicas, o ponto de coleta P0 apresentou os maiores valores dentre os pontos coletados. Tal resultado pode estar associado à sua localização na salina, uma vez que foi desse ponto que ocorreu a captação de água diretamente do estuário, o que pode explicar a ocorrência dos menores níveis de salinidade em relação aos demais pontos de coleta. Por outro lado, observou-se que a equitabilidade e riqueza de espécies fitoplanctônicas diminuíram nos demais pontos de coleta, conforme a salinidade foi aumentando até chegar nos pontos de coleta P4, P5 e P6, onde não foi observada a presença de espécies de fitoplâncton, indicando uma relação inversamente proporcional entre a salinidade, a equitabilidade e a riqueza de espécies fitoplanctônicas, assim como foi evidenciado por Olli et al., (2019), que demonstraram a influência da salinidade na riqueza de espécies de fitoplâncton ao longo de contínuos ambientes costeiros e estuarinos.

5.8 Relação Linear (Correlação e Regressão Linear Simples) entre os diferentes teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da Salina Serra Vermelha e a diversidade dos organismos encontrados, Equitabilidade e Riqueza de espécies fitoplanctônicas

A salinidade é considerada um fator limitante para as populações de fitoplâncton. Como descrito por Lindsay et al., (2019) e Jia et al., (2020) o aumento nos gradientes de salinidade, afeta significativamente grupos funcionais de comunidades microbianas, em sistemas de lagos, interferindo na comunidade fitoplanctônica.

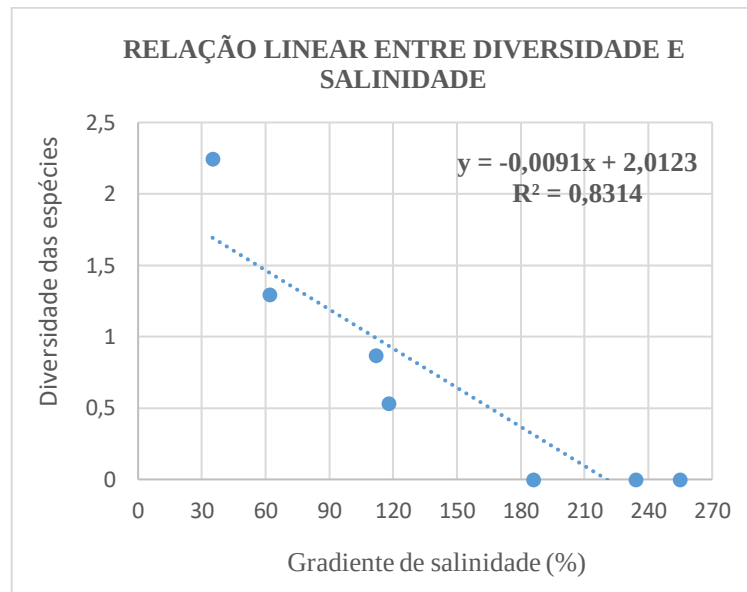
Neste estudo, os resultados da correlação entre os diferentes teores de salinidade registrados no Circuito Produtivo da salina Serra Vermelha e a Diversidade dos organismos encontrados, equitabilidade e riqueza de espécies fitoplanctônicas mostraram uma forte relação, com proporcionalidade inversa (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de correlações entre variável independente e variáveis dependentes

	<i>Salinidade</i>	<i>Diversidade</i>	<i>Equitabilidade</i>	<i>Riqueza</i>
<i>Salinidade</i>	1			
<i>Diversidade</i>	-0,91183712*	1		
<i>Equitabilidade</i>	-0,94632714*	0,84918202*	1	
<i>Riqueza</i>	-0,83468453*	0,97589252*	0,746482706*	1

Considerando a relação linear entre os teores de gradiente de salinidade e diversidade de espécies, ao analisar o gráfico de dispersão da Figura 7, pode-se sugerir a existência de uma relação linear negativa. Ou seja, para cada aumento do gradiente de salinidade diminui a diversidade de espécies fitoplanctônicas. O coeficiente de determinação avaliado ($r^2 = 0,8314$) indicou que a variação da diversidade é explicada em 83,14% pelo gradiente de salinidade e os 16,86% restantes podem ser atribuídos a influência de outros fatores, como foi verificado por Kanik et al., (2020); Liu et al., (2019) e Costa et al., (2016), mostrando que apesar da salinidade ser o principal fator de perturbação da diversidade, outros parâmetros físico-químicos como, por exemplo pH, amônia, nitrogênio total, nitrito, nitrato e fósforo total influenciam na diversidade das espécies fitoplanctônicas. Para o coeficiente correlação de Pearson (r), foi encontrado o valor de ($r = -0,9118$) com 0,5% de significância, o que indicou uma forte correlação entre as variáveis, rejeitando-se a hipótese nula da não existência da relação que indica uma forte correlação entre as variáveis, demonstrando que a relação da diversidade e gradiente de salinidade é de fato estatisticamente significativa. Ao observar a equação da regressão linear ($y = -0,0091x + 2,0123$) para essa relação verificou-se que o coeficiente de regressão foi negativo, indicando que para cada aumento de unidade do gradiente de salinidade diminuirá 0,0091 da diversidade das espécies fitoplanctônicas. Tal diminuição, também foi evidenciada pelos autores Santiago et al., (2018); Van Meerssche et al., (2017) e Costa et al., (2015).

Figura 7- Relação do gradiente de salinidade com a diversidade de espécies fitoplantônicas (Índice de Shannon-Wiener)



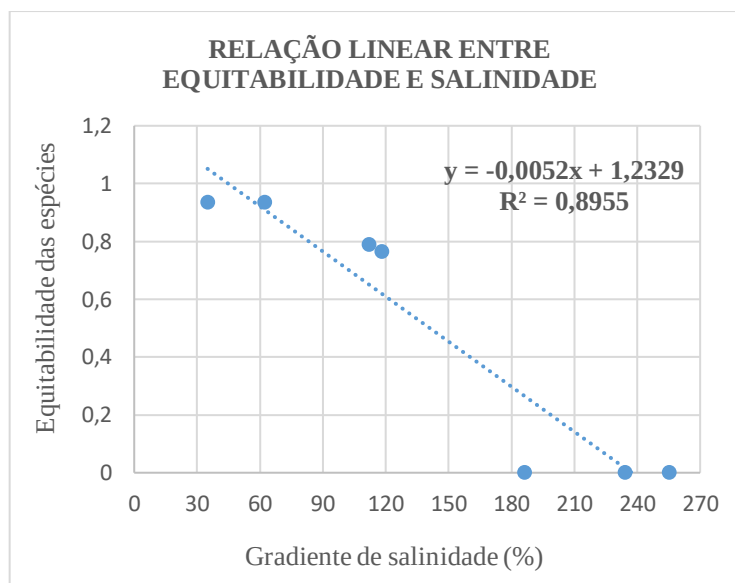
Fonte: Dados de pesquisa

Quando se trata das relações lineares entre os teores de gradiente de salinidade e a equitabilidade e riqueza de espécies, pode-se observar que como mostrado nas Figura 8 e 9, houve também uma relação linear negativa. Os coeficientes de determinação encontrados na relação linear entre os teores de gradiente de salinidade e a equitabilidade de espécies ($r^2 = 0,8955$) e a relação linear entre os teores de gradiente de salinidade e a riqueza de espécies ($r^2 = 0,6967$) indicaram que as variações da equitabilidade e riqueza de espécies foram explicadas, respectivamente, em 89,55% e 69,67% pelo gradiente de salinidade e os 11,45% e 31,33% restantes foram devido, a influência de fatores adversos. Da mesma forma, em ambientes hipersalinos e marinhos, outros autores incluindo Jia et al., (2020); Lindsay et al., (2019) e Costa et al., (2016), observaram que a comunidade fitoplantônica foi influenciada por variáveis ambientais como por exemplo, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, temperatura, oxigênio e pelo gradiente de salinidade.

Para os coeficientes de correlação de Pearson (r) foram encontrados valores de $r = -0,9463$ com 0,5% de significância entre a relação linear dos teores de gradiente de salinidade e equitabilidade de espécies, e $r = -0,8346$ com 1% de significância para relação linear entre os teores de gradiente de salinidade e riqueza de espécies. Em ambos os casos há uma forte correlação entre as variáveis, rejeitando-se a hipótese nula da não existência da relação, demonstrando que a relação da equitabilidade e riqueza com o gradiente de salinidade é de fato estatisticamente significativa. Para as relações lineares entre os teores de gradiente de salinidade e a equitabilidade e a riqueza de espécies, foram encontradas, respectivamente, as equações da regressão linear $y = -0,0052x + 1,2329$ e $y = -0,039x + 8,4429$ confirmando que os respectivos coeficientes de regressão foram negativos, indicando que para cada aumento de unidade do gradiente de salinidade diminuirá

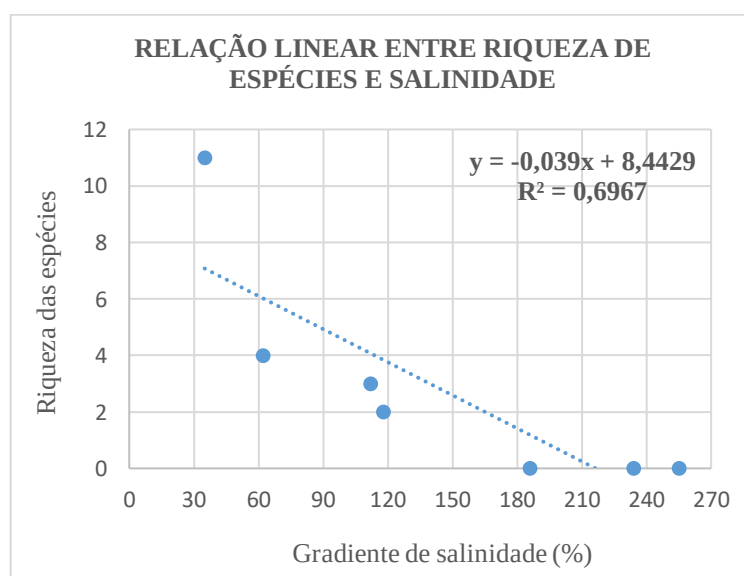
0,0052 da equitabilidade das espécies e diminuirá 0,039 da riqueza das espécies. A diminuição da equitabilidade e riqueza de espécies nas salinas está relacionada aos chamados filtros ecológicos, impostos ao longo do ambiente salino. Essa condição permite o aparecimento de espécies adaptadas a esse ambiente, como as espécies halotolerantes e halofílicas sugeridas por Bae et al., (2020) e por Devi et al., (2018).

Figura 8 - Relação do gradiente de salinidade com a Equitabilidade de espécies fitoplanctônicas (Equitabilidade de Pielou)



Fonte: Dados de pesquisa

Figura 9 - Relação do gradiente de salinidade com a Riqueza de espécies fitoplanctônicas



Fonte: Dados de pesquisa

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos concluí-se que:

- ✓ A dinâmica do ecossistema hipersalino (gradiente de salinidade) pode ser considerado como um filtro seletivo, devido às condições abióticas inadequadas para o desenvolvimento daquelas espécies que não são halotolerantes ou halofílicas;
- ✓ Três classes, Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae, estão presentes no circuito produtivo da salina Serra Vermelha II, em Areia Branca, RN com predominância da classe Bacillariophyceae;
- ✓ Em salinidades mais altas, as Bacillariophyceae predominam em relação as demais classes;
- ✓ Apenas três Gêneros de organismos fitoplanctônico são frequentes (Navícula, Oscillatoria e Peridinium), atingindo um percentual de frequência entre 40% e 70%, durante o período do estudo;
- ✓ O aumento da salinidade e precipitação dos sais influenciam na redução da diversidade, equitabilidade, riqueza e densidade dos organismos fitoplanctônicos no ecossistema de salina estudado;
- ✓ A dinâmica do ambiente impacta a estrutura da comunidade fitoplanctônica, que está associada aos filtros desenvolvidos pelo ambiente hipersalino;
- ✓ As informações obtidas com este estudo são relevantes e podem contribuir para novos estudos e para o manejo e produção nos ecossistemas de salinas;
- ✓ É evidente a importância de estudos que abordem o efeito da salinidade nas comunidades biológicas, com o objetivo de se ter um melhor entendimento da dinâmica dos ecossistemas, possibilitando recomendar medidas para sua conservação e manejo e produção sustentável, levando em consideração o estudo das comunidades biológicas, em especial a comunidade fitoplanctônica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, O., SELLAMI-KAMMOUN, A., AYADI, H., DRIRA, Z., BOUAIN, A. AND ALEYA, L. (2008), **Biochemical adaptation of phytoplankton to salinity and nutrient gradients in a coastal solar saltern, Tunisia**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.*, no. 80, p.391-400.

AFFE, H. M. de J.; MENEZES, M.; NUNES, J. M. de C. (2018) **Microphytoplankton in a tropical oligotrophic estuarine system: spatial variations and tidal cycles**. *Revista Brasileira de Botanica*, v. 41, n. 2, p. 337–349, 2018.

ANDRADE, D. C. D. (2015) **Determinação das propriedades físico-químicas na obtenção e processamento de sal tipo: peneirado, grosso, triturado, moído e extrafino**. Universidade Federal Do Rio Grande do Norte. Macau, p. 29. 2015.

BAE, J. PARK, H. AHN, J.S. KHIM. (2020), **Shift in benthic diatom community structure and salinity thresholds in a hypersaline environment of solar saltern, Korea**. *Algae*, 35, pp. 361-373

BARROSO, H. S.; BECKER, H.; MELO, V. M. M. (2016) **Influence of river discharge on phytoplankton structure and nutrient concentrations in four tropical semiarid estuaries**. *Brazilian Journal of Oceanography.*, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 37-48, mar. 2016.

BERNHARD STATZNER, BARBARA BIS, SYLVAIN DOLÉDEC, PHILIPPE USSEGLIO-POLATERA. (2001) **Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional composition of invertebrate communities in European running waters**, *Basic and Applied Ecology*, Volume 2, Issue 1, 2001, Pages 73-85,

BRANDINI, F. P. (2018); **Phytoplankton Assemblages of the Subtropical South West Atlantic: Composition and Dynamics in Relation to Physical and Chemical Processes**. In: HOFFMEYER, M.S.; SABATINI, M. E.; BRANDINI, F. P. CALLIARI, D. L.; SANTINELLI, N. H. *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic*. Springer International Publishing AG, 2018

CARLOS PEDRÓS-ALIÓ, JUAN I. CALDERÓN-PAZ, MARLIE H. MACLEAN, GLÒRIA MEDINA, CÈLIA MARRASÉ, JOSEP M. GASOL, NÚRIA GUIXA-BOIXEREU (2000), **The microbial food web along salinity gradients**, *FEMS Microbiology Ecology*, Volume 32, Issue 2, April 2000, Pages 143–155.

CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (2015) **Introdução às Ciências do Mar**. 1. ed. Pelotas, RS: Editora Textos, 2015.

COSTA, RAIANE SANTOS ET AL. (2015) **Influence of ecological filters on phytoplankton communities in semi-arid solar saltern environments**. Acta Limnol. Bras., Rio Claro , v. 27, n. 1, p. 39-50, Mar. 2015.

COSTA ET AL., (2016) R.S. COSTA, J. MOLOZZI, L.U. HEPP, R.M. ROCHA, J.E.L. BARBOSA **diversity partitioning of a phytoplankton community in semiarid salterns** mar. freshw. res., 67, 2016,p. 238

CHAO WANG, HUIJUAN JIA, JINGXIN WEI, WANLING YANG, YUAN GAO, QIANFU LIU, DAYAN GE, NAICHENG WU. (2021), **Phytoplankton functional groups as ecological indicators in a subtropical estuarine river delta system**, Ecological Indicators, Volume 126, 2021.

DAVIS, J. S. (2000) **Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks**. Global Nest Journal, v. 2, n. 3, p. 217-226, 2000.

DAVIS, J. S. (2009) **Management of biological systems for continuously-operated solar saltworks**. Global NEST Journal, vol. 11, no. 1, p. 73-78, 2009.

DEVI, A. SHENBAGA & SANTHANAM, PERUMAL & SELVARAJU, ANANTH & , DR. S. DINESH KUMAR. (2018). **Distribution of Phytoplankton in Selected Salt Pans of Tamil Nadu, Southeast Coast of India**.

DINIZ, MARCO TÚLIO MENDONÇA; VASCONCELOS, FÁBIO PERDIGÃO. **Natural conditions for the sea salt production in brazil**. Mercator, [s.l.], v. 16, n.5, p.1-19, 15 maio 2017. Mercator - Revista de Geografia da UFC.

EVAGELOPOULOS, A.; SPYRAKOS, E.; KOUTSOUBAS, D. (2009) **Phytoplankton and Macrofauna in the Low Salinity Ponds of A Productive Solar Saltworks: Spatial Variability of Community Structure and Its Major Abiotic Determinants**. Global Nest Journal, v. 11, n. 1, p.64-72, 2009

FERNANDES, R. T. V.; OLIVEIRA, J. F.; NOVAES, J. L. C.; FERNANDES, R.; DA COSTA, R. S. (2017) **Composição da comunidade fitoplanctônica no estuário do**

rio Apodi-Mossoró, semiárido brasileiro. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 12, n. 2, p. 325-337, 2017.

FONTELES FILHO, A. A. (2011) **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros.** 2ª edição. Ceará: Expressão Gráfica e Editora.

JIA ET AL., 2020 JJ JIA, Y. GAO, F. ZHOU, K. SHI, PJ JOHNES, JAJ DUNGAIT, MZ MA, Y. LU (2020) **Identifying the main factors of change in phytoplankton community structure and gross primary productivity in a river-lake system** J. Hydrol., 583 (2020)

KANIK M ET AL., (2020), MUNRO-EHRLICH M, FERNANDES-MARTINS MC, PAYNE D, GIANOULIAS K, KELLER L, KUBACKI A, LINDSAY MR, BAXTER BK, VANDEN BERG MD, COLMAN DR, BOYD ES. **Unexpected Abundance and Diversity of Phototrophs in Mats from Morphologically Variable Microbialites in Great Salt Lake, Utah.** Appl Environ Microbiol. (2020)

KORU, E. AND PERÇIN, F., (2018). **Characteristics of Biological Systems in Çamaltı Solar Saltworks (İzmir/Turkey),** Qualitative Studies, 2018.

LINDSAY ET AL., (2019) MR LINDSAY, RE JOHNSTON, BK BAXTER, ES BOYD **Effects of salinity on microbialite-associated production in Great Salt Lake Utah.** Ecologia, 100 (2019)

LIU, X.; LIU, X.; WU, L.; TIAN, Z., (2019). **Diversity in phytoplankton communities: A Field test of the intermediate disturbance hypothesis.** 129: 54 – 60 (2019)

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. (2019) **Mixotrophic phytoplankton dynamics in a shallow Mediterranean water body: how to make a virtue out of necessity.** Hydrobiologia, v. 831, n. 1, p. 33–41, 2019.

NCHE-FAMBO ET AL., (2015) FA NCHE-FAMBO, UM SCHARLER, K. TIROK **Resilience of estuarine phytoplankton and its temporal variability along salinity gradients during drought and hypersalinity** Estuar. Coast. Shelf Sci., 158 (2015), pp. 40 - 52

OLIVEIRA, C. S. P.; FONSECA, A. S.; DÍAZ, C. A.; SANTOS, W. P. (2020). **Reflexões sobre o desafio ambiental: níveis de eutrofização e floração de cianobactérias na Bacia Apodi-Mossoró.** Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.5, p.519-530, 2020.

OLLI ET AL., (2019) K. OLLI, R. PTACNIK, R. KLAIS, T. TAMMINEN

Phytoplankton species richness along coastal and estuarine salinity continua *Am. Nat.*, 194 (2019), pp. E41-E51

OREN, A.; SORENSEN, K. B.; CANFIELD, D. E.; TESK, A. P.; IONESCU, D.; LIPSKI, A.; ALTENDORF, K. (2009) **Microbial communities and processes within a hypersaline gypsum crust in a salt evaporation pond (Eilat, Israel)**. *Hydrobiologia*, v. 626, p. 15-26, 2009.

PAERL, H. W.. (1991). **Ecophysiological and trophic implications of light stimulated amino acid utilization in marine picoplankton**. *Applied and Environmental Microbiology* 57:473–479.

REYNOLDS, C. S. (2006) **Ecology of phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

SANTANA, R.M.C.; DOLBETH, M.; BARBOSA, J.E.; PATRÍCIO, J. (2018). **Narrowing the gap: phytoplankton functional diversity in two disturbed tropical estuaries**. *Ecological Indicators*. 86:81 – 93

SHADRIN, D. BALYCHEVA, E. ANUFRIIEVA (2021) **Microphytobenthos in the hypersaline water bodies, the case of Bay Sivash (Crimea): Is salinity the main determinant of species composition?** *Water*, 13 (2021), p. 1542

SHADRIN, D. BALYCHEVA, E. ANUFRIIEVA. (2021) **Spatial and temporal variability of microphytobenthos in a marine hypersaline lake (Crimea): Are there some general patterns?**, *Journal of Sea Research*, Volume 177, 2021,

SUNDARESAN, S.; PONNUCHAMY, K.; RAHAMAN, A. A. (2006) **Biological management of Sambhar lake saltworks (Rajasthan, India)**. *Proceedings of the 1st International Conference on the Ecological Importance of Solar Saltworks, Santorini, Grecia*, p. 199-208, 2006.

TENENBAUM, D. R., VILLAC, M. C., VIANA, S. C., MATOS, M., HATHERLY, M., LIMA, I. V., AND MEDEIROS, M. (2004). **‘Phytoplankton Atlas os Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brasil.’** *GloBallast Monograph Series 16*. (International Maritime Organization: London.)

THIÉRY, A., PUENTE, L. **Crustacean assemblage and environmental characteristics of a man-made solar saltwork in southern France, with emphasis on anostracan (Branchiopoda) population dynamics.** *Hydrobiologia* 486, 191–200 (2002).

TIAN, C.ET AL.(2018) **Phytoplankton Functional Groups Variation and Influencing Factors in a Shallow Temperate Lake.** *Water Environment Research*,v. 90, p.510-519, 2018.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; MALONE, C.F.S.; WERNER, V.R.; ROSINI, E.F.; GAMA, W.A.; HENTSCHEKE, G.S.; OSTI, J.A.S.; DIAS, A.S. JACINAVICIUS, F.R.; & SANTOS, K.R.S. (2019). **Atlas de Cianobactérias e Microalgas de Águas Continentais Brasileiras.** Publicação eletrônica, Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. www.ibot.sp.gov.br

VAN MEERSSCHE, E.; PINCKNEY, J.L. (2017). **The influence of salinity in the domoic acid effect on estuarine phytoplankton communities.** *Harmful Algae*. 69: 65 – 74

ZHAOXI LI, YANG GAO, SHUOYUE WANG, YAO LU, KUN SUN, JUNJIE JIA, YAFENG WANG, (2021) **Phytoplankton community response to nutrients along lake salinity and altitude gradients on the Qinghai-Tibet Plateau,** *Ecological Indicators*, Volume 128, 2021.