



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

RAIANE SANTOS DA COSTA

**PARTIÇÃO DA DIVERSIDADE FITOPLANCTÔNICA EM  
AMBIENTES COSTEIROS HIPERSALINOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

Campina Grande/PB

Julho/2014

RAIANE SANTOS DA COSTA

**PARTIÇÃO DA DIVERSIDADE FITOPLANCTÔNICA EM  
AMBIENTES COSTEIROS HIPERSALINOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. José Etham Barbosa de Lucena (UEPB)

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. Renato de Medeiros Rocha (UFRN)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Campina Grande/PB

Julho/2014

RAIANE SANTOS DA COSTA

**PARTIÇÃO DA DIVERSIDADE FITOPLANCTÔNICA EM  
AMBIENTES COSTEIROS HIPERSALINOS NO NORDESTE  
BRASILEIRO**

**Comissão examinadora:**



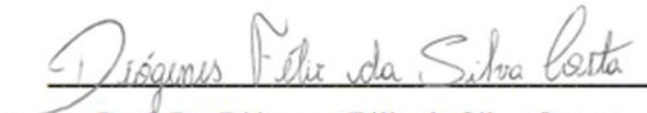
---

José Etham de Lucena Barbosa  
Mat. 1212567  
(Orientador - UEPB)



---

Prof. Dr. Elvio Sérgio Figueredo Medeiros  
(*Examinador interno* - UEPB)



---

Prof. Dr. Diógenes Félix da Silva Costa  
(*Examinador externo* - UFRN)

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C837p Costa, Raiane Santos da.  
Partição da diversidade fitoplanctônica em ambientes costeiros hipersalinos no Nordeste brasileiro [manuscrito] / Raiane Santos da Costa. - 2014.  
95 p. : il. color.

Digitado.  
Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, 2014.  
"Orientação: Prof. Dr. José Etham Barbosa de Lucena, Departamento de Ciências Biológicas".  
"Co-Orientação: Prof. Dr. Renato de Medeiros Rocha , Universidade Federal do Rio Grande do Norte".  
1. Gradiente de salinidade. 2. Algas. 3. Variáveis abióticas.  
4. Ecossistema. I. Título.

21. ed. CDD 577

## **DEDICATÓRIA**

Dedico à pessoa que me deu a vida, a mulher MARAVILHOSA, MÃE;  
Aquele que me ensinou os caminhos da vida, PAI,  
a vocês, agradeço pela pessoa que sou hoje!  
Aos meus espelhos de minha vida, minhas irmãs,  
principalmente, Rosemária e Rosemery, agradeço  
o apoio, incentivo e ajuda em tudo que precisei e preciso.

Com todo carinho e amor,  
dedico a vocês meu trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dá força, paciência e sabedoria para seguir em frente.

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação/UEPB, Coordenadores, aos Professores do Curso de Mestrado, que se empenharam em dividir seus conhecimentos no decorrer das disciplinas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa.

As empresas salineiras: Comércio e Indústria Salineira (CIASAL), Salinas do Nordeste S/A (SALINOR) e Andrea Jales Rosado, as quais permitiram a realização do estudo, como também todo apoio em campo.

Aos Laboratórios envolvidos na pesquisa científica: Laboratório de Ecologia e Conservação (apoio na logística em campo); Laboratório de Limnologia e o Laboratório de Ecologia de Bentos pelo apoio logístico nas análises e identificações e Laboratório de Educação a Distância pelo apoio nas análises físicas e químicas.

A meu orientador, Dr. José Etham de Lucena Barbosa pela paciência, confiança e incentivo.

A Joseline Molozzi e Luiz Hepp pela dedicação, paciência e incentivo. Joseline agradeço e também dedico esse trabalho, pois mesmo nos momentos mais difíceis da sua vida não deixou de me ajudar com suas contribuições. Com ela, aprendi a observar a vida em escalas maiores, a vê tudo que possuo e conquistei em primeiro plano. Sou grata por tudo, MUITO OBRIGADA!

A todos os meus colegas de turma pelos momentos de descontração compartilhados, em especial a Rafaela Farias, Sandrinha Dias, Davi, Ellori, Rafaela, Iara, Ronnie. A Ana Mácia, Tonny e Bruno, MUITO OBRIGADO pelos momentos especiais que passei ao lado de vocês. Pelos conselhos, apoio, força, vocês foram um presente de DEUS em minha vida! Obrigada a todos pela ajuda e paciência!

Aos amigos do LEAq (Laboratório de Ecologia Aquática) Daniele, Evaldo, Paulo, Vírginea, Morgana, Shakira, Janiele, Leandro, Daiane, Mayara, Fátima, Flávia, Larissa, Danilo, Gustavo, Rosa, Iara, e os grandes amigos do Laboratório de Ecologia de Bentos, Climélia, Cintia, Lígia, Jéssica, Monalisa, Gabriella, Carlinda, Izabelly, Geneton, Cássia, Jomarcio (Desculpa se esqueci alguém). Todos me receberam muito bem no laboratório, e ajudaram em tudo que precisei. OBRIGADA pelo incentivo, apoio, ajuda durante as análises e todos os ensinamentos importantes para meu crescimento. Além, dos momentos de descontração, “resenhas”, os quais serão inesquecíveis.

A minha mãe adotiva, dona Marilene, pelo café de mãe, carinho, conselhos, risos e amor... A Isabel pela amizade, torcida, carinho e conversas.

Aqueles que me ajudaram sempre que precisei: Gabi, Raquel, em especial, Paty pela atenção e conhecimento compartilhado. Aos que mesmo distantes, torciam, leram meus

trabalhos, deram força, incentivo e ânimo para prosseguir, além da amizade preciosa... Kele e Letícia.

As pessoas que sempre estavam dispostas a ajudar e ensinar quando precisei: Mayara, Fátima, Vanessa, Rebecca, Adriano, Robson, Rhaiza, Prof. André, Elaine. Além, dos enormes sorrisos quando estava ao lado deles.

A Antônio Neto e Edvan pela amizade, confiança, apoio. Neto sem sua ajuda e conhecimento compartilhado não teria conseguido. OBRIGADA por tudo, pelos dias maravilhosos que passei ao lado de vocês, saiba que nunca esquecerei.

A Climélia, Diogo e Rafaela Brito fico sem palavras para explicar o quanto são especiais em minha vida. Agradeço por todos os momentos PERFEITOS compartilhados. Tenho certeza que nunca sorri, “arenguei” ou aperreei tanto... Vocês são MARAVILHOSOS, só tenho a agradecer a DEUS por ter conhecido e ter a amizade de vocês... OBRIGADA POR TUDO!

A FAMÍLIA (ex e atual) do Laboratório de Ecologia do Semiárido (LABESA) Anderson, Mariana, Igsson, Nito, Alyson, Samuel, Tânia, Antônio Marcos, David, Assis, Valfredo, Christian, Bruno, Daiane Guedes, Geraldo, Jânio, Joelma, Daiane Medeiros, Orquídea e demais Labesiano, pois a Família é grande. A vocês MUITO OBRIGADA pelos momentos de aprendizado, ajuda, incentivo, sorrisos e “resenhas”...

A nega Mariana, Anderson e Silvana muito OBRIGADA pela ajuda, apoio e conselhos em todos os momentos.

A Samuel e Alyson pela grande ajuda em minha coleta, pois sem eles não teria alcançado meu objetivo. A vocês AGRADEÇO por tudo!

Ao mestre dos magos, Prof. Renato de Medeiros Rocha, o qual é um segundo pai, agradeço sempre pelo apoio, atenção, confiança, e ao proporcionar momentos ímpares em minha vida, sendo essenciais para chegar neste momento. OBRIGADA por ter acreditado, e não me deixar sozinha quando mais precisei.

A Diógenes Félix pela disposição em ajudar, e por sempre incentivar a seguir em busca dos meus objetivos. Obrigada pelos carões, apoio, confiança e pela ajuda sempre que precisei e preciso. E por toda aprendizagem!

A Gutemberg (Gutinho) pela companhia (via facebook), amizade, conselhos e sorrisos, os quais ajudaram muito, nos momentos de “solidão”... A minha família de Patos, essa que AMO de coração. OBRIGADA por tudo!

A Helder (motorista da van que viajava) pessoa que me ensinou a deixar de mencionar a palavra: “Estou mais ou menos”, ele me mostrou que as pessoas mais simples tem sempre a contribuir em nossa aprendizagem. Obrigada pela ajuda, conselhos, sorrisos em minhas viagens...

Agradeço imensamente aos meus pais, por ficarem ao meu lado e sempre apoiarem minhas decisões e acreditarem em meus sonhos e ambições, e compreenderem minha ausência. Por vocês, que luto por dias melhores...

As minhas irmãs, em especial Rosemária e Rosemery, as quais estão sempre apoiando e ajudando em todos os momentos, **OBRIGADA**, por demonstrarem seu amor incondicional, pelos conselhos que me guiam e continuarão a guiar por toda minha vida. Vocês são meus espelhos de vida, quem sou hoje agradeço a vocês, as inúmeras broncas, conselhos... faz-me crescer cada dia mais... **AMO INCONDICIONAMENTE MINHA FAMÍLIA!**

Ao meu cunhado Francimar pela amizade, cuidado, preocupação e pela disposição em ajudar sempre; e também a Vicente pelos momentos de incentivo, sorrisos e descontração.

**OBRIGADA** a minha família, por proporcionar momentos alegres e renovadores.

A pessoa que mesmo distante me ajuda, apoia, incentiva a lutar e seguir em busca dos meus objetivos. Aquele que esteve ao meu lado desde início dessa jornada, que me fazia e faz sorrir, quando estou triste ou com raiva. A você que tornou-se tão importante em minha vida; pessoa que me fez acreditar e confiar e a superar todas as “barreiras” de minha vida. Com você me sinto segura, em paz... A pessoa que AMO, Fagner Silva...

Só tenho agradecer a Deus e a vocês pelos momentos maravilhosos que passei em minha Borborema... **OBRIGADA!**

Valeu a pena?

Sim, valeram a pena os dias de angústia, de cansaço, de tédio e exaustão.

Valeram a pena todos os passos pelo caminho traçado.

Cada momento vivido nessa louca correria em busca de um objetivo em comum valeu a pena...



*"Não sei se estou perto ou longe demais;  
Se peguei o rumo certo ou errado;  
Sei que apenas sigo em frente;  
Vivendo dias iguais de forma diferente;  
Já não caminho mais sozinha;  
Levo comigo cada recordação;  
Cada vivência; Cada lição;  
E mesmo que tudo não ande da forma que eu  
gostaria...  
Saber que já não sou a mesma de ontem  
me faz perceber que valeu a pena."*

*Autor desconhecido*

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Ordem de precipitação em meio evaporítico dos principais sais minerais encontrados na água do mar.....  | 17 |
| <b>Fig. 1:</b> Localização das Salinas Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara, no estuário do Rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte.....  | 28 |
| Fig. 2: Desenho amostral das salinas em estudo (Salina Augusto Severo, Francisco Mescal e Santa Clara) da diversidade particionada (alfa, beta e gama). $\alpha$ = diversidade dentro dos evaporadores; $\beta_1$ = diversidade entre evaporadores; $\beta_2$ = diversidade entre setores; $\beta_3$ = diversidade entre as salinas e $\gamma$ = diversidade total.....  | 29 |
| <b>Fig. 3:</b> Efeitos da salinidade sobre a riqueza de algas nas salinas (Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara).....  | 33 |
| <b>Figura 2:</b> Localização das áreas úmidas hipersalinas (Salina Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara), no rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte.....   | 44 |
| <b>Figura 2:</b> Desenho amostral das salinas em estudo (Salina Augusto Severo, Francisco Mescal e Santa Clara).....   | 45 |
| <b>Figura 3.</b> Efeitos da salinidade sobre a riqueza de algas nas salinas (Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara).....  | 55 |
| <b>Figura 4.</b> Análise de Componentes Canônicos (CCA) entre as principais espécies de fitoplâncton e variáveis ambientais, nas Salinas Augusto Severo (AS), Francisco Menescal (FM) e Santa Clara (SC) na região do semiárido; evaporadores (1 a 6). <b>Figura 4A:</b> Corresponde as variáveis abióticas em relação aos pontos amostrados. <b>Figura 4B:</b> Retrata as variáveis abióticas em relação às espécies fitoplanctônicas. Legenda: <b>Amp:</b> <i>Amphiprora</i> sp; <b>Aph:</b> <i>Aphanizomenon</i> sp; <b>Ann:</b> <i>Aphanocapsa annulata</i> ; <b>Acon:</b> <i>Aphanothece conglomerata</i> ; <b>Apa:</b> <i>Aphanothece pallida</i> ; <b>Ctu:</b> <i>Chroococcus turgidus</i> ; <b>Gyr:</b> <i>Gyrosigma</i> sp; <b>Lma:</b> <i>Lyngbya majuscula</i> ; <b>Mas:</b> <i>Mastogoia</i> sp; <b>Nav:</b> <i>Navicula</i> sp; <b>Ncl:</b> <i>Nitzschia closterium</i> ; <b>Nsi:</b> <i>Nitzschia sigma</i> ; <b>Nit:</b> <i>Nitzschia</i> sp; <b>Ncl:</b> <i>Nizschia closterium</i> ; <b>Osa:</b> <i>Oscillatoria sancta</i> ; <b>Pho:</b> <i>Phormidium</i> sp; <b>Psi:</b> <i>Protoperidinium simulum</i> ; <b>Sto:</b> <i>Scrippsiella tochoidea</i> ; <b>Oag:</b> <i>Oscillatoria agardhii</i> ; <b>Cpe:</b> <i>Cerataulina pelágica</i> ; <b>Tra:</b> <i>Trachelomonas</i> sp e <b>Rhi:</b> <i>Rhizosolenia</i> sp..... | 56 |

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Diversidade total observado e esperado particionada em:  $\alpha$  (riqueza dentro dos evaporadores);  $\beta_1$  (diversidade entre evaporadores);  $\beta_2$  (diversidade entre setores);  $\beta_3$  (diversidade entre salinas), em três salinas do Nordeste brasileiro.....33
- Tabela 1.** Lista de taxa da comunidade fitoplanctônica e frequência de ocorrência das espécies nas Salinas Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara: Legenda: I, II e III corresponde respectivamente aos Setores Inicial, Intermediário I e II; FO = Frequência de ocorrência, R = espécies raras, PF = espécies pouco frequentes.....48
- Tabela 2.** Densidade (%) das espécies mais representativas das áreas úmidas hipersalinas: Legenda: Setores Inicial, Intermediário I e II (I, II e III, respectivamente); 0 = ausência de espécies.....52

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>  | <b>16</b> |
| 1.1. <i>Salinas solares</i> .....                                      | 16        |
| 1.2. <i>Estudos em salinas solares</i> .....                           | 19        |
| 1.3. <i>Comunidades fitoplanctônicas no ambiente hipersalino</i> ..... | 19        |
| 1.4. <i>Partição da diversidade</i> .....                              | 21        |
| 1.5. <i>Filtros ambientais</i> .....                                   | 22        |
| <b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>3. PRIMEIRO MANUSCRITO.....</b>                                     | <b>25</b> |
| 3.1. <i>Pergunta</i> .....   | 25        |
| 3.2. <i>Hipótese</i> .....   | 25        |
| <b>4. SEGUNDO MANUSCRITO.....</b>                                      | <b>25</b> |
| 4.1. <i>Pergunta</i> .....   | 25        |
| 4.2. <i>Hipótese</i> .....   | 25        |
| <b>Primeiro Manuscrito.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>1. Introdução.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                                     | <b>28</b> |
| 2.1. <i>Área de estudo</i> .....                                       | 28        |
| 2.2. <i>Amostragem</i> .....   | 30        |
| 2.3. <i>Fitoplâncton</i> .....   | 31        |
| 2.4. <i>Análise estatística</i> .....                                  | 31        |
| <b>3. Resultados.....</b>  | <b>32</b> |
| 3.1. <i>Diversidade alfa</i> .....                                     | 32        |
| 3.2. <i>Diversidade beta</i> .....                                     | 33        |
| <b>4. Discussão.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>5. Conclusão.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>Segundo Manuscrito.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>1. Introdução.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>2. Materiais e Métodos.....</b>                                     | <b>45</b> |
| 2.1. <i>Área de estudo</i> .....                                       | 45        |
| 2.2. <i>Amostragem</i> .....   | 46        |
| 2.3. <i>Variáveis ambientais</i> .....                                 | 47        |
| 2.4. <i>Dados biológicos</i> .....                                     | 47        |
| 2.5. <i>Análise dos dados</i> .....                                    | 47        |
| <b>3. Resultados.....</b>  | <b>48</b> |
| 3.1. <i>Caracterização biótica</i> .....                               | 48        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>4. Discussão.....</b>   | <b>57</b>  |
| <b>5. CONCLUSÃO GERAL.....</b>   | <b>65</b>  |
| <b>6. PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>  | <b>66</b>  |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>67</b>  |
| <b>APÊNDICE.....</b>   | <b>76</b>  |
| APÊNDICE I: Lista com algumas espécies da comunidade fitoplanctônica.....                          | 77         |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>769</b> |
| ANEXO I: Normas da revista Estuarine, Coastal and Shelf Science para submissão do manuscrito. .... | 80         |
| ANEXO II: Normas da revista Acta Limnologica Brasiliensia para submissão do manuscrito. ....       | 922        |

## RESUMO

As salinas solares no Nordeste brasileiro são ecossistemas artificiais constituídas por evaporadores e cristalizadores, nos quais a água do mar ou do estuário é captada e transferida de um evaporador para outro por gravidade ou por bombeamento elétrico, nos quais a água evapora até ocorrer à precipitação do cloreto de sódio. A pesquisa foi desenvolvida em três salinas (Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara) localizadas no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, no estuário do Rio Apodi-Mossoró/Brasil. Esse estudo teve como objetivo avaliar os componentes da diversidade particionada em escalas espaciais e mostrar a influência dos filtros ambientais no desenvolvimento das espécies fitoplanctônicas ao longo deste ecossistema hipersalino. A amostragem foi realizada em janeiro de 2013, nos três setores das salinas (Inicial, Intermediário I e II). Em cada setor coletou-se amostras para análises limnológicas e da comunidade fitoplanctônica em dois evaporadores de salinidades diferentes, sendo quatro amostras por evaporador, totalizando vinte e quatro amostras para seis evaporadores, em cada salina, com salinidades entre 30‰ a 250‰. O fitoplâncton foi coletado na superfície, filtrando 200 litros por amostras, com rede de plâncton (20µm). O presente estudo está dividido em dois manuscritos, o primeiro retratou a partição da diversidade em escalas hierárquicas e o segundo abordou a influência dos filtros abióticos na estrutura das comunidades fitoplanctônicas. Na partição da diversidade foram encontradas 65 taxa, distribuídas em oito grupos, com o predomínio do grupo Cyanobacteria (57%) e Bacillariophyceae (25%). A riqueza de espécies reduziu significativamente com o aumento da salinidade ( $F_{(1,70)} = 83,5$ ;  $p < 0,0001$ ). A maior diversidade foi representada nas escalas maiores, no caso pelas salinas ( $\beta_3 = 26\%$ ,  $\text{Prop}_{\text{exp} > \text{obs}} = 0,005$ ), havendo uma diminuição na similaridade das espécies da escala alfa para a beta, devido ao gradiente de salinidade selecionando as espécies que conseguem desenvolver-se no sistema. No segundo trabalho, foram identificados 110 taxa nas três salinas solares, distribuídos em oito classes taxonômicas, havendo o predomínio das classes Cyanobacteria (55%), Bacillariophyceae (40,7%). *Pseudanabaena galeata* foi à única espécie pouco frequente ( $>20\% \leq 50\%$ ), com cerca de 96 taxa representando espécies raras. A salinidade influenciou significativamente na riqueza nas três Salinas, Augusto Severo ( $F_{(1,22)} = 23,2$ ;  $p < 0,001$ ), Francisco Menescal ( $F_{(1,22)} = 50,02$ ;  $p < 0,001$ ) e Santa Clara ( $F_{(1,22)} = 66,33$ ;  $p < 0,001$ ). A análise canônica obteve uma explicação 41,6% da variabilidade total dos dados, mostrando a influência dos filtros abióticos na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Os trabalhos desenvolvidos contribuíram para um maior conhecimento da Ecologia e do papel dos filtros abióticos nos ambientes salinos. Evidenciando a importância do estudo sobre as comunidades fitoplanctônicas como uma ferramenta de conhecer a dinâmica do ecossistema, e assim, propor medidas para sua conservação e gestão.

**PALAVRAS-CHAVE:** gradiente de salinidade, variáveis abióticas, algas, riqueza, salinas solares, filtros abióticos, particionamento aditivo.

## ABSTRACT

The solar saltworks in the Brazilian Northeast are artificial ecosystem consisting of evaporators and crystallizers, where sea water or estuary is captured and transferred from one evaporator to another by gravity or electrical pumping, where water evaporates even occur to the precipitation of sodium chloride. The research was conducted in three saltworks (Augusto Severo, Francisco Menescal and Santa Clara) located on the northern coast of Rio Grande do Norte, in the estuary of the River Apodi - Mossoró. This study aimed to evaluate the components of diversity partitioned into spatial scales and show the influence of ecological filters in the development of phytoplankton species along the hypersaline ecosystem. Sampling was conducted in January 2013 in three sectors of saltworks (Initial Sector, Intermediate I and II). In each section, samples were collected for limnological analyzes and phytoplankton in two ponds of different salinities, with four samples per evaporator, totaling twenty-four samples for six evaporators, each saline, with salinities between 30‰ to 250‰. Phytoplankton was collected on the surface by filtering 200 liters per sample, with a plankton net (20µm). This study is divided into two manuscripts, the first portrayed the partitioning of diversity into hierarchical scales and the second addressed the influence of abiotic ecological filters in the structure of phytoplankton communities. In partitioning of diversity 65 taxa, divided into eight groups were found. With the dominance of Cyanobacteria (57%) and Bacillariophyceae (25%) group. Species richness decreased significantly with increasing salinity ( $F_{(1,70)} = 83.5$ ,  $p < 0.0001$ ). The greatest diversity was represented at larger scales, where the salt ( $\beta_3 = 26\%$ ,  $Pro_{pexp} > obs = 0.005$ ), with a decrease in similarity of species of alpha to beta scale, due to the salinity gradient by selecting the species that can develop in the system. In the second study, 110 taxa were identified in three solar saltworks spread on eight taxonomic classes, with the predominance of Cyanobacteria (55%), Bacillariophyceae (40.7 %) classes. The species *Pseudanabaena galeata* was the only species uncommon ( $> 20\% \leq 50\%$ ), about 96 taxa are rare species. Salinity significantly influenced the richness of the three saltworks, Augusto Severo ( $F_{(1,22)} = 23.2$ ,  $p < 0.001$ ), Francisco Menescal ( $F_{(1,22)} = 50.02$ ,  $p < 0.001$ ) and Santa Clara ( $F_{(1,22)} = 66.33$ ,  $p < 0.001$ ). The canonical analysis obtained an explanation 41.6% of the total variability of the data, showing the influence of abiotic ecological filters in the structure of the phytoplankton community. Developed work contributed to a greater understanding of ecology and the role of abiotic ecological filters in solar saltworks environments. Highlighting the importance of the study on phytoplankton communities as a tool to know the dynamics of the ecosystem, and thus propose measures for their conservation and management.

**KEYWORDS:** salinity gradient, abiotic variables, algae, wealth, solar salt, ecological filters, additive partitioning.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

---

### 1.1. *Salinas solares*

As salinas solares estão localizadas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, consideradas como corpo d'água salgados, sejam estes sistemas artificiais ou naturais, onde ocorre a precipitação da halita a partir da evaporação da água (OREN, 2010). Constituída de uma série de evaporadores interligados, nos quais a água do mar ou do estuário é captada e transferida de um evaporador para outro por gravidade ou por bombeamento elétrico (DAVIS, 2000; ABID et al., 2008). Ao longo do circuito da salina, a água (salmoura) evapora gradativamente até alcançar concentrações de 260 e 280 g. L<sup>-1</sup>, onde a salmoura é distribuída nos cristalizadores para a precipitação do sal. Este ecossistema apresenta dois extremos de salinidade, o primeiro representado pelos habitats mais comuns do mundo (água do mar) no início dos evaporadores, e o segundo um dos habitats mais extremos do mundo (cálcio e cloreto de magnésio-saturado/salmouras). Em nenhum outro ambiente existe este gradiente complexo, com salinidades diferentes disponíveis a uma curta distância (OREN, 2002; PEDRÓS-ALIÓ et al., 2000).

Considerando a forma de exploração e colheita do sal, as salinas brasileiras são classificadas em: artesanais (realizado manualmente) ou mecanizadas (aparato maquinário realiza as funções necessárias dentro da salina). As salinas artesanais são pequenas, com uma área média de 50 ha (10-20 evaporadores), por isso possuem um ecossistema instável susceptível a mudanças (COSTA et al., 2013). Normalmente o cloreto de sódio de baixa qualidade (com pequenos cristais), uma produção de 45 a 50 ton.ano<sup>-1</sup>. Estas salinas não têm gradiente de salinidade muito definido porque há o desvio d'água de alta salinidade (> 250 g. L<sup>-1</sup>) para os evaporadores de evaporação de menor salinidade (cerca de 80 g. L<sup>-1</sup>). Alterando significativamente a biota (DE MEDEIROS ROCHA; CAMARA, 1993). As salinas mecânicas produzem mais de 150.000 ton.ano<sup>-1</sup>, com uma área de produção superior a 500 ha, onde o tempo de retenção da salmoura é mais longo e a água captada surge como salmoura na zona de cristalização três meses mais tarde, possuindo um cristal de qualidade para comercialização (DE MEDEIROS ROCHA et al., 2012).



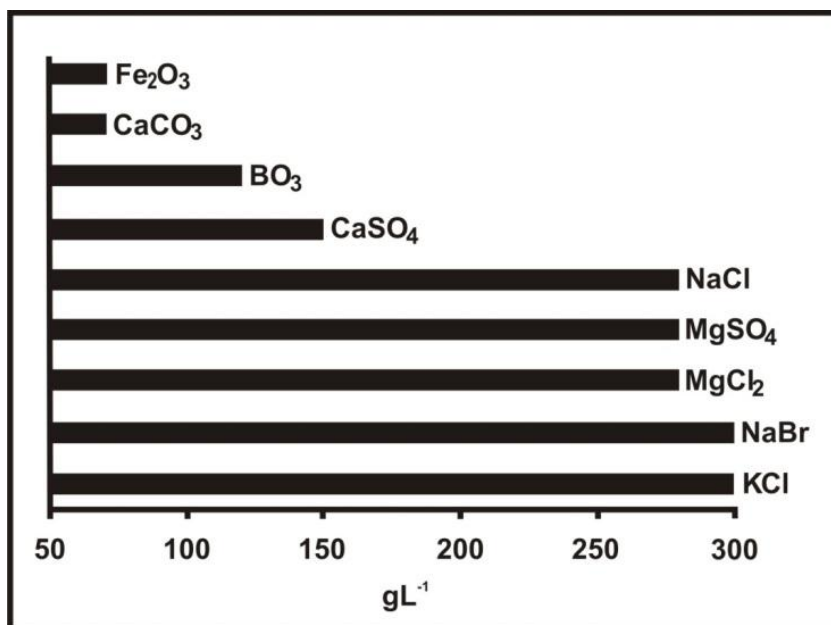
As salinas são constituídas por evaporadores e cristalizadores, esses por sua vez são divididos em 4 setores (Inicial, Intermediário I e II, Final e Cristalizadores). Essa divisão é realizada para melhor compreender o funcionamento deste sistema, como também, devido às atividades metabólicas que ocorrem de setor para setor sobre a influência do gradiente de salinidade. Cada setor possui características ímpares em sua biota e composição química da salmoura (DAVIS, 2000).

O *Setor Inicial* ou área de captação (35 a 50 g. L<sup>-1</sup>) funciona como o suporte de toda a biota da salina, pois é o setor com maior estabilidade e riqueza, tanto na diversidade como na biomassa, fazendo com que seja considerado um dos ecossistemas aquáticos mais produtivos (LARSEN, 1980). O *Setor Intermediário I* (50 a 80 g. L<sup>-1</sup>) apresenta uma redução drástica no número de espécies, devido aos problemas de osmoregulação, relacionados com a precipitação do óxido de ferro e de parte do carbonato de cálcio (COPELAND, 1976; DAVIS, 2000, FIG 1), ocasionando a morte de microorganismos que não se desenvolvem neste teor de salinidade, porém proporcionando o surgimento de novas microalgas adaptadas a esse ambiente, no caso de halotolerantes e halofílicas (WILLIAMS, 1998; OREN, 2001).

Nesse setor há uma proliferação de populações de dípteros e aves migratórias que encontram alimentação abundante (WILLIAMS, 1998). A presença destas aves é benéfica para o sistema biológico da salina, pois a contribuição em nutrientes pelas suas fezes e a agitação que produzem na água permite que se mantenham populações significativas de microalgas (OREN et al., 2009). Já no *Setor Intermediário II*, também chamado de “filtro biológico” (80 a 160 g.L<sup>-1</sup>), esse teor de salinidade torna-se uma barreira para os microcrustáceo de *Artemia franciscana* (Crustacia: Anostraca) (DAVIS, 2000), havendo uma diminuição do fitoplâncton e um predomínio de cianobactérias (*Aphanothece* sp) (DE MEDEIROS ROCHA; CAMARA, 1993).

As clorofíceas (e. g. *Dunaliella salina*, *Asteromonas gracilis*) ainda se desenvolvem neste setor e provavelmente servem de alimento para populações de *A. franciscana* que são responsáveis pelo controle das cianofíceas (DE MEDEIROS ROCHA; CAMARA, 1993). Nesta zona ocorre a precipitação dos boratos (~120 g.L<sup>-1</sup>) e do sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub>2H<sub>2</sub>O) (~150 g.L<sup>-1</sup>). Enquanto, no *Setor Final* ou “zona de depuração” (160 a 260 g.L<sup>-1</sup>) a salmoura encontra-se transparente, neste setor raramente encontram-se clorofíceas em quantidades superiores a 10.000 cel.mL<sup>-1</sup>, havendo predomínio da *D. salina* (raramente *A. gracilis*), e a presença de *A. franciscana* até determinada salinidade (180 g.L<sup>-1</sup>) (GIORDANO et al., 1994). No *Setor de*

*Cristalização* (255-260 g.L<sup>-1</sup>) a salmoura é transferida para os evaporadores de cristalização, que ocupam em média 10% da salina, onde ocorrerá a precipitação e formação dos cristais de cloreto de sódio (DAVIS, 1978).



**Figura 1:** Ordem de precipitação em meio evaporítico dos principais sais minerais encontrados na água do mar. Fonte – Retirado de Copeland (1967).

A Convenção de Ramsar (1990) tem enfatizado a importância estrutural sobre aspectos funcionais na classificação das áreas úmidas de importância internacional, por isso, atribuiu as salinas à categoria de áreas úmidas artificiais, juntamente com reservatórios, viveiros de aquicultura, escavações, instalações de tratamento de águas residuais, canais e campos alagados (MATTHEWS, 2013).

Segundo Costa et al. (2014) as salinas propicia vários serviços, como: a pesca artesanal; a extração de sais utilizados pela indústria química; a produção da “flor de sal”; áreas de refúgio para aves migratórias; a produção de sal marinho, que desenvolve-se de forma interligada aos fatores biológicos e abióticos, os quais propiciam um ambiente favorável para produção de sal; não esquecendo dos valores culturais, científicos e históricos da exploração salineira no Brasil.

### 1.2. *Estudos em salinas solares*

As salinas foram estudadas extensivamente ao longo do globo em nível de dinâmica dos processos ecológicos e características biológicas, com ênfase na Tunísia (ABID et al., 2008; AMDOUNI, 2010), Austrália (WILLIAMS, 1998; BOROWITZKA, 1981; CARTWRIGHT et al., 2009), França (CAUMETTE et al., 1994), Grécia (DOLAPSAKIS et al., 2005), Índia (PUROHIT; SINGH, 2009), Itália (BLASUTTO et al., 2005), Israel (OREN, 2002; OREN et al., 2009; TKAVC et al., 2011), México (ALCOCER; HAMMER, 1998), Espanha (PÉDROS- ALIÓ et al., 2000; LÓPEZ et al., 2010), Portugal (MORAIS et al., 2003) (COSTA, 2013; DAVIS, 2000).

No entanto, as salinas brasileiras são quase que desconhecidas ao nível da dinâmica dos processos ecológicos, econômicos e das características hidrogeoquímicas (DE MEDEIROS ROCHA, 2011, COSTA et al., 2014). No Nordeste do Brasil destacam-se os seguintes estudos em salinas artificiais: Martinez et al. (1992), abordaram a *Microsporidios* e em *Artemia* spp (Crustacea, *Anostraca*): luz e microscopia eletrônica de *Vavraia anostraca* sp. nov. (*Microsporidia*, *Pleistophoridae*); De Medeiros Rocha e Câmara (1993) retrataram a predição, monitoramento e gestão de “bloom” algal prejudicial à produção de sal; Souto et al. (2000) enfocaram a influência de fatores ambientais sobre *Artemia* spp (Crustacea, *Anostraca*) Barbosa et al. (2001) abordaram a distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica e variáveis hidrológicas; Costa et al. (2014) abordaram a análise dos serviços ambientais prestados pelas salinas solares; De Medeiros Rocha (2011) e Costa (2013) em suas teses de doutorado, e Medeiros (2012) contribuíram no estudo sobre as salinas brasileiras. Assim, nota-se a escassez de trabalhos sobre as salinas artificiais no Brasil, como também trabalhos de cunho ecológico.

### 1.3. *Comunidades fitoplanctônicas no ambiente hipersalino*

As salinas apresentam diferentes composições da flora planctônica, isso está relacionado aos fatores geográficos, climáticos, físicos, químicos e biológicos (WILLIAMS, 1998). Todos os indivíduos que compõe este sistema se encontram interligados através da cadeia trófica, sendo o fitoplâncton a base dessa cadeia (REYNOLDS, 2006). A instabilidade ambiental e as mudanças das condições

ambientais da salina determinam a composição fitoplanctônica ao longo do circuito salino, estando os padrões de riqueza, diversidade e densidade diretamente relacionados com esta variação (PEDRÓS-ALIÓ et al. 2000).

A salinidade é um dos principais fatores de estresse natural nos ambientes costeiros, nos mares, estuários, em ambientes de água salobra e hipersalinos, dentre outros. As alterações no teor de salinidade, as condições físicas e químicas do meio, juntamente com o aporte de nutrientes e a pressão de pastejo são fatores relevantes que influenciam a diversidade, estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica (WINDER; SOMMER, 2012), onde apenas as espécies adaptadas a tais condições conseguem desenvolver-se e dispersar-se ao longo do ecossistema salino (OREN, 2002).

O sistema hipersalino oferece uma gama de ambientes com diferentes níveis de salinidade, a partir da água do mar até a saturação do cloreto de sódio, com isso, possibilitando o surgimento de um gradiente de salinidade. Onde cada evaporador pode ser considerado um microhabitat, nos quais as espécies desenvolvem-se de acordo com sua adaptação as condições do ambiente (DAVIS, 2000; DAVIS et al., 2009).

As comunidades fitoplanctônicas são influenciadas diretamente pela salinidade e as condições do habitat, os quais determinam a composição e estrutura das espécies, bem como as interações entre as mesmas (WILLIAMS, 1998; PEDRÓS-ALIÓ *et al.*, 2000). O aumento da salinidade, e conseqüentemente a mudança na composição iônica, causam diminuição na diversidade das espécies e na produtividade biológica (LARSEN, 1980). O principal efeito do ambiente hipersalino sobre o ecossistema é a diminuição e simplificação da cadeia alimentar, dado o reduzido número de espécies em cada nível trófico, demonstrando que a salinidade é o fator limitante para muitos microorganismos, mas que existem microalgas específicas (halofílicas e halotolerantes) que suportam esses ambientes e conseguem desenvolver-se (BOROWITZKA, 1981).

As comunidades fitoplanctônicas, como outros organismos existentes no ambiente, são essenciais na produção de sal, por isso, o conhecimento da composição e distribuição dessas comunidades é importante para gestão do sistema salino, a fim de garantir o funcionamento adequado do ecossistema e para ter um produto final de qualidade, no caso o cloreto de sódio (DAVIS, 2009).

No sistema biológico das salinas, esses organismos influenciam na produção de sal marinho, como também, na manutenção do estado ecológico da salmoura. As comunidades presentes em cada evaporador desempenham um papel ecológico

diferente, como: o controle da mucilagem, a ciclagem dos nutrientes, o equilíbrio dos níveis tróficos, como também na produção de culturas de sal nos cristalizadores para o suporte das máquinas de colheita, dentre outras funções de grande importância na manutenção do “equilíbrio” do ecossistema ao longo do circuito salino (DAVIS, 2000).

O fitoplâncton é abundante nos evaporadores de salinidades menores que 80 g.L<sup>-1</sup>, enquanto que nos evaporadores com concentrações de salinidade entre 80 a 150 g.L<sup>-1</sup> haverá uma diminuição da comunidade (GIORDANO et al., 1994). Em salinidades maiores que 150 g.L<sup>-1</sup>, a biomassa do fitoplâncton é insignificante. Nos cristalizadores (> 260 g.L<sup>-1</sup>) predominam as Clorofíceas, (*Dunaliella* spp) e bactérias halófilas, devido o aumento da salinidade essas são as únicas algas que conseguem desenvolver-se em tais condições abióticas (DAVIS, 2000; GIORDANO et al., 1994). Por isso, que as salinas são particularmente interessantes para a ecologia microbiana, pelo fato da seleção ou *turnover* das espécies no decorrer do circuito (PEDRÓS-ALIÓ et al., 2000).

#### 1.4. Partição da diversidade

As espécies são influenciadas por vários fatores, entre eles a localidade geográfica do ecossistema, as quais se adaptam as características ambientais do local, fazendo com que determinado conjunto de espécies possam ali se estabelecer e permanecer (TOWNSEND et al., 2003). Assim, as variações nessas características permitirão que outras espécies possam se agrupar, ou serem substituídas por outras espécies – *turnover* - ocasionando diferentes composições de comunidades, que consequentemente apresentarão diferentes valores de abundância e riqueza de espécies (FLACH, 2009).

A descrição e explicação dos padrões de diversidade de espécies em relação a gradientes ambientais e geográficos é um tópico de grande interesse para a Ecologia (FLACH, 2009). Whittaker (1960, 1972) foi o pioneiro a abordar medidas de diversidade para os padrões de riqueza de espécies ao longo de gradientes ambientais. O mesmo reconheceu a relação entre a diversidade e a escala espacial, propondo o conceito de partição da diversidade em componentes: alfa, beta e gama. A diversidade *alfa* ( $\alpha$ ) corresponde à diversidade em determinado local. Diversidade *beta* ( $\beta$ ) refere-se à variação na composição de espécies entre dois locais dentro de uma mesma região. A

diversidade *gama* ( $\gamma$ ) compreende toda a região geográfica de interesse (MAGURRAN, 2004).

Apesar dessa terminologia proposta por Whittaker (1960, 1972) e posteriormente por Allan (1975) continua sendo amplamente discutida e empregada na literatura ecológica, Lande (1996) retoma o conceito de partição da diversidade, dando enfoque à diversidade beta ( $\beta$ ) ao desenvolver o método da partição aditiva, o qual analisa a diversidade dentro e entre comunidades. O método propõe a divisão da partição da diversidade gama, em diversidade local ( $\alpha$ ) e diversidade entre comunidades ( $\beta$ ). Essa nova abordagem foi propulsora para estudos de diversidade em escalas espaciais (CRIST et al., 2003), como também, abordagens de estudos em níveis hierárquicos (NABOUT et al., 2007; LIGEIRO et al., 2010; HEPP et al., 2012; MELO; MEDEIROS, 2013). No decorrer de estudos realizados, novos métodos de análise com enfoque na diversidade beta são aprimorados ou desenvolvidos, como o método de particionamento aditivo e multiplicativo (WHILTAKER, 1960, 1970; VEECH et al., 2002; GERING et al., 2003; KOLEFF et al., 2003; MEDEIROS et al., 2008; BASELGA, 2010a; 2010b; NOGUEIRA; NABOUT, 2010; RICOTTA, 2010; TUOMISTO, 2010; VEECH; CRIST, 2010a; 2010b; LIGEIRO et al., 2010; ANDERSON et al., 2011; MELO et al., 2011; HEPP et al., 2012; HEPP; MELO, 2012; LIGEIRO et al., 2013; MOLOZZI et al., 2013).

A fundição de escalas hierárquicas de medição oferece potencial para ganhar uma nova visão sobre a complexidade estrutural e funcional dos ecossistemas (PARSONS et al., 2004). O particionamento da diversidade permite entender a escala ou as escalas que determinam a composição das espécies e sua persistência em desenvolver-se. O uso de sistemas hierárquicos, e do papel de escala na definição de biodiversidade, tem sido reconhecido em vários estudos, como: em rios e riachos (WILLIAMS et al., 2003; LIGEIRO et al., 2010; HEPP, 2011; LIGEIRO et al., 2013), em ambientes marinhos (ZACHARIAS; ROFF, 2000), em lagos/reservatórios (STENDERA; JOHNSON, 2005), em florestas (AUERBACH; SHMIDA, 1987; NOSS, 1990; GASTON, 2000; WHITTAKER et al., 2001).

### 1.5. *Filtros ambientais*

O conceito de filtro ambiental prediz que espécies presentes em escalas regionais estarão em escalas locais e tenderiam a apresentar características semelhantes, necessárias para superar os filtros ambientais (CORNWELL et al., 2006). As interações bióticas também são consideradas como filtros sobre a composição da comunidade local, mas isso dar-se, apenas se as espécies do ambiente possuírem características adequadas às restrições do habitat, ou seja, aos fatores abióticos (POFF, 1997).

Os primeiros trabalhos a retratar as características do habitat como sendo filtros seletivos, os quais inibiam o desenvolvimento das espécies nos ecossistemas foi explícito por Forbes (1887). Em seguida vários autores avançaram na pesquisa sobre filtros, abordando a influência das escalas e dos fatores abióticos sobre os filtros (POFF, 1997; STATZNER et al., 2001; HEINO et al., 2003; BONADA et al., 2005; MYERS & HARMS, 2009; ROQUE et al., 2010; GARCÍA-ROGER et al., 2011; CHALMANDRIER et al., 2013; GARCÍA-ROGER et al., 2013).

Ao trabalhar a interação dos filtros relacionados às escalas hierárquicas no ambiente torna-se possível evidenciar quais organismos conseguiram sobreviver, desenvolver e reproduzir ao longo da dinâmica do ecossistema (WEINER; KEDDY, 1995; STATZNER et al., 2001). Na abordagem hierárquica, o “pool de espécies regional” é representado pelas espécies presentes na região, devido à influência dos processos biogeográficos e históricos (RICKLEFS, 2004). E os fatores ambientais (condições físicas e químicas do ambiente, impacto antrópicos, tipos de substratos, dentro outros) contribuem na seleção das “espécies regionais”, as quais só conseguem desenvolver-se ao adaptarem-se as condições ambientais locais. Já o “pool de espécies locais” é influenciado pelos filtros bióticos (competição e predação), as quais formam as comunidades observadas (CHALMANDRIER et al., 2013).

Portanto, levando em consideração a importância das comunidades biológicas nas salinas, que foi desenvolvido esse estudo, a fim de contribuir com um maior conhecimento sobre a composição e distribuição das comunidades fitoplanctônicas dos ecossistemas hipersalinos. Assim, buscou-se evidenciar a variação espacial das comunidades fitoplanctônicas no decorrer dos setores, mostrando também, a riqueza das espécies em cada amostragem (diversidade alfa), o intercâmbio de espécies entre os gradientes (diversidade beta) e a diversidade total de espécies nas salinas (diversidade gama). Como também, aborda-se a influência dos filtros ambientais na comunidade biológica. Esta dissertação é composta por dois manuscritos: o primeiro manuscrito abordou a partição da diversidade em escalas hierárquicas, a fim de evidenciar a

similaridade das comunidades fitoplanctônicas nas diferentes escalas de análises, a ser submetido à *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; o segundo retratou a influência dos filtros abióticos na estrutura das comunidades fitoplanctônicas em ambientes hipersalinos, ser submetido à *Acta Limnologica Brasiliensia*. Assim, os resultados obtidos representam uma contribuição para estudos em salinas solares do semiárido brasileiro, utilizando as comunidades fitoplanctônicas como uma ferramenta para gestão e conservação destes ecossistemas hipersalinas.



## 2. OBJETIVO GERAL

---

- Avaliar os componentes da diversidade particionada em escalas espaciais e mostrar a influência dos filtros abióticos no desenvolvimento ou na formação de diferentes comunidades fitoplanctônicas ao longo de um ecossistema hipersalino.

## 3. PRIMEIRO MANUSCRITO

---

### 3.1. Pergunta

- Os padrões de riqueza das comunidades fitoplanctônicas do ecossistema salino estão diretamente relacionados aos gradientes ambientais e as escalas espaciais?

### 3.2. Hipótese

- O gradiente de salinidade e os fatores ambientais analisados influenciam na diversidade e distribuição das comunidades fitoplanctônicas no sistema salino, havendo uma maior riqueza de espécies nas maiores escalas de análises, no caso entre os setores e salinas amostrados.

## 4. SEGUNDO MANUSCRITO

---

### 4.1. Pergunta

- A dinâmica do ecossistema possibilita o desenvolvimento de filtros ambientais, quais seriam os filtros seletivos que influenciam na estrutura da comunidade e quais são os efeitos causados na comunidade fitoplanctônica no ambiente hipersalino?

### 4.2. Hipótese

- As variáveis ambientais são os filtros abióticos responsáveis pela seleção e inibição das espécies que não toleram altas concentrações de sais, porém existem espécies halotolerantes ou halofílicas que conseguem desenvolver-se no ambiente extremo das salinas.

## **Partição da diversidade de comunidades fitoplanctônicas em salinas do trópico semiárido**

Raiane S. Costa<sup>a</sup>; Renato M. Rocha<sup>b</sup>; José E. L. Barbosa<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Av. das Bananeiras, 351, CEP 58109-753, Campina Grande, PB, Brasil. email: [raianegeo@hotmail.com](mailto:raianegeo@hotmail.com)

<sup>b</sup>Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), R. José Evaristo, CEP 59300-000, Caicó, RN, Brasil.

### **ABSTRACT**

Solar salterns in tropical and subtropical regions worldwide consist of a series of interconnected evaporators, which form the sectors in the saltern (Initial, Intermediate I and II, Final and Crystallizers Sectors). Its operation generates an increasing salinity gradient, which influences the species diversity therein. This study was conducted in three solar salterns in the Brazilian semi-arid coast aiming to evaluate the diversity partitioning of phytoplankton communities along the hypersaline gradient. We identified 65 taxa distributed into 8 taxonomic classes. In the analysis of the main contribution to the partition species richness of algae occurred on a smaller scale (alpha), while richness was increasing in larger scales (beta). Thus, it was shown that the largest scales, in this case, between saltworks, had greater variation in richness of phytoplankton. This effect is related to the salt concentration at higher scales, in which there is the development of rare species adapted to such condition, such as halophilic and halotolerant species.

**Keywords:** alpha and beta diversities, additive partitioning, hierarchical scales, spatial scales, salinity.

### **1. Introdução**

As salinas solares estão localizadas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo e são constituídas por uma série de evaporadores artificiais interligados. A água do mar ou do estuário captada é transferida de um evaporador para outro, por gravidade ou por bombeamento elétrico, até ocorrer à precipitação do cloreto de sódio nos cristalizadores (Davis, 2000; Oren et al., 2009).

Esse sistema hipersalino passou a ser considerada uma zona úmida artificial, através da Convenção de Ramsar (1990). Nesta Convenção foi reconhecida sua importância ambiental, pelos serviços ecossistêmicos oferecidos, como também a sua

importância econômica, através da geração de empregos e pagamento de impostos. Além dos valores culturais, científicos e históricos da exploração salineira no Brasil (De Medeiros Rocha et al., 2012; Costa et al., 2014).

A infraestrutura em conjunto com a forma de manejo desse sistema hipersalino cria um gradiente crescente de salinidade, o qual influencia na precipitação dos sais (Britton & Johnson, 1987; Copeland, 1976). A heterogeneidade de habitats existente no ambiente salino proporciona o desenvolvimento de grande diversidade de espécies, como da comunidade planctônica, da fauna aquática, e aves migratórias (López et al., 2010; De Medeiros Rocha et al., 2012).

As salinas apresentam diferentes composições da flora planctônica e isso está relacionado aos fatores geográficos, climáticos, físicos, químicos e biológicos, como a competição e predação (Williams, 1998). As condições físicas e químicas do ecossistema hipersalino acabam influenciando na diversidade da comunidade planctônica, sendo o gradiente salino um dos fatores inibidores no desenvolvimento dos organismos nesse ambiente (Ayadi et al., 2004).

Todos os indivíduos que compõem este sistema se encontram interligados através da cadeia trófica, sendo o fitoplâncton a base dessa teia (Reynolds, 2006). A instabilidade ambiental e as mudanças das condições ambientais determinam a composição fitoplanctônica, estando os padrões de riqueza, diversidade e densidade diretamente relacionados com esta variação (Pedrós-Alió et al., 2000).

Estudar e compreender a diversidade de espécies levando em consideração o gradiente ambiental foi uma questão elencada por Whittaker (1960) ao abordar medidas de diversidade para os padrões de riqueza de espécies ao longo de gradientes ambientais. Com isso, surgindo os componentes da partição da diversidade em: alfa, beta e gama. Gering & Crist (2002) caracterizaram a diversidade alfa ( $\alpha$ ) como sendo a diversidade em determinado local. A diversidade beta ( $\beta$ ) referindo-se à variação na composição de espécies entre dois locais dentro de uma mesma região e a diversidade gama ( $\gamma$ ) compreenderia toda a região geográfica de interesse.

A proposta de Whittaker (1960) era um modelo multiplicativo entre os componentes da diversidade, onde a diversidade regional seria obtida pela multiplicação dos componentes  $\alpha$  e  $\beta$ . Porém, essa relação é imprópria, pois não eram atribuídos pesos de forma equilibrada aos componentes da diversidade quando os mesmos eram aplicados na análise das escalas espaciais (Lande, 1996). Com isso, surge o método aditivo que possibilita calcular a contribuição dos componentes de  $\alpha$  e  $\beta$  em diferentes

escalas geográficas de forma igualitária (Allan, 1975; Lande, 1996). Esse método prioriza a diversidade  $\beta$ , o qual analisa a diversidade dentro (alfa) e entre comunidades (beta). O método propõe a divisão da partição da diversidade gama, em diversidade local ( $\alpha$ ) e diversidade entre comunidades ( $\beta$ ).

A diversidade  $\beta$  é essencial para estimar e mapear a diversidade em escalas hierárquicas, como também, para compreender os processos de formação e evolução dos sistemas biológicos (Vellend, 2010). Expressa também, a mudança na composição da comunidade ao longo do gradiente ambiental em respostas as variáveis espaciais, temporais e ambientais, de formar a evidenciar a heterogeneidade na estrutura da comunidade (Anderson et al., 2011). A análise da diversidade beta pode fornecer informações sobre padrões e processos de distribuição e estrutura das espécies, uma vez que os efeitos dos fatores ambientais e biológicos afetam de forma significativa na diversidade das espécies (Bevilacqua et al., 2012).

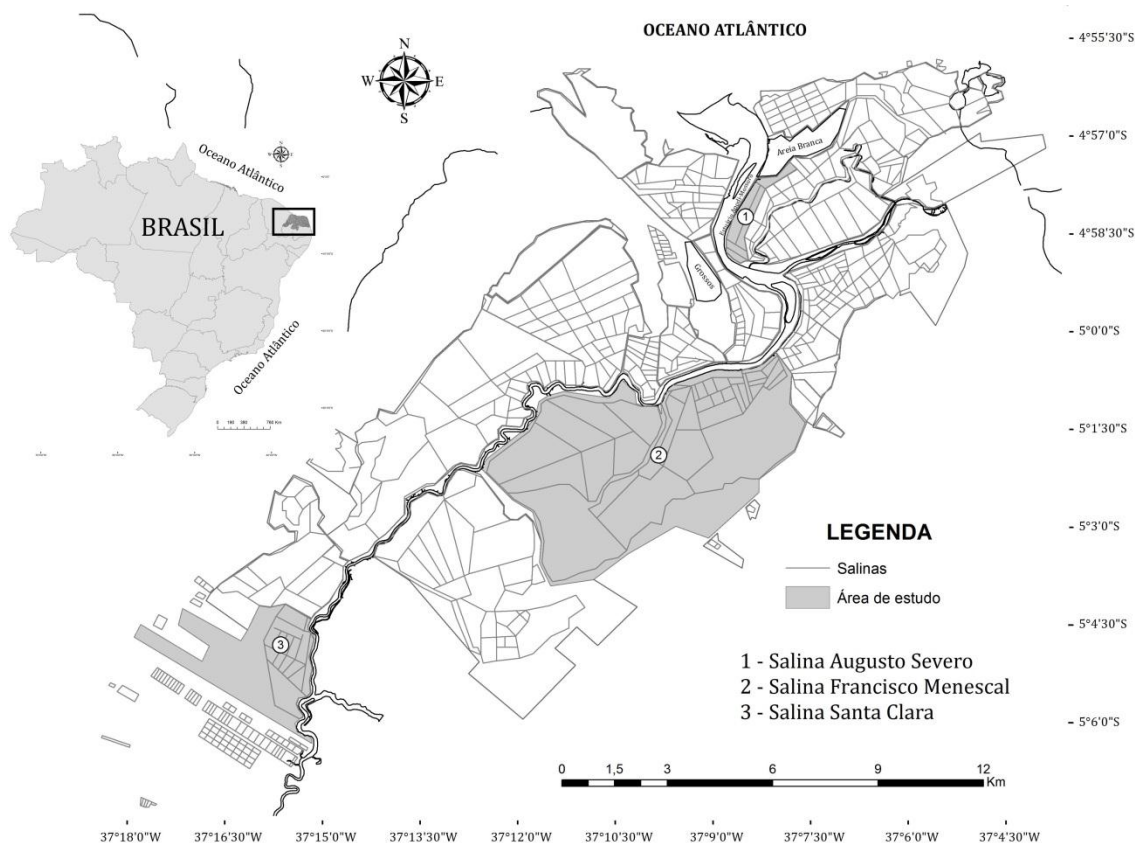
Este estudo é pioneiro em abordar a questão da partição da diversidade em ecossistemas salinos do trópico semiárido, ao evidenciar a influência do gradiente ambiental em relação à riqueza de espécies. Nós avaliamos a diversidade fitoplanctônica, dando enfoque os componentes alfa e beta em escalas hierárquicas. Com isso, o trabalho tem como objetivo avaliar o componente da partição beta, a fim de evidenciar hierarquicamente a diversidade das comunidades fitoplanctônicas ao longo do gradiente hipersalino, em salinas do trópico semiárido. Tendo como hipótese que o gradiente de salinidade e os fatores ambientais analisados influenciam na diversidade e distribuição das comunidades fitoplanctônicas no sistema salino, havendo uma maior riqueza de espécies nas maiores escalas de análises, no caso entre os setores e salinas amostrados.

## **2. Materiais e Métodos**

### *2.1. Área de estudo*

O estudo foi realizado em três salinas no litoral do semiárido brasileiro (Fig. 1), localizadas na costa setentrional do Rio Grande do Norte/Brasil, no estuário do Rio Apodi-Mossoró. Esse estuário é caracterizado pela formação sazonal de um gradiente longitudinal da salinidade a partir da foz e ao longo do estuário, com o aumento

progressivo do gradiente salino, encontrando-se valores de salinidade em média de  $50 \pm 90$  na porção do alto estuário, essa dinâmica da salinidade caracteriza-o como um “estuário negativo ou hipersalino” (Medeiros et al., 2008).

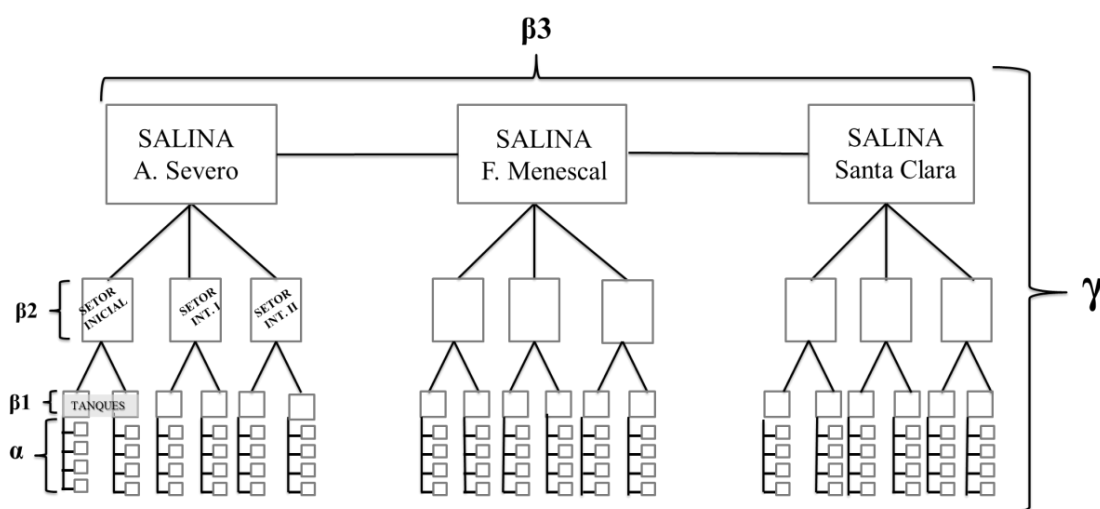


**Fig. 1.** Localização das Salinas Augusto Severo (1), Francisco Menescal (2) e Santa Clara (3), no estuário do Rio Apodi/Mossoró, Rio Grande do Norte.

A primeira salina em estudo, a Augusto Severo (145,08 ha) situa-se na foz do estuário do Rio Apodi-Mossoró ( $04^{\circ}57'54''$  S e  $37^{\circ}08'29''$  O), no município de Areia Branca/RN. Tem sua captação diretamente do mar (amplitude da salinidade:  $30 \pm 35$ ). A segunda salina, a Francisco Menescal (4000 ha) situa-se aproximadamente a 10 km da foz do estuário do Rio Apodi-Mossoró, no município de Mossoró/RN ( $5^{\circ}3'53''$  S e  $37^{\circ}11'29''$  O). Com captação diretamente do estuário (amplitude da salinidade:  $40 \pm 50$ ). A última salina em estudo, a Santa Clara (1045 ha) situa-se a 30 km da foz na margem do estuário, também no município de Mossoró/RN ( $5^{\circ}6'18''$  S e  $37^{\circ}15'10''$  O). Sua captação é diretamente do estuário (amplitude da salinidade:  $60 \pm 70$ ).

## 2.2. Amostragem

A coleta foi realizada em janeiro de 2013, em 3 salinas do semiárido brasileiro (Fig. 2). Uma salina é dividida em 4 setores (Setor Inicial, Setor Intermediário I e II, Setor Final e os Cristalizadores), os quais são constituídos por uma série de evaporadores interligados, esses por sua vez, são os compartimentos que formam os setores (Davis, 2000).



**Fig. 2.** Desenho amostral das salinas em estudo (Salina Augusto Severo, Francisco Mescal e Santa Clara) da diversidade particionada (alfa, beta e gama).  $\alpha$  = diversidade dentro dos evaporadores;  $\beta_1$  = diversidade entre evaporadores;  $\beta_2$  = diversidade entre setores;  $\beta_3$  = diversidade entre as salinas e  $\gamma$  = diversidade total.

A amostragem da comunidade fitoplancônica foi realizada nos Setores Inicial, Intermediário I e II. *In situ* foram escolhidos 2 evaporadores, sendo o primeiro e o último evaporador (com salinidade diferente, Fig. 2) de cada setor para amostragem da comunidade planctônica. Assim, em cada salina teve 6 evaporadores amostrados, nos quais foram coletadas 4 amostras em cada evaporador, tendo em média 24 amostras por salina, totalizando 72 amostragens nas 3 salinas em estudo.

O Setor Inicial (amplitude da salinidade:  $30 \pm 80$ ) é o primeiro setor da salina, normalmente o maior em hectare, no qual são mensuradas as menores salinidades. No primeiro evaporador (salinidade: 30) realiza-se a captação da água do estuário ou do mar, no qual inicia o fluxo da água para os demais evaporadores da salina; no último evaporador do Setor Inicial (salinidade: 80) já percebe-se diferenças no sistema salino. Quando a água (salmoura) passa para o Setor Intermediário I (amplitude da salinidade:

$80 \pm 170$ ) o primeiro evaporador amostrado (salinidade: 90) e o último evaporador (salinidade: 170) pelo elevado teor da salinidade, o sistema salino já possuem características de um ambiente extremo. O último setor amostrado, Setor Intermediário II (amplitude da salinidade:  $170 \pm 250$ ) o primeiro evaporador (salinidade: 180) e o último evaporador (salinidade: 250) são os últimos evaporadores para a salmoura ser transferida para os cristalizadores, nos quais haverá a precipitação do Cloreto de Sódio.

### *2.3. Fitoplâncton*

O fitoplâncton foi coletado na sub-superfície com uma rede de plâncton ( $20\mu\text{m}$ ) com diâmetro de boca de 25 cm, filtrando 200 litros da salmoura para cada amostra. As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de polietileno (500 ml) e preservadas com solução formol a 4% para análise qualitativa adicionando-se igual volume de fixador ao volume da amostra.

A identificação dos organismos foi realizada utilizando o microscópio binocular Zeiss, com até 1000 vezes de aumento. Os taxa foram identificados, com ajuda de manuscritos taxonômicos, sempre que possível em níveis específicos e infra-específicos, analisando-se as características morfológicas e morfométricas. Para identificação das espécies foram utilizados: Cupp (1943); Uherkovikc (1966); Komárek & Anagostidis (1973); Anagostidis & Komárek (1988); Hegewald & Silva (1988); Desikachary (2002); Tenenbaum et al., (2004); Metzeltin et al., (2005); Tucci et al., (2012).

### *2.4. Análise estatística*

Neste estudo, foi utilizada como medida de diversidade a riqueza de espécies. A riqueza de espécies é uma medida direta de diversidade que consiste no número de espécies que há numa determinada comunidade ou área de interesse (Peet, 1974). Inicialmente, para avaliar a influência da salinidade sobre a riqueza de espécies fitoplanctônica, utilizou-se uma análise de regressão linear simples. Todos os dados foram tratados com estatística descritiva para a determinação da variação na dimensão espacial. A dimensão espacial foi analisada entre os setores de cada ecossistema

separadamente. Para avaliar a dispersão das espécies em cada setor das salinas, foi realizado o cálculo do desvio padrão. A partir do valor de  $x$  dado pelo coeficiente ( $y=a+b.x$ ) do gráfico de dispersão (linha de tendência exponencial), foi possível saber a quantidade de sal é necessária para haver “perda” de espécies no ecossistema salino.

Para avaliar a partição da diversidade nas diferentes salinas, foi considerado os diferentes evaporadores, setores e salinas como níveis hierárquicos e utilizamos o método de partição aditiva (Crist et al. 2003). A partição aditiva facilita a comparação da variabilidade gerada por cada nível hierárquico entre si, pois geram valores diretos de porcentagem de variabilidade. Assim, a base de dados foi analisada seguindo o esquema hierárquico tendo como diversidade alfa ( $\alpha$ ) a diversidade dentro dos evaporadores; a diversidade beta 1 ( $\beta_1$ ) a variação da riqueza entre evaporadores; diversidade beta 2 ( $\beta_2$ ) a variação da diversidade entre os setores e a diversidade beta 3 ( $\beta_3$ ) a variação da diversidade de algas entre as salinas. Com isso, a diversidade regional ( $\gamma$ ) foi obtida pela soma dos componentes alfa e beta ( $\gamma = \alpha + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ ). Foi utilizado um modelo nulo para avaliar se os componentes da diversidade diferem da diversidade que seria esperada ao acaso se as unidades de amostragem fossem distribuídas aleatoriamente entre as escalas espaciais (Crist et al. 2003). Optamos por um modelo nulo do tipo *sampled-base* que aleatoriza os indivíduos entre as unidades amostrais permitindo assim, testar a menor escala proposta (Crist et al., 2003; Ribeiro et al., 2008). A significância foi obtida por contraste dos valores observados com os obtidos em 9999 randomizações (Crist et al., 2003). O teste avaliou se os valores observados são maiores ou menores do que os esperados por acaso. Isto foi feito através do cálculo da proporção de randomizações em que a estatística (diversidade de componentes) foi semelhante ou mais elevada do que os valores observados ( $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}}$ ). Proporções elevadas ( $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}}>0,975$ ) indicam que os valores observados são mais baixos do que aqueles esperado pelo acaso. Por outro lado, a baixa proporção ( $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}}<0.025$ ) indica que os valores observados são mais elevados do que o esperado. Todas as análises foram realizadas as análises utilizando a rotina “*s.based*” (Ribeiro et al., 2008) utilizando pacote “*vegan*” (Oksanen et al., 2012) do ambiente estatístico R (R Core Team, 2012).

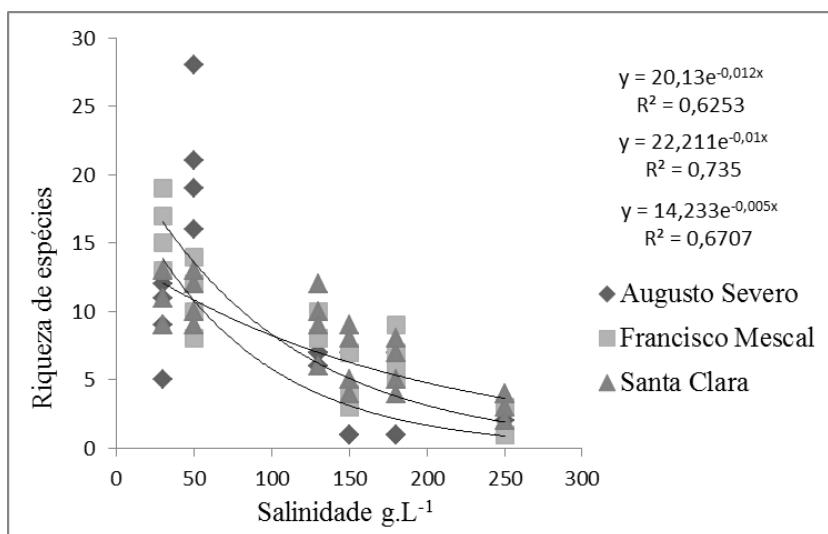
### 3. Resultados

#### 3.1. *Diversidade alfa*



No total foram identificados 65 taxa nas 3 salinas, distribuídos em 8 classes taxonômicas: Cyanobactéria (57%), Bacillariophyceae (25%), Chlorophyceae (9%), Euglenophyceae (5%), Coscinodiscophyceae (3%) e Zignemophyceae (1%).

A riqueza de espécies reduziu significativamente com o aumento da concentração de salinidade ( $F_{(1,70)} = 83, 5; p < 0,0001$ ) (Fig. 3). A maior redução ocorreu na Salina Francisco Menescal, que apresenta concentrações médias de sal (amplitude da salinidade:  $40 \pm 240$ ).

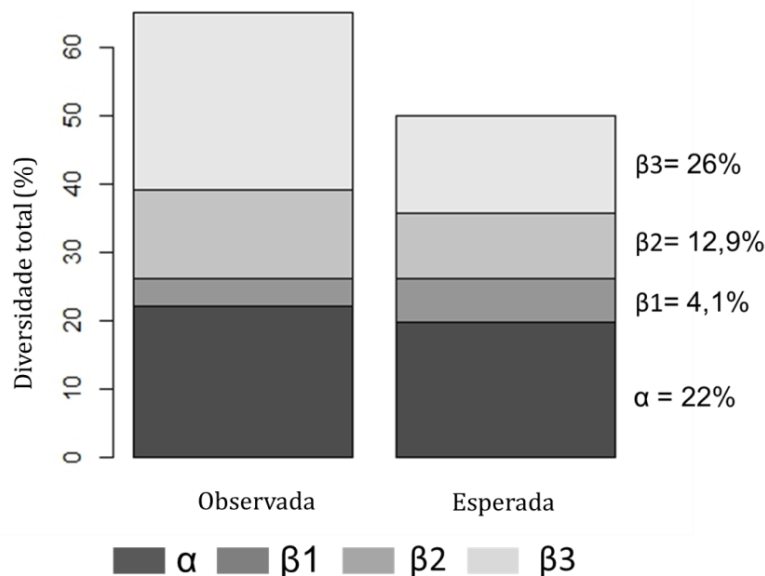


**Fig. 3.** Efeitos da salinidade sobre a riqueza de algas nas salinas (Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara).

### 3.2. Diversidade beta

A menor escala deste estudo (diversidade alfa) contribuiu com 33,8% da diversidade total das salinas (Tabela 1). A variação da diversidade diminuiu fortemente da escala  $\alpha$  para a  $\beta_1$  (33,8% para 6,3%, Tabela 2) representando o efeito direto da salinidade. No entanto, este valor foi menor do que o esperado, de acordo com o modelo nulo em que os indivíduos são randomizados entre unidades amostrais ( $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}} = 0,999$ ). Os demais componentes da diversidade beta apresentaram aumento na diversidade, de acordo com o aumento das escalas, sendo maiores que os esperados pela hipótese do modelo nulo ( $\beta_2 = 19,8\%$ ,  $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}} = 0,003$ ;  $\beta_3 = 26\%$ ,  $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}} = 0,005$ ; Tabela 1). Com isso, a maior riqueza foi representada nas escalas maiores, no caso pelas salinas ( $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}} = 0,005$ ). No entanto, nessa escala há menor diversidade

( $\beta_3 = 26\%$ ) com isso, havendo uma diminuição na similaridade nas espécies da menor escala para a maior escala hierárquica (Fig. 4).



**Figura 4:** Partição da diversidade em componentes alfa e beta, expressos em porcentagem da riqueza de espécie total. Os números à direita indicam a proporção de amostras aleatorizadas contendo mais espécies no observado, (\*exceção do  $\beta_1$ , possui 6,4 na riqueza esperada).  $\alpha$  = riqueza de espécie dentro do tanque;  $\beta_1$  = diversidade de espécie entre os tanques;  $\beta_2$  = diversidade de espécie entre os setores;  $\beta_3$  = diversidade de espécie entre as salinas.

**Tabela 1.** Diversidade total observado e esperado particionada em:  $\alpha$  (riqueza dentro dos evaporadores);  $\beta_1$  (diversidade entre evaporadores);  $\beta_2$  (diversidade entre setores);  $\beta_3$  (diversidade entre salinas), em três salinas do Nordeste brasileiro.

|                     |           | Riqueza Obs | Riqueza Exp | p-value | %<br>Variação |
|---------------------|-----------|-------------|-------------|---------|---------------|
| Dentro Evaporadores | $\alpha$  | 22.0        | 19.7        | <0.001  | 33.8          |
| Entre Evaporadores  | $\beta_1$ | 4.1         | 6.4         | 0.999   | 6.3           |
| Entre Setores       | $\beta_2$ | 12.9        | 9.5         | 0.003   | 19.8          |
| Entre Salinas       | $\beta_3$ | 26.0        | 14.4        | 0.005   | 26            |
| Diversidade Total   | $\gamma$  | 65          |             |         |               |

#### 4. Discussão

O ambiente salino proporciona grande diversidade de habitats adequados para o desenvolvimento de espécies (López et al., 2010). Essa característica foi comprovada na análise de partição aditiva, onde a escala local ( $\alpha$ ) teve 33,8% da riqueza total, devido à alta diversidade de habitats e com isso aumento na riqueza de espécie no ambiente.

A redução significativa na riqueza de espécies no sistema salino está relacionada à forma como a salmoura é manipulada ao longo do circuito. Essa gestão do fluxo da salmoura através dos evaporadores proporciona um gradiente íngreme e estável de características físicas e químicas, principalmente de salinidade (Britton; Johnson, 1987; Javor, 1989). A organização espacial dos evaporadores nas salinas e suas diferentes profundidades são necessárias no processo de produção de sal, o que favorece um alto grau de heterogeneidade espacial e microambientes produtivos (Evagelopoulos et al., 2008; Hamdi et al., 2008). Tais condições desenvolvidas pelo ambiente salino são toleradas pelas comunidades aquáticas, através de ciclos complexos de vida e relações interespecíficas das espécies que conseguem adaptar-se e desenvolver-se neste ambiente extremo (Geddes et al., 1981; Forbes & Cyrus, 1993; Williams, 1993; Lopéz et al., 2010).

A análise da variação na composição das comunidades fitoplactônicas mostrou que a importância relativa dos dois grupos dominantes, as classes Bacillariophyceae e Cyanobactéria, diferem nos evaporadores dependendo do teor de salinidade. Nos evaporadores do Setor Inicial, o fitoplâncton consistia principalmente de diatomáceas. Nos evaporadores com maiores salinidades, nos Setores Intermediários, as diatomáceas também ocorreram, mas dinoflagelados e cianobactérias tendem a dominar a comunidade fitoplanctônica. No estudo de Oren et al. (2009), em Israel, o mesmo evidencia que existem diferenças na composição do fitoplâncton, onde as espécies estenohaline (dinoflagelados e cianobactérias) terem sobreposto as espécies eurialina (diatomáceas) com o aumento da salinidade.

Os estudos realizados sobre teorias e hipóteses de ecossistemas (Frontier, 1977) e o estudo sobre a teia microbiana em duas salinas na Península Ibérica (Pedrós-Alió et al., 2000) relatam que no ambiente salino as comunidades fitoplanctônicas encontram-se permanentemente no estado juvenil, pois a abundância em espécie não permite chegar ao estágio de clímax, ou seja, as espécies não completam o estágio de sucessão ecológica, isso deve-se ao aumento da salinidade e as condições físico e químicas do meio. Com isso, é evidente a mudança na estrutura da comunidade e redes tróficas planctônicas com o aumento da salinidade, as espécies que não conseguem desenvolver-

se são substituídas por novas algas, no caso as halotolerantes e halófilas (Oren et al., 2009), como foram observados também no presente trabalho a mudança na composição das espécies ao longo do circuito salino.

A partição da diversidade da comunidade fitoplanctônica revelou a importância dos componentes  $\beta_2$  (variação da composição do fitoplâncton entre os setores) e  $\beta_3$  (variação entre as salinas), como sendo as escalas que obteve maior variação na diversidade de espécies. Isso dar-se pelo fato de serem nas maiores escala que possuem maior variação na riqueza de espécies, devido o aumento da salinidade e com isso o surgimento de espécies raras, e das espécies adaptadas a esse ambiente. Dentro de cada evaporador, a partição aditiva mostrou que a comunidade fitoplanctônica não diferiu somente entre os setores e nas salinas ( $\beta_2$  e  $\beta_3$ , respectivamente), mas também houve uma variação entre os evaporadores do mesmo ambiente ( $\beta_1$ ). Os resultados da partição evidenciam uma seleção de habitat pela comunidade, ou inverso, as condições do habitat selecionam as espécies adaptadas às condições extremas do ambiente (Oren et al., 2009). Isso indica que as comunidades fitoplanctônicas são específicas de cada ambiente, pelo método aplicado nota-se que as comunidades fitoplanctônicas dentro e entre evaporadores, como também entre os setores sofrem influência dos fatores abióticos que estariam influenciando na dispersão e desenvolvimento das espécies ao longo do circuito salino (Pedrós-Alió et al., 2000).

Havendo a seleção de espécie, de modo que nem todas as comunidades conseguem desenvolver-se no ambiente. De forma, que a substituição de espécies é tida como a mudança na composição dos organismos ao longo de gradientes espaciais ou ambientais. Já o *turnover* de espécies implica há algum tipo de mudança na estrutura (por exemplo, estrutura espacial), como a variação da composição das espécies. A substituição de espécies ao longo do tempo é diferente do *turnover* (Vellend, 2001).

A composição e riqueza das comunidades fitoplanctônicas é caracterizada de acordo com a localização no circuito salino, as espécies dos evaporadores e dos cristalizadores são diferenciadas por causa do grau de salinidade, e dos fatores físicos e químicos (López et al., 2010). Esse fato é evidenciado nas escalas de diversidade beta (Fig. 2), no entanto, na escala  $\beta_1$  (diversidade entre os evaporadores) a riqueza total de espécies foi inferior ao esperado. Isso demonstra que as espécies estão distribuídas nos evaporadores de acordo com as condições do ambiente, principalmente em função do aumento da salinidade de um evaporador para o outro, como também de um setor para o outro. Nos quais a composição e riqueza de espécies possuem uma variação devido à

influência das escalas e da salinidade (Davis, 2000). Isso é em função da localização dos evaporadores, os quais estão dentro de escalas hierárquicas maiores ( $\beta_2$  = diversidade entre os setores;  $\beta_3$  = diversidade entre as salinas) que acabam exercendo influência na riqueza de espécies.

Ao longo do gradiente de salinidade nos diferentes evaporadores e setores as comunidades biológicas adaptam-se e desenvolve-se nesse ambiente extremo. A hidrologia, salinidade e os nutrientes desempenham um papel determinante no desenvolvimento das comunidades biológicas (Davis, 1978; Joint et al., 2002). Nas salinas as concentrações de nutrientes na salmoura são influenciados por diversos fatores, como a localização geográfica, a estação do ano, a forma de gestão prática da salina, a finalidade da produção, dentre outros (Oren et al., 2009). No presente estudo, a localização geográfica das salinas no estuário foi relevante, como observa-se na escala  $\beta_3$  (diversidade entre as salinas), a qual representou ( $\beta_3 = 26\%$ ,  $\text{Prop}_{\text{exp}>\text{obs}} = 0,005$ ) da diversidade total. A localização geográfica torna-se um fator importante na representabilidade das espécies, segundo a análise de partição, isso deve-se a localização das 3 salinas ao longo do estuário (Townsend et al., 2003). Com isso, nota-se a influência das escalas maiores na variação e riqueza de espécies no ecossistema salino.

## 5. Conclusão

Os resultados evidenciam que na escala maior, no caso, entre as salinas, obtive maior riqueza na comunidade fitoplanctônica. Isso foi possível devido à influência do gradiente salino como também da localização geográfica das salinas no estuário, as quais são as principais condições determinantes na riqueza e composição das espécies nas maiores escalas de análise. Esse efeito dar-se por haver maior concentração de sal nas maiores escalas, nas quais há o desenvolvimento de espécies raras adaptadas a tais condições, no caso as espécies halofílicas e halotolerantes. Com isso, corroborando com a hipótese, pois são as escalas maiores que influenciam na baixa similaridade das espécies no ambiente salino. Certamente mais estudos são necessários para compreensão dos padrões de diversidade da comunidade fitoplanctônica, especialmente no que se refere às salinas solares.

A abordagem da partição da diversidade é relevante ao considerar a influência das escalas espaciais no estudo da diversidade de espécies. Por isso, tornou-se uma ferramenta eficiente para os ecólogos no estudo dos ecossistemas, como uma forma de propor medidas para conservação e gestão do ecossistema. Esse método de análise torna-se eficaz na gestão das salinas, pois o ecossistema salino precisa estar em equilíbrio com os fatores abióticos e bióticos para assegurar sua produção. Com isso, garantindo a conservação do ecossistema e de sua biodiversidade.

### **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer as empresas salineiras: Comércio e Indústria Salineira (CIASAL), Salinas do Nordeste S/A (SALINOR) e Andrea Jales Rosado, as quais permitiram a realização do estudo, como também todo apoio em campo. Agradecer o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), como também ao Laboratório de Ecologia do Semiárido (LABESA), o qual forneceu todo apoio logístico para realização da coleta. Ao Laboratório de Limnologia e o Laboratório de Ecologia de Bentos pelo apoio logístico nas análises e identificações. LUH recebe apoio financeiro do CNPq e FAPERGS.

### **Referências**

- Allan, J.D., 1975. Components of diversity. *Oecologia (Berl.)*, 18, 359-367.
- Anagnostidis, K., Komárek, J., Modern approach to the classification system of cyanophytes, 3 – Oscillatoriaslis. *Arch. Hydrobiol. Suppl. Stuttgart*, 1988.
- Anderson, M.J., Crist, T.O., Chase, J.M., Vellend, M., Inouye, B.D., Freestone, A.L., Sanders, N.J., Cornell, H.V., Comita, L.S., Davies, K.F., Harrison, S.P., Kraft, N.J.B., Stegen, J.C., Swenson, N.G., 2011. Navigating the multiple meanings of *b* diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14, p 19-28.
- Ayadi, H., Abid, O., Elloumi, J., Bouaïn, A., Sime-Ngando, T., 2004. Structure of the phytoplankton communities in two lagoons of different salinity in the Sfax saltern (Tunisia). *Journal of Plankton Research*, 26, 6, 669-679.

Bevilacqua, S., Plicanti, A., Sandulli, R., Terlizzi, A., 2012. Measuring more of  $\beta$ -diversity: quantifying patterns of variation in assemblage heterogeneity. An insight from marine benthic assemblages. *Ecological Indicators*, 18, 140-148.

Britton, R.H., Johnson, A.R., 1987. An ecological account of a Mediterranean saline: the Saline de Giraud, Camargue (S. France). *Biological Conservation*, 42, 185-230.

Copeland, B.J., 1976. Environmental Characteristics of Hypersaline Lagoons. *University of Texas Marine Science*, 12, 207-218.

Costa, D.F.S., De Medeiros Rocha, R., Barbosa, J.E.L., Soares, A.M.V.M., Lillebo, A.I., 2014. Análise dos serviços ambientais prestados pelas salinas solares. *Boletim Gaúcho de Geografia*, 41,1, 195-209.

Crist, T.O., Veech, J.A., Gering, J.C., Summerville, K.S., 2003. Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  diversity. *The American Naturalist*, 162, 734-743.

Cupp, E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *University of California Press*.

Davis, J. S., 1978. Biological communities of a nutrient enriched salina. *Aquatic Botany*, 4, 23-42.

Davis, J.S., 2000. Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar salt works. *Global Nest Journal*, 2, 3, 217-226.

De Medeiros Rocha, R., Costa, D.F.S., Lucena-Filho, M.A., Bezerra, R.M., Medeiros, D.H.M., Azevedo-Silva, A.M., Araujo, C.N., Xavier-Filho, L., 2012. Brazilian solar saltworks— ancient uses and future possibilities. *Aquatic Biosystems*, 8, 8, 2-6.

Desikachary, T.V. Cyanophyta, New Delhi: India Council of Agricultural Research, v. 2 e 3. 2002. *Environment*. Cap. 3: Rainwater and Atmospheric Chemistry. Ed. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs. p. 396.

Evagelopoulos, A., Koutsoubas, D., Basset, A., Pinna, M., Dimitriadis, C., Sangioirgio, F., 2008. Spatial and seasonal variability of the macrobenthic fauna in Mediterranean solar saltworks ecosystems. *Aquatic Conservation: Marine & Freshwater Ecosystems*, 18, 118-134.

Forbes, A.T., Cyrus, D.P., 1993. Biological effects of salinity gradient reversals in a southeast African estuarine lake. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 27, 483-488.

Frontier, S., 1977. Réflexions pour une théorie des écosystèmes. *Bull. Ecol.*, 8, 445-464.

Geddes, M.C., De Deckker, P., Williams, W.D., Morton, D.W., Toffing, M., 1981. On the chemistry and biota of some saline lakes in Western Australia. *Hydrobiology*, 82, 201-222.

Gering, J.C., Crist, T.O., 2002. The alpha–beta–regional relationship: providing new insights into local–regional patterns of species richness and scale dependence of diversity components. *Ecology Letters*, 5, 433-444.

Hamdi, N., Charfi, F.; Moali, A., 2008. Variation of the waterbird community relying to the Ichkeul National Park, Tunisia. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 417-424.

Hegewald, E.; Silva, C.P., 1988. Annotated catalogue of Scenedesmus and Nomenclaturally Related Genere, Including Original Descriptions and Figures. Berlin-Stuttgart: J. Cramer.

Javor B.J. 1989. Geology and chemistry. In *Hypersaline environments – biogeochemistry* (Ed. By T.D. Brock), p. 5-25. Springer-Verlag, Berlin.

Joint, I., Henriksen, P., Garde, K., Riemann, B., 2002. Primary production, nutrient assimilation and microzooplankton grazing along a hypersaline gradient. *FEMS Microbiology Ecology*, 39, 245-257.

Komárek, J. Anagnostidis, K., 1973. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4-Nostocales. *Phycological Documentation Code-see: Algological Studies* 9, 450-481p.

Lande, R., 1996. Statistic and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *OIKOS*, 76, 5-13.

López, E., Aguilera, P.A., Schmitz, M.F., Castro, H., Pineda, F.D., 2010. Selection of ecological indicators for the conservation, management and monitoring of Mediterranean coastal salines. *Environmental Monitoring and Assessment*. 166, 3, 241-256.

Metzeltin, D.; Lange-Bertalot; García-Rodríguez, F. *Diatoms of Uruguai, Comparede with other taxa from South America and elsewhere*. A. R. G. Ganther Verlag K. G. Montevideo: 2005.

Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'hara, R.B.; Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, M.H.H.; Wagner, H. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-4.2012. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Oren, A., Sørensen, K.B., Canfield, D.E., Teske, A.P., Ionescu, D., Lipski, A., Altendorf, K., 2009. Microbial communities and processes within a hypersaline gypsum crust in a saltern evaporation pond (Eilat, Israel). *Hydrobiology*, 626, 15-26.



Pedroós-Alió, C., Calderón-Paz, J.I., Maclean, M.H., Medina, G., Marrasé, C., Gasol, J.M., Guixa-Boixereu, N., 2000. The microbial food web along salinity gradients. *FEMS Microbiology Ecology*, 32, 143-155.

R Development Core Team. 2012. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <http://www.R-project.org>

Reynolds, C.S., 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press.

Ribeiro, D.B., Prado, P.I., Brown Jr., K.S., Freitas, A.V.L., 2008. Additive partitioning of butterfly diversity in a fragmented landscape: importance of scale and implications for conservation. *Diversity and Distributions*, 14, 961-968.

Medeiros, A.M.A., Barbosa, J.E.L., Medeiros, P.R., Rocha, R.M., Silva, L.F., 2010. Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil) Medeiros, AMA. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 3, 551-557.

Tenenbaum, D.R.; Villac, M.C. Viana, S.C.; Matos, M.; Hatherly, M.; Lima, I.V.; Medeiros, M. 2004. *Phytoplankton Atlas os Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brasil*. Rio de Janeiro: GloBallast Monograph Series n° 16.

Townsend, C.R., Dolédec, S., Norris, R., Peacock, K., Arbuckle, C., 2003. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. *Freshwater Biology*, 48, 768-785.

Tucci, A., Sant'Ana, C.L., Azevedo, M.T.P., Melcher, S.S., Werner, V.R., Malone, C.F.S., Rossini, E.F., Jacinavicius, F.R., Hentschke, G.S., Osti, JAS., Santos, K.R.S., Gama Junior, W.A., Rosal, C., Adame, G., 2012. *Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras*. São Paulo: Instituto de Botânica, 17 p.

Uherkovich, G. 1966. *Die scenedesmus-artenungarns*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Vellend, M., 2001. Do commonly used indices of  $\beta$ -diversity measure species turnover?. *Journal of Vegetation Science*, 12, 545-552.

Vellend, M., 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology*, 85, 2, 183-206.

Whittaker, R.H., 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 3, 279-338.

Williams, W.D., 1993. Conservation of salt lakes. *Hydrobiology*, 267, 291-306.

Williams, W.D., 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiology*, 381, 191-201.

## **Influência dos filtros abióticos nas comunidades fitoplanctônicas em ambientes do semiárido**

Raiane S. Costa<sup>a</sup>; Renato M. Rocha<sup>b</sup>; José E. L. Barbosa<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Av. das Bananeiras, 351, CEP 58109-753, Campina Grande, PB, Brasil. email: [raianegeo@hotmail.com](mailto:raianegeo@hotmail.com)

<sup>b</sup>Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), R. José Evaristo, CEP 59300-000, Caicó, RN, Brasil.

**Abstract: Objective:** This study analyzed the influence of abiotic filters (abiotic variables) on the phytoplankton community in hypersaline ecosystems. **Methods:** The abiotic variables measured herein were: pH, water temperature, salinity, ammonium ion, total nitrogen, nitrite, nitrate, total phosphorus, soluble reactive phosphorus. The phytoplankton community was studied as for density, richness and Shannon-Wiener diversity index. Data were analyzed using analysis of variance, linear regression and Canonical correspondence analysis (CCA). **Results:** 110 taxa were identified in 3 solar salterns, distributed into 8 taxonomic classes, with the predominance of Cyanobacteria (55%) and Bacillariophyceae (40.7%). *Pseudanabaena galeata* was the only uncommon species ( $> 20\% \leq 50\%$ ), where about 96 taxa are rare species. Salinity significantly influenced the richness in the three salterns, Augusto Severo ( $F_{(1,22)} = 23.2$ ,  $p < 0.001$ ), Francisco Menescal ( $F_{(1,22)} = 50.02$ ,  $p < 0.001$ ) and Santa Clara ( $F_{(1,22)} = 66.33$ ,  $p < 0.001$ ). In the canonical correspondence analysis (CCA) the first two CCA axes explained 41.6% of total data variability, with a negative relationship with soluble reactive phosphorus for the axis 2. **Conclusion:** The study showed the influence of the dynamics of saline ecosystems on the phytoplankton community structure. This is associated to filters developed by the environment, where the increasing salinity, temperature and precipitation of salts influence the composition of these organisms in the ecosystem.

**Keywords:** solar saltern, salinity, algae, abiotic variables, richness.

**Resumo: Objetivo:** Este trabalho visou analisar a influência dos filtros abióticos na comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas hipersalinos. **Métodos:** As variáveis abióticas mensuradas no estudo foram: pH, temperatura da água, salinidade, íons amônio, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo total, fósforo reativo solúvel. A comunidade fitoplanctônica foi estudada em nível de riqueza, densidade, Diversidade de Shannon-Wiener. Os dados foram tratados através de análise de variância, regressão linear e uma análise de correspondência canônica (ACC). **Resultados:** No total foram identificados 110 taxa nas 3 salinas solares, distribuídos em 8 classes taxonômicas, havendo o predomínio das classes Cyanobacteria (55%), Bacillariophyceae (40,7%). A espécie *Pseudanabaena galeata* foi a única espécie pouco frequente ( $>20\% \leq 50\%$ ), cerca de 96 taxa são espécies raras. A salinidade influenciou significativamente na riqueza nas três Salinas, Augusto Severo ( $F_{(1,22)} = 23,2$ ;  $p < 0,001$ ), Francisco Menescal ( $F_{(1,22)} = 50,02$ ;  $p < 0,001$ ) e Santa Clara ( $F_{(1,22)} = 66,33$ ;  $p < 0,001$ ). Na análise de

correspondência canônica (ACC) os dois primeiros eixos explicaram 41,6% da variabilidade total dos dados, tendo apenas relação negativa com o fósforo reativo solúvel para o eixo 2. **Conclusão:** O estudo evidenciou a influência da dinâmica do ecossistema salino na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Esse fato está associado aos filtros desenvolvidos pelo ambiente, onde o aumento crescente da salinidade, da temperatura, da precipitação dos sais, acaba influenciando na composição desses organismos no ecossistema.

**Palavras-chave:** salinas solares, salinidade, algas, variáveis abióticas, riqueza.

## 1. Introdução

As áreas úmidas estão entre os ecossistemas mais importantes do mundo (Cardoso et al., 2012). São considerados únicos, devido a sua hidrologia e seu papel como ecótono entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (Mitsch & Gosselink, 2007), porém são pouco conhecidas cientificamente. Principalmente, em relação às áreas úmidas hipersalinas, as quais necessitam serem estudadas ao nível da dinâmica dos processos ecológicos, econômicos e das características hidrogeoquímicas (De Medeiros Rocha et al., 2012, Costa et al., 2014).

As salinas artificiais estão localizadas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, constituídas por uma série de evaporadores interligados, nos quais a água do mar ou do estuário é captada e transferida de um evaporador para outro por gravidade ou por bombeamento elétrico (Davis, 2000; Abid et al., 2008). As mesmas possuem valores culturais, científicos, históricos e comerciais na sociedade local e no mundo (De Medeiros Rocha et al., 2012). Estes ecossistemas passaram a serem consideradas áreas úmidas pelos serviços ecológicos que propiciam, como: a pesca artesanal, áreas de refúgio para aves migratórias, berço de grande diversidade biológica e de espécies endêmicas do ambiente hipersalino (Pedrós-Alió, 2000; Costa et al., 2014).

Estes ambientes hipersalinos apresentam diferentes composições da flora planctônica e isso está relacionado aos fatores geográficos, climáticos, físicos, químicos e biológicos (Williams, 1998), os quais agem como filtros ambientais selecionando as espécies que não conseguem desenvolver-se no ambiente (Weiher & Keddy, 1995; Poff, 1997).

A seleção de espécies ocorre quando os fatores bióticos ou abióticos limitam a dispersão ou o desenvolvimento de espécies (Poff, 1997). Os filtros bióticos estão relacionados às interações ecológicas (competição e predação) que acabam

influenciando a dispersão na diversidade local. Por outro lado, os filtros abióticos estão relacionados às restrições das espécies as quais só conseguem desenvolver ou adaptar-se em determinadas condições ambientais (Myers & Harms, 2009).

Forbes (1887) foi um dos primeiros autores a abordar essa relação entre as características biológicas e as condições do ambiente, em seguida vários autores avançaram na pesquisa sobre a influência dos filtros no desenvolvimento das espécies nos ecossistemas (Statzner et al., 2001; Heino et al., 2003; Bonada et al., 2005; Myers & Harms, 2009; Roque et al., 2010). Os fatores ambientais tornaram-se desafios para os ecólogos, já que além da restrição de algumas espécies em função dos filtros, as comunidades também são controladas e influenciadas pela dinâmica do ecossistema (Townsend et al., 2003).

No sistema biológico das salinas, os organismos planctônicos influenciam no processo de produção de sal marinho, como na manutenção do estado ecológico da salmoura (Davis, 1978, 2009; Oren et al., 2009). As comunidades presentes no ambiente são adaptadas às faixas de salinidade, e em cada setor as algas desempenham um papel diferente (Oren et al., 2009). Desde o controle da mucilagem, a ciclagem dos nutrientes, o equilíbrio dos níveis tróficos, dentro outras funções que são de grande importância na manutenção do equilíbrio do ecossistema ao longo do circuito salino (De Medeiros Rocha & Câmara, 1997; Davis, 2000).

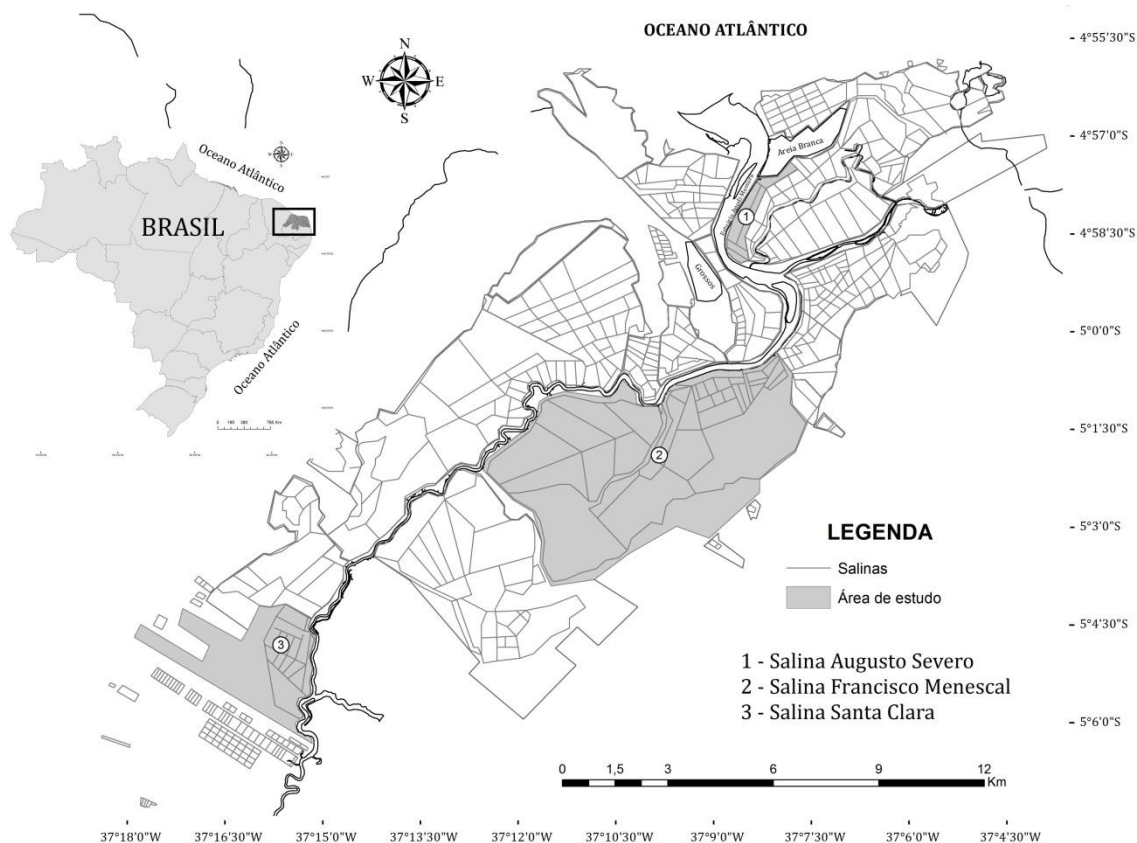
Os microorganismos que compõe este ambiente encontram-se interligados através da cadeia trófica, sendo o fitoplâncton a base dessa teia (Reynolds, 2006). A instabilidade do sistema hipersalino, referente ao gradiente de salinidade e as mudanças das condições ambientais ao longo do sistema determinam a composição fitoplanctônica, estando os padrões de riqueza, diversidade e densidade diretamente relacionados com a dinâmica das salinas (Pedrós-Alió et al., 2000).

Diante do exposto este estudo tem como objetivo analisar a influência dos filtros abióticos na comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas hipersalinos. Tem-se como hipótese que as variáveis ambientais são os filtros abióticos responsáveis pela seleção e inibição das espécies que não toleram altas concentrações de sais, porém existem espécies halotolerantes ou halofílicas que conseguem desenvolver-se no ambiente extremo das salinas.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em três salinas no litoral do semiárido brasileiro (Figura 1), localizadas nas margens do estuário do Rio Apodi-Mossoró, na costa setentrional do Rio Grande do Norte/Brasil. Esse estuário é caracterizado pela formação de um gradiente longitudinal da salinidade a partir da foz e ao longo do estuário, com o aumento progressivo do gradiente salino, encontrando-se valores de salinidade em média de  $5 \pm 3 \text{ g. L}^{-1}$  na porção do alto estuário, essa dinâmica da salinidade caracteriza-o como um “estuário negativo ou hipersalino” (Medeiros et al., 2010).



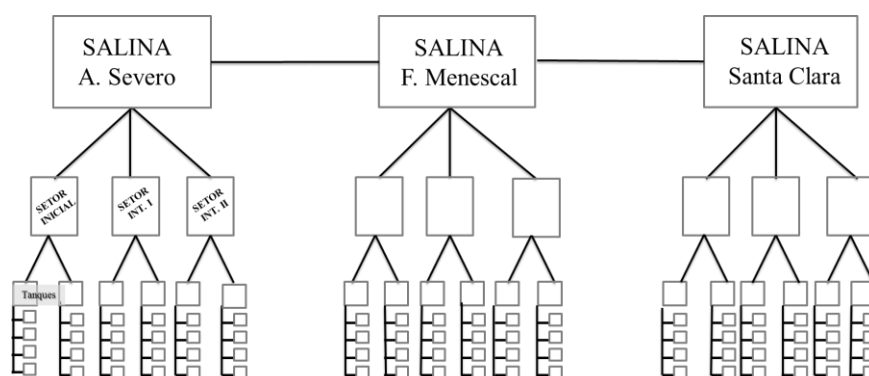
**Figura 3:** Localização das salinas analisadas (Salina Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara), no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte.

A primeira salina em estudo, a Augusto Severo (145,08 ha) (1) situa-se na foz do estuário do Rio Apodi-Mossoró ( $04^{\circ}57'54''\text{S}$  e  $37^{\circ}08'29''\text{O}$ ), no município de Areia

Branca/RN e capta água diretamente do mar ( $3,0 \pm 3,5 \text{ g. L}^{-1}$ ). A segunda salina, a Francisco Menescal (4.000 ha) (2) situa-se aproximadamente a 10 km da foz do estuário do Rio Apodi-Mossoró, no município de Mossoró/RN ( $5^{\circ}3'53''\text{S}$  e  $37^{\circ}11'29''\text{O}$ ), com captação diretamente do estuário ( $4,0 \pm 5,0 \text{ g. L}^{-1}$ ). A última salina em estudo, a Santa Clara (1.045 ha) (3), situa-se a 30 km da foz na margem do estuário do Rio Apodi-Mossoró, no município de Mossoró/RN ( $5^{\circ}6'18''\text{S}$  e  $37^{\circ}15'10''\text{O}$ ), também com a captação é diretamente do estuário ( $6,0 \pm 7,0 \text{ g. L}^{-1}$ ).

## 2.2. Amostragem

A coleta foi realizada em janeiro de 2013, em 3 salinas (Figura 2). Uma salina é dividida em 4 setores (Setor Inicial ( $35 - 90 \text{ g. L}^{-1}$ ), Setor Intermediário I e II, ( $100 - 190 \text{ g. L}^{-1}$ ) Setor Final ( $200 - 250 \text{ g. L}^{-1}$ ), os quais são constituídos por uma série de evaporadores interligados, esses por sua vez, são os compartimentos que formam os setores (Davis, 2000).



**Figura 2:** Desenho amostral das salinas em estudo (Salina Augusto Severo, Francisco Mescal e Santa Clara).

A amostragem da comunidade fitoplânctônica e das variáveis limnológicas foram realizadas nos Setores Inicial, Intermediário I e II. *In situ* foram escolhidos 2 evaporadores, sendo o primeiro e o último evaporador (com salinidade diferente) de cada setor para amostragem da comunidade planctônica. Assim, em cada salina foram amostrados 6 evaporadores, nos quais foram coletadas 4 amostras em cada evaporador,

tendo em média 24 amostras por salina, totalizando 72 amostragens nas 3 salinas em estudo.

### 2.3. *Variáveis ambientais*

*In situ* forma medidos a temperatura da água por um termômetro (TermistoTenmars TM 744R RS-232) e a salinidade com refratômetro digital portátil (Fischer). O pH foi mensurado por um pHmetro digital Hanna modelo (HI9224). As análises dos íons amônio, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo total, fósforo reativo solúvel, foram mensurados seguindo a metodologia de APHA (1998).

### 2.4. *Dados biológicos*

O fitoplâncton foi coletado na sub-superfície com rede de plâncton (20  $\mu\text{m}$ ), filtrado 200 litros para cada amostra, as quais foram acondicionadas em frascos de polietileno (50 mL) e preservadas com solução formol a 4% para análise qualitativa. Na análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica foi obtida pela contagem de 2 mL da amostra, através da câmara de Sedgwick-Rafter (Chellappa et al., 2008; 2009). O resultado obtivo foi multiplicado pelo volume da amostra analisada (50mL), em seguida dividido pelo volume filtrado (200.000 mL), assim, obtendo o valor da densidade ( $\text{ind.mL}^{-1}$ ) dos indivíduos.

A identificação dos organismos foi realizada utilizando o microscópio binocular Zeiss, com até 1.000 vezes de aumento. Os taxa foram identificados, com ajuda de chaves taxonômicas, sempre que possível em níveis específicos e intraespecíficos. Para identificação das espécies foram utilizadas chaves especializadas: Cupp (1943); Uherkovikc (1966); Komárek & Anagostidis (1973); Anagostidis& Komárek (1988); Hegewald & Silva (1988); Desikachary (2002); Tenenbaum et al., (2004); Metzeltin et al., (2005).

### 2.5. *Análise dos dados*

A frequência de ocorrência da comunidade fitoplanctônica foi determinada com base nos dados de riqueza. Os organismos foram classificados em espécies: raras ( $\leq 20\%$ ), pouco frequentes ( $> 20\% \leq 50\%$ ), frequentes ( $> 50\% \leq 80\%$ ) e muito frequentes ( $> 80\%$ ), seguindo o método proposto por Mateucci & Colma (1982). A diversidade específica foi calculada com base no índice de Diversidade de Shannon-Wiener (1948). A partir do valor de x dado pelo coeficiente ( $y=a+b.x$ ) do gráfico de dispersão (linha de tendência exponencial), foi possível saber a quantidade de sal é necessária para haver “perda” de espécies no ecossistema salino.

Ao longo do sistema salino foi trabalhada a existência de filtros ambientais proporcionados pelo gradiente salino e as condições ambientais. Nas análises para evidenciar a atuação dos filtros foi considerado: a amostragem em cada compartimento da salina; a diversidade entre os setores (Setor Inicial, Setor Intermediário I e II); a localização geográfica das salinas ao longo do estuário hipersalino.

Com a finalidade de evidenciar as diferenças entre a riqueza de espécies e as variáveis limnológicas foi utilizada a análise de ANOVA one-way para cada variável (Gotelli & Ellison, 2011). Para determinar a influência de cada variável sobre a riqueza de espécies foi realizada uma regressão linear simples. Com a finalidade de detectar as relações entre a densidade de espécies de fitoplâncton e as variáveis ambientais analisadas nas três áreas hipersalinas foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA). Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote “vegan” (Oksanen et al., 2012) do programa R (R Core Team, 2009).

### **3. Resultados**

#### *3.1. Caracterização biótica*

No total foram identificados 110 taxa nas 3 salinas (Tabela 1), distribuídos em 8 classes taxonômicas: Cyanobacteria (55%), Bacillariophyceae (40,7%), Chlorophyceae (13,2%), Euglenophyceae (4,4%), Coscinodiscophyceae (5,5%), Dinophyceae (1%), Zignemophyceae (1%). Havendo predomínio das classes Cyanobactéria, seguida pela classe Bacillariophyceae, as quais conseguiram adaptar-se ao ambiente salino. Onde 72 taxa estão na Salina Augusto Severo, dos quais teve o predomínio das classes de Cyanobactéria e Bacillariophyta (40 taxa; 30 taxa, respectivamente); com 64 taxa, na



Salina Francisco Menescal predominará as classes Cyanobactéria e Bacillariophyta (53 taxa; 23 taxa, respectivamente) e 45 taxa para Salina Santa Clara, tendo maior abundância das classes Cyanobactéria e Bacillariophyta (34 taxa; 20 taxa, respectivamente).

*Pseudanabaena galeata* foi à única espécie pouco frequente ( $>20\% \leq 50\%$ ), a qual conseguiu desenvolver-se ao longo dos filtros ocorrendo em todos os pontos amostrados nos três ambientes. Cerca de 96 taxa identificados são de espécies raras distribuídas nas três salinas (Tabela 1). A densidade de algas foi de  $0,203 \text{ ind.mL}^{-1}$ ,  $0,481 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $0,333 \text{ ind.mL}^{-1}$ , respectivamente, para as Salinas Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara (Tabela 2). Na diversidade de Shannon os valores foram distintos (0,098; 0,097 e 0,253, respectivamente) nas Salinas Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara.

**Tabela 1.** Lista de taxa da comunidade fitoplanctônica e frequência de ocorrência das espécies nas Salinas Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara: Legenda: I, II e III corresponde respectivamente aos Setores Inicial, Intermediário I e II; FO = Frequência de ocorrência, R = espécies raras, PF = espécies pouco frequentes.

| Espécies  | Augusto Severo |    |     | Francisco Menescal |    |     | Santa Clara |    |     | F<br>O |
|---|----------------|----|-----|--------------------|----|-----|-------------|----|-----|--------|
|   | I              | II | III | I                  | II | III | I           | II | III |        |
| <b>Bacillariophyceae</b>  |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |        |
| <i>Actinoptychus</i> Ehrenberg 1843   | x              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing 1844                            | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Amphora</i> Ehrenberg ex Kützing 1844                                    | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R      |
| <i>Amphora veneta</i> Kützing 1844  | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Caloneis</i> sp Cleve 1894   | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey 1937                             | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R      |
| <i>Coscinodiscus curvatuzus</i> Ehrenberg 1839                              | x              | x  | -   | -                  | -  | x   | -           | x  | -   | PF     |
| <i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg 1839   | -              | x  | -   | -                  | x  | -   | x           | x  | -   | PF     |
| <i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg 1840                             | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Craticula</i> sp Grunow 1868   | x              | x  | x   | -                  | x  | x   | -           | x  | x   | PF     |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing 1844                                 | -              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle in Hasle & Syvertsen 1996 | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | x   | R      |
| <i>Fragilaria</i> sp (Müller) 1819  | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Fragilaria bidens</i> Heiberg 1863                                       | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830                                 | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R      |
| <i>Fragilaria intermedia</i> (Grunow) Grunow in van Heurck 1881             | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R      |
| <i>Geissleria</i> Lange-Bertalot & Metzeltin 1996                           | -              | x  | -   | -                  | x  | x   | x           | -  | -   | PF     |

Tabela 1. Continuação...

| Espécies   | Augusto Severo |    |     | Francisco Menescal |    |     | Santa Clara |    |     | FO |
|--|----------------|----|-----|--------------------|----|-----|-------------|----|-----|----|
|  | I              | II | III | I                  | II | III | I           | II | III |    |
| <i>Gyrosigma</i> sp Hassall 1845                                     | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | x  | -   | R  |
| <i>Gyrosigma obscurum</i> (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey 1856      | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | x  | -   | R  |
| <i>Mastogloia</i> sp Thwaites ex W.Smith 1856                        | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Melosira</i> sp C. Agardh 1824                                    | x              | -  | -   | -                  | x  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Navicula</i> sp Bory de Saint-Vincent 1822                        | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W.Smith 1853                 | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Nitzschia</i> sp Hassall 1845                                     | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard 1861      | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith 1856                        | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Nitzschia paradoxa</i> (J.F.Gmelin) Grunow in Cleve & Grunow 1880 | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith 1853                        | -              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873                        | -              | x  | x   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Pinnularia</i> sp Ehrenberg 1843                                  | -              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Pleurosigma</i> sp W.Smith 1852                                   | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Rhizosolenia</i> sp Brightwell 1858                               | -              | -  | x   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg 1859                             | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Surirella ovata</i> Kützing 1844                                  | x              | x  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | PF |
| <i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing 1844                  | x              | -  | -   | -                  | x  | x   | x           | x  | -   | PF |
| <i>Surirella</i> sp Turpin 1828                                      | x              | -  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Thalassiosira aestivalis</i> Gran in Gran & Angst 1931            | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Thalassiosira</i> sp Cleve, 1873                                  | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | x   | R  |
| <i>Thalassiosira decipiens</i> (Grunow) E.G.Jørgensen 1905           | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <b>Coscinodiscophyceae</b>   |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |    |
| <i>Biddulphia mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Grunow 1882               | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle in Hasle & Syvertsen 1997  | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo 1892              | x              | -  | x   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Guinardia</i> sp H.Peragallo 1892                                 | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860                           | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | x   | R  |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889                             | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <b>Cyanophyceae</b>  |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |    |
| <i>Aphanizomenon</i> sp A.Morren ex Bornet & Flahault, 1888          | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | x   | R  |
| <i>Aphanocapsa annulata</i> G.B.McGregor 2004                        | x              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S.West 1894                    | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Aphanothece conglomerata</i> Rich 1932                            | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | x  | x   | R  |
| <i>Aphanothece pallida</i> (Kützing) Rabenhorst 1863                 | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | x  | x   | R  |
| <i>Arthrospira platensis</i> (Nordstedt) Gomont 1892                 | -              | -  | -   | -                  | x  | x   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Borzia</i> sp Cohn ex Gomont 1892                                 | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |

Tabela 1. Continuação...

| Espécies   | Augusto Severo |    |     | Francisco Menescal |    |     | Santa Clara |    |     | FO |
|--|----------------|----|-----|--------------------|----|-----|-------------|----|-----|----|
|  | I              | II | III | I                  | II | III | I           | II | III |    |
| <i>Borzia susedana</i> Ercegovic 1925  | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Chroococcus giganteus</i> West 1892   | x              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Chroococcus</i> sp Nägeli 1849  | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli 1849  | x              | x  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | PF |
| <i>Coelomoron</i> sp tropicale Buell, 1938   | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Coleofasciculus chthonoplastes</i> (Gomont) M.Siegesmund, J.R.Johansen & T.Friedl in Siegesmund et al. 2008   | x              | -  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Gloeotheca</i> sp Nägeli 1849   | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing 1836   | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Lyngbya aestuarii</i> Liebman ex Gomont 1892  | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Lyngbya majuscula</i> (Dillwyn) Harvey 1833   | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Merismopedia</i> sp Meyen 1839  | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Microcystis panniformis</i> J.Komárek, J.Komárková-Legnerová, C.L.Sant'Anna, M.T.P.Azevedo & P.A.C.Senna 2002 | x              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek in Kondrat'eva 1968   | -              | -  | x   | -                  | -  | -   | -           | x  | -   | R  |
| <i>Nostoc</i> sp Vaucher ex Bornet & Flahault, 1886  | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Odontella mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Grunow 1884  | x              | x  | -   | -                  | x  | x   | -           | x  | x   | PF |
| <i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont 1892   | x              | -  | -   | x                  | x  | x   | x           | x  | x   | PF |
| <i>Oscillatoria curviceps</i> C.Agardh 1824  | -              | -  | -   | x                  | x  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Oscillatoria formosa</i> Bory de Saint-Vincent ex Gomont 1892   | x              | -  | -   | -                  | -  | x   | x           | x  | x   | PF |
| <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh 1812   | -              | -  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher 1803  | -              | x  | -   | x                  | x  | -   | x           | x  | -   | PF |
| <i>Oscillatoria sancta</i> Kützing ex Gomont 1892  | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Oscillatoria schroederi</i> Borge 1928  | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh 1813   | -              | x  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Oscillatoria</i> sp Vaucher ex Gomont, 1892   | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | PF |
| <i>Phormidium</i> sp Kützing ex Gomont, 1892   | x              | x  | -   | -                  | x  | -   | x           | x  | x   | PF |
| <i>Phormidium tenue</i> (Meneghini) Gomont 1892  | -              | -  | x   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Phormidium tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988                                 | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988  | x              | x  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek & Komárková 2004  | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn 1915  | x              | x  | x   | x                  | x  | x   | x           | x  | x   | PF |
| <i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher 1949   | x              | -  | -   | x                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Pseudanabaena</i> sp Lauterborn, 1915   | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek 1974   | -              | -  | x   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Sphaerocavum</i> sp M.T. de P.Azevedo & C.L.Sant'Anna 2003  | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |

**Tabela 1. Continuação...**

| Espécies  | Augusto Severo |    |     | Francisco Menescal |    |     | Santa Clara |    |     | FO |
|---|----------------|----|-----|--------------------|----|-----|-------------|----|-----|----|
|   | I              | II | III | I                  | II | III | I           | II | III |    |
| <i>Spirulina labyrinthiformis</i> Gomont 1892                                     | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Spirulina laxissima</i> G.S.West 1907  | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Spirulina major</i> Kützing 1843   | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Spirulina subsalsa</i> Oersted 1842  | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Spirulina subtilissima</i> Kützing ex Gomont 1892                              | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Spirulina</i> sp Turpin ex Gomont, 1892  | x              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli 1849                               | -              | -  | x   | x                  | x  | x   | x           | x  | -   | PF |
| <i>Synechocystis</i> sp Sauvageau, 1892   | -              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Triceratium favus</i> var. <i>quadrata</i> Grunow 1885                         | x              | x  | -   | x                  | x  | -   | x           | -  | -   | PF |
| <b>Chlorophyceae</b>  |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |    |
| <i>Actinastrum</i> sp Lagerheim, 1882   | -              | -  | -   | -                  | x  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Asteronomas gracilis</i> Artari, 1913  | x              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | x   | R  |
| <i>Crucigenia quadrata</i> Morren 1830  | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Dictyosphaerium</i> sp Nägeli, 1849  | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> H.C.Wood 1873                                   | x              | x  | -   | -                  | x  | x   | x           | -  | -   | PF |
| <i>Pandorina</i> sp Bory de Saint-Vincent, 1824                                   | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | x  | -   | PF |
| <i>Protoperidinium</i> sp Bergh, 1882   | x              | x  | -   | x                  | x  | -   | x           | x  | x   | PF |
| <i>Protoperidinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge in Parke & Dixon 1976 | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Protoperidinium simulum</i> (Paulsen) Balech 1974                              | x              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Protoperidinium symmetricum</i> (Halim) Balech 1974                            | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965                | -              | x  | -   | -                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <b>Dinophyceae</b>  |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |    |
| <i>Peridinium furca</i> Ehrenberg 1834  | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <b>Euglenophyceae</b>   |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |    |
| <i>Euglena</i> sp Ehrenberg, 1830   | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Euglena spirogyra</i> Ehrenberg 1832   | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | -           | -  | -   | R  |
| <i>Trachelomonas armata</i> var. <i>longispina</i> Playfair 1915                  | x              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <i>Trachelomonas</i> sp Ehrenberg, 1835   | -              | -  | -   | -                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |
| <b>Zygnemophyceae</b>   |                |    |     |                    |    |     |             |    |     |    |
| <i>Cosmarium</i> sp Corda ex Ralfs, 1848  | -              | -  | -   | x                  | -  | -   | x           | -  | -   | R  |

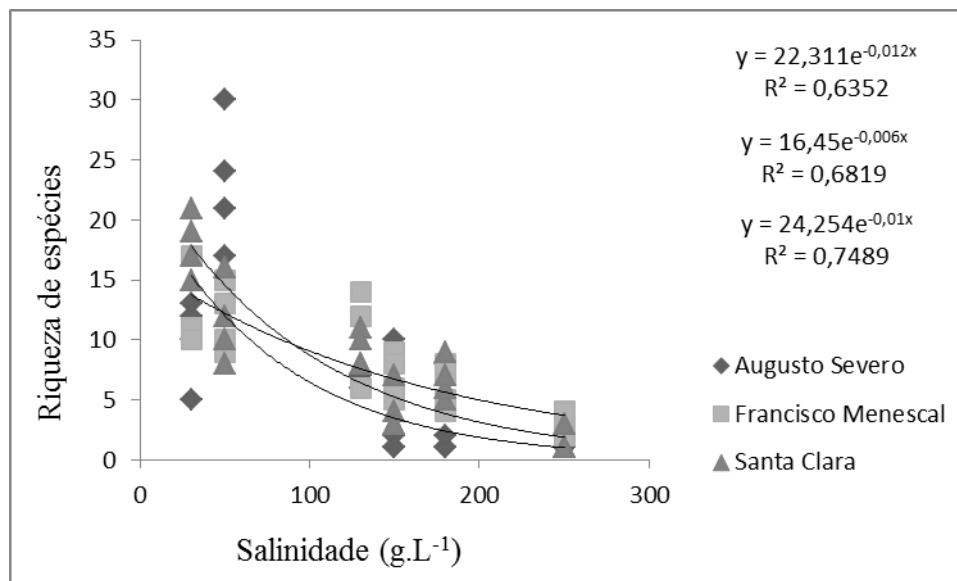
**Tabela 2.** Densidade (%) das espécies mais representativas das áreas úmidas hipersalinas: Legenda: Setores Inicial, Intermediário I e II (I, II e III, respectivamente); 0 = ausência de espécies.

| Taxa  | Augusto Severo |       |       | Francisco Menescal |       |     | Santa Clara |      |       |
|---|----------------|-------|-------|--------------------|-------|-----|-------------|------|-------|
|   | I              | II    | III   | I                  | II    | III | I           | II   | III   |
| <b>Bacillariophyta</b>  |                |       |       |                    |       |     |             |      |       |
| <i>Amphiprora</i> sp Ehrenberg, 1843                            | -              | -     | -     | -                  | -     | -   | 23,48       | -    | -     |
| <i>Amphora veneta</i> Kützing 1844                              | 1,6            | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Aphanizomenon</i> sp A.Morren ex Bornet & Flahault, 1888     | 5,8            | -     | -     | -                  | -     | -   | 31,55       | -    | -     |
| <i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendeby 1937                | -              | -     | -     | 0,65               | 0,09  | -   | -           | -    | -     |
| <i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830                     | 0,90           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Fragilaria</i> sp Lyngbye, 1819                              | 0,12           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Gyrosigma</i> sp Hassall, 1845                               | 12,51          | -     | -     | 14,45              | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Gyrosigma obscurum</i> (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey 1856 | 2,19           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Mastogloia</i> sp Thwaites ex W.Smith, 1856                  | -              | -     | -     | 0,15               | 20,45 | -   | -           | -    | -     |
| <i>Navicula</i> sp Bory de Saint-Vincent, 1822                  | 38,06          | 40,42 | -     | 7,70               | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) W.Smith 1853            | 7,09           | -     | -     | 76,01              | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow 1862                | 0,25           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Nitzschia</i> sp Hassall, 1845                               | 10,45          | -     | -     | 0,32               | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith 1853                   | 5,67           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Pleurosigma</i> sp W.Smith, 1852                             | 0,51           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Rhizosolenia</i> sp Brightwell, 1858                         | 0,38           | -     | -     | 0,20               | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Surirella tuberosa</i> Otto Müller 2006                      | 0,51           | -     | -     | 0,07               | -     | -   | -           | -    | -     |
| <b>Cyanophyta</b>   |                |       |       |                    |       |     |             |      |       |
| <i>Aphanocapsa annulata</i> G.B.McGregor 2004                   | 5,29           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | -    | -     |
| <i>Aphanothece conglomerata</i> Rich 1932                       | 5,16           | -     | -     | -                  | -     | -   | -           | 98,8 | 99,05 |
| <i>Aphanothece pallida</i> (Kützing) Rabenhorst 1863            | 1,80           | 54,69 | 90,90 | -                  | 79,08 | 100 | -           | -    | -     |
| <i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli 1849               | -              | -     | -     | -                  | -     | -   | 4,03        | -    | -     |
| <i>Lyngbya majuscula</i> (Dillwyn) Harvey 1833                  | -              | 0,11  | -     | 0,02               | -     | -   | 8,89        | 0,99 | -     |

**Tabela 2. Continuação...**

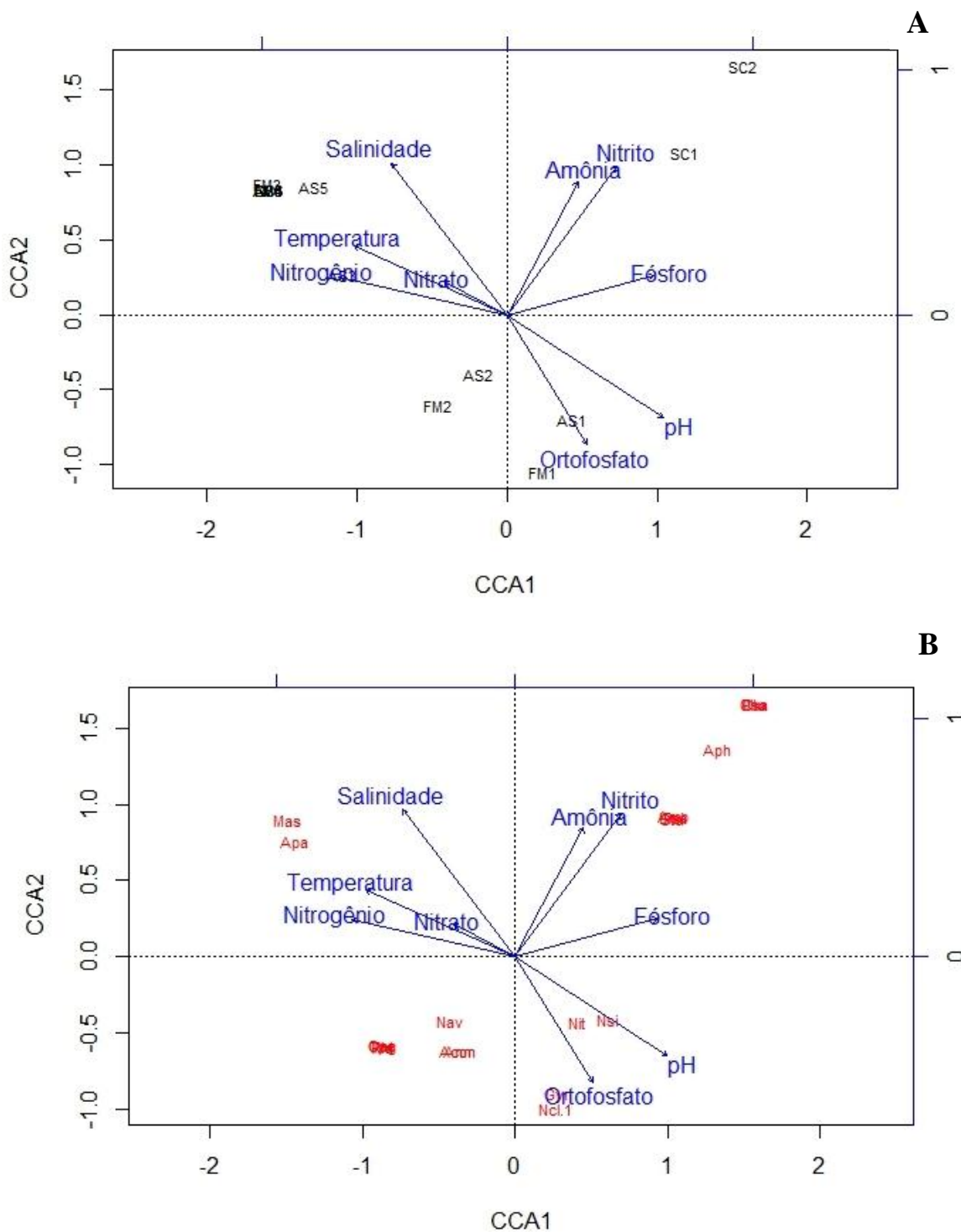
| Taxa   | Augusto Severo |      |      | Francisco Menescal |      |     | Santa Clara |      |     |
|--|----------------|------|------|--------------------|------|-----|-------------|------|-----|
|  | I              | II   | III  | I                  | II   | III | I           | II   | III |
| <i>Oscillatoria agardhii</i> Gomont 1892                           | -              | -    | -    | 0,20               | -    | -   | -           | -    | -   |
| <i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh 1812                           | -              | 0,11 | -    | -                  | -    | -   | -           | -    | -   |
| <i>Oscillatoria sancta</i> Kützing ex Gomont 1892                  | -              | -    | -    | -                  | -    | -   | 9,77        | -    | -   |
| <i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh 1813                           | -              | 0,11 | -    | -                  | -    | -   | -           | -    | -   |
| <i>Phormidium</i> sp Kützing ex Gomont, 1892                       | -              | 0,95 | -    | -                  | -    | -   | 4,27        | -    | -   |
| <i>Spirulina labyrinthiformis</i> Gomont 1892                      | -              | 3,56 | -    | -                  | -    | -   | -           | -    | -   |
| <i>Spirulina laxissima</i> G.S.West 1907                           | 1,80           | -    | -    | -                  | -    | -   | -           | -    | -   |
| <i>Spirulina major</i> Kützing 1843                                | 0,25           | -    | -    | -                  | 0,36 | -   | -           | 0,19 | 1   |
| <b>Coccinodiscophyta</b>   |                |      |      |                    |      |     |             |      |     |
| <i>Biddulphia mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Grunow 1882             | 0,12           | -    | -    | -                  | -    | -   | -           | -    | -   |
| <i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich 1860                         | 0,38           | -    | -    | -                  | -    | -   | -           | -    | -   |
| <b>Chlorophyta</b>   |                |      |      |                    |      |     |             |      |     |
| <i>Protoperdinium simulum</i> (Paulsen) Balech 1974                | -              | -    | -    | -                  | -    | -   | 3,30        | -    | -   |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III 1965 | -              | -    | 9,09 | -                  | -    | -   | 14,6        | 8    | -   |
| <b>Euglenophyta</b>  |                |      |      |                    |      |     |             |      |     |
| <i>Trachelomonas</i> sp Ehrenberg, 1835                            | -              | -    | -    | 0,15               | -    | -   | -           | -    | -   |

A riqueza de espécies reduziu significativamente com o aumento da concentração de sal ( $F_{(1,70)} = 63,52$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3). A salinidade influenciou significativamente na riqueza nas três Salinas (Figura 4), Augusto Severo ( $F_{(1,22)} = 23,2$ ;  $p < 0,001$ ), Francisco Menescal ( $F_{(1,22)} = 50,02$ ;  $p < 0,001$ ) e Santa Clara ( $F_{(1,22)} = 66,33$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 3.** Efeitos da salinidade sobre a riqueza de algas nas salinas (Augusto Severo, Francisco Menescal e Santa Clara).

Na CCA, os dois primeiros eixos explicaram 41,6% da variabilidade total dos dados. O Eixo 1 explicou 21% e o eixo 2 explicou 20,6% da variabilidade dos dados (Figura 4, A e B), pelo teste de Monte Carlo a análise de CCA é significativa ( $p=0,03$ ). No eixo 1 as variáveis abióticas (salinidade, temperatura, nitrogênio e nitrito) possuem correlação positiva com os pontos amostrais localizados nos dois últimos setores (Setores Intermediário I e II) das três salinas. No eixo 2 os íons nitrito, amônia, fósforo total e o fósforo reativo solúvel apresentaram uma correlação positiva com os pontos amostrais do Setor Inicial, com exceção do segundo evaporador das Salinas Francisco Menescal e Augusto Severo que possuem correlação negativa com o fósforo reativo solúvel no mesmo eixo. As espécies: *Aphanothese pallida* (Apa) e *Mastogoia* sp (Mas) possuem correlação positiva com o eixo 2, e negativa com o 1 eixo; já as espécies: *Gyrosigma* sp (Gyr), *Nitzschia sigma* (Nsi), *Nitzschia* sp (Nit), *Nitzschia closterium* (Ncl) possuem correlação positiva com o eixo 1, logo, correlação negativa com o 2 eixo.. As espécies: *Amphiprora* sp (Amp), *Aphanizomenon* sp (Aph), *Chroococcus turgidus* (Ctu), *Lyngbya majuscul* (Lma), *Oscillatória sancta* (Osa), *Phormidium* sp (Pho), *Protoperdiniu sumulum* (Psi) e *Scripsiella tochoidea* (Sto) possuem correlação positiva com os 2 eixos da CCA.



**Figura 4.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) coordenação entre as principais espécies de fitoplâncton e variáveis ambientais, nas Salinas Augusto Severo (AS), Francisco Menescal (FM) e Santa Clara (SC) na região do semiárido; evaporadores (1 a 6). **Figura 4A:** Corresponde as variáveis abióticas em relação aos pontos amostrados. **Figura 4B:** Retrata as variáveis abióticas em relação às espécies fitoplancônicas. Legenda: **Amp:** *Amphiprora* sp; **Aph:** *Aphanizomenon* sp; **Ann:** *Aphanocapsa annulata*; **Acon:** *Aphanothece conglomerata*; **Apa:** *Aphanothece pallida*; **Ctu:** *Chroococcus turgidus*; **Gyr:** *Gyrosigma* sp; **Lma:** *Lyngbya majuscula*; **Mas:** *Mastogoia* sp; **Nav:** *Navicula* sp; **Ncl:** *Nitzschia closterium*; **Nsi:** *Nitzschia sigma*; **Nit:** *Nitzschia* sp; **Ncl:** *Nizschia closterium*; **Osa:** *Oscillatoria sancta*; **Pho:**



*Phormidium* sp; **Psi:** *Protoperidinium simulum*; **Sto:** *Scrippsiella tochoidea*; **Oag:** *Oscillatoria agardhii*; **Cpe:** *Cerataulina pelágica*; **Tra:** *Trachelomonas* sp e **Rhi:** *Rhizosolenia* sp.

#### 4. Discussão

No presente estudo as comunidades fitoplanctônicas foram influenciadas pela filtragem biótica e abiótica. As condições abióticas existentes em cada setor selecionaram os organismos que não possuem características biológicas que lhes permitem sobreviver, desenvolver e reproduzir-se em ambientes cada vez mais restritivos (Townsend & Hildrew, 1994; Stutzner et al., 2001). Esse efeito foi evidenciado no estudo de Abid et al. (2008), o qual mostrou a influência dos fatores abióticos na diminuição na riqueza de espécies, sendo influenciadas pelas variáveis físicas e químicas (salinidade, pH, temperatura, fósforo total, fósforo reativo solúvel, nitrogênio total, nitrato, nitrito, sais dissolvidos totais como também a localização geográfica da salina.

A passagem da comunidade biológica nos setores acarretará na seleção de espécies que melhor adaptam-se as condições ambientais do local, o que foi observado neste trabalho, pelo predomínio de dois grupos de classes, Cyanobactérias e Bacillariophyceae, e o desenvolvimento de uma única espécie (*Pseudanabaena galeata*) ao longo do gradiente salino, ou seja, as mesmas conseguiram vencer os filtros abióticos adaptando-se as condições do meio. Para ultrapassar um filtro, uma espécie requer características fisiológicas (Poff, 1997), como equilíbrio osmótico, nitrificação, dissimilatória redução do sulfato com a formação de metano acetato, processos de respiração, fotossíntese e fermentação (Oren, 2002).

Vários autores como Pedrós-Alió et al., (2000), Oren (2002) e Ayadi et al., (2004) em seus estudos sobre comunidades fitoplanctônicas e a teia microbiana em salinas solares, desenvolvido em Israel, Tunísia e Espanha, respectivamente. Evidenciaram a influência da dinâmica do ecossistema hipersalino na estrutura da comunidade biológica, além de constatar que existem espécies que conseguem desenvolver-se ao longo do gradiente salino. Porém, há uma perda do “pool de espécies locais” em casa setor da salina, este fato, também foi constatado no presente estudo. No qual, o Setor Inicial teve maior riqueza, e com a transferência da salmoura para os

demais setores (Setores Intermediário I e II) houve uma diminuição da riqueza de espécies. Isso foi observado na análise de regressão, e no gráfico de dispersão para as três salinas.

Os filtros abióticos e bióticos desenvolvidos nesse ambiente acarretaram a seleção de muitos organismos e o surgimento de novas espécies adaptadas a tais condições (Oren, 2001). Assim, a diversidade biológica acaba desaparecendo em função dos filtros desenvolvidos pelo ambiente, como: a alta salinidade, as condições físicas e químicas, a disponibilidade de recurso, com isso, afetando a diversidade e estrutura da comunidade fitoplanctônica (Ayadi et al., 2004; Winder & Sommer, 2012). Como observou-se na análise de componentes principais a influência positiva das variáveis ambientais (pH, fósforo total, nitrogênio, salinidade e temperatura) .

Observou-se uma nítida influência positiva das variáveis pH, íon amônio, nitrogênio total, nitrito, nitrato, fósforo total na densidade e variação espacial da comunidade planctônica ao longo do ecossistema hipersalino, com exceção do fosfato reativo solúvel que teve uma influência negativa para algumas comunidades fitoplanctônicas. Como foi evidenciado nos estudos de Giordano et al. (1994); de Pedrós-Alió (2000); Thiéry & Puente (2002); Telesh et al., (2013) em ecossistemas hipersalinos e marinhos, que a comunidade fitoplanctônica sofre influência das variáveis ambientais e do gradiente de salinidade. Esses fatores abióticos acabam inibindo o desenvolvimento do “pool de espécies locais” (Chalmandrier et al., 2013), com isso, as espécies não conseguem dispersar-se para os demais setores.

Na análise de diversidade a Salina Augusto Severo teve maior índice isso está associado a sua localização no estuário, a qual tem sua captação diretamente do mar, logo, possuindo menor teor de salinidade em relação às outras salinas em estudo. Com isso, contribuindo para não haver maior perda de riqueza em relação às demais salinas. Em relação à densidade planctônica a Salina Francisco Menescal teve maior densidade, apesar de ter maior teor de salinidade do que a Salina Augusto Severo. Mas, como foi evidenciado no estudo de Pedrós-Alió et al., (2000) em duas salinas na Espanha, que o aumento da salinidade resulta na redução da abundância e número de diferentes grupos de microrganismos eucarióticos, mas um aumento na biomassa de procariontes.

A redução significativa na riqueza de espécies no sistema, também foi comprovado pelo estudo de Thiéry & Puente (2002) na Salina Camargue na França, o qual evidencia a influência da temperatura e das concentrações de sal na redução na abundância do plâncton (Williams, 1998). Chalmandrier et al., (2013) evidenciaram os

efeitos da interação bióticas (predação, competição, recurso) na estrutura da comunidade, porém essas interações bióticas são difíceis de serem retratadas devido o efeito seletivo dos fatores abióticos. A diminuição da riqueza e diversidade de espécies nas salinas está associada aos filtros abióticos e bióticos impostos ao longo do ambiente salino. Com isso, proporcionando o surgimento de espécies que conseguem adaptar-se a esse ambiente, no caso as halotolerantes e halófilas (Williams, 1998; Oren, 2001).

Esse fato deve-se à dinâmica inversa do estuário, ou seja, o aumento da salinidade da foz em direção ao continente. O que proporciona uma rica diversidade biológica, a qual tem relação direta com a dinâmica do estuário (Telesh et al., 2013). Como foi evidenciado por Bonada et al., (2005) a influência dos filtros em escalas amplas, desde a local à geográfica, interagindo-se para seleção e limitando a dispersão de espécies.

Assim, nota-se a importância de estudos que abordem o “efeito” dos filtros ambientais em comunidades biológicas, principalmente, ao retratá-los em grandes escalas. O que reforça a detecção do efeito de gradientes ambientais, pois, enquanto uma menor escala espacial é adequada para detectar competição ou predação, uma escala maior possibilita a visão da interação dos fatores bióticos e abióticos no ecossistema (Chalmandrier et al., 2013). O que proporciona um maior conhecimento da dinâmica do ecossistema, sendo possível propor medidas para sua conservação e gestão levando em consideração o estudo das comunidades biológicas.

O presente estudo evidenciou a dinâmica do ambiente salino e sua influência na estrutura das espécies fitoplantônicas. Esse fato está associado aos filtros desenvolvidos pelo ambiente hipersalino, onde o aumento crescente da salinidade, da temperatura, da precipitação dos sais, acaba influenciando na redução da riqueza desses organismos no ecossistema. Portanto, a hipótese foi corroborada, pois a dinâmica do ecossistema hipersalino torna-se um filtro seletivo de espécies, devido às condições abióticas serem impróprias para o desenvolvimento de espécies que não sejam halotolerantes ou halofílicas.

## **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer as empresas salineiras: Comércio e Indústria Salineira (CIASAL), Salinas do Nordeste S/A (SALINOR) e Andrea Jales Rosado, as quais permitiram a realização do estudo, como também todo apoio em campo. Agradecer o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), como também ao Laboratório de Ecologia do Semiárido (LABESA), o qual forneceu todo apoio logístico para realização da coleta. Ao Laboratório de Limnologia e o Laboratório de Ecologia de Bentos da UEPB pelo apoio logístico nas análises e identificações.

## Referências

- ABID, O., SELAMI-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.
- APHA. 1998. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association, 1220 p.
- ANAGNOSTIDIS, K. and KOMÁREK, J. 1989, Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3: Oscillatoriales. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement*, no. 50-53, p. 327-472.
- AYADI, H., ABID, O., ELLOUMI, J., BOUAÏN, A. and SIME-NGANDO, T. 2004, Structure of the phytoplankton communities in two lagoons of different salinity in the Sfax saltern (Tunisia). *Journal of Plankton Research*, vol. 26, no. 6, p. 669-679.
- BONADA, N., ZAMORA-MUÑOZ, C., RIERADEVALL, M. and PRAT, N. 2005, Ecological and historical filters constraining spatial caddis fly distribution in Mediterranean rivers. *Freshwater Biology*, vol. 50, no. 5, p. 781-797.
- CARDOSO, SJ., ROLAND, F., LOVERDE-OLIVEIRA, SM., and HUSZAR, VLDM. 2012, Phytoplankton abundance, biomass and diversity within and between Pantanal wetland habitats. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, vol. 42, no. 3, p. 235-241.

CHALMANDRIER, L., MÜNKEMÜLLER, T., GALLIEN, L., BELLO, F., MAZEL, F., LAVERGNE, S. and THUILLER, W. 2013, A family of null models to distinguish between environmental filtering and biotic interactions in functional diversity patterns. *Journal of Vegetation Science*, vol. 24, p. 853-864.

CHELLAPPA, NT., BORBA, JM. and ROCHA, O. 2008, Phytoplankton community and physical-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 68, no. 3, p. 477-494.

CHELLAPPA, NT., CÂMARA, FRA. and ROCHA, O. 2009, Phytoplankton community: indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 69, no. 2, p. 241-251.

COSTA, DFS., DE MEDEIROS ROCHA, R., BARBOSA, JEL., SOARES, AMVM. and LILLEBO, AI. 2014, Análise dos serviços ambientais prestados pelas salinas solares. *Boletim Gaúcho de Geografia*, vol. 41, no. 1, p. 195-209.

CUPP, EE. 1943, Marine plankton diatom of the West coast of North America. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography. University of California Press Berkeley and Los Angeles, vol. 6, no. 1, p. 1-238.

DAVIS, JS. 1978, Biological communities of a nutrient enriched saline. *Aquatic Botany*, vol. 4, p. 23-42.

DAVIS, JS. 2000, Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar salt works. *Global Nest Journal*, vol. 2, no. 3, p. 217-226.

DAVIS, JS. 2009, Management of biological systems for continuously-operated solar salterns. *Global NEST Journal*, vol. 11, no. 1, p. 73-78.

DE MEDEIROS ROCHA, R., CÂMARA, MR. 1993, Prediction, monitoring and management of detrimental algal blooms on solar saltworks. *In: Salt Institute (ed.), Proceedings of the 7rd International Symposium on Salt, April 6 - 9, 1992, p. 657-660.*

DE MEDEIROS ROCHA, R., COSTA, DFS., LUCENA-FILHO, MA., BEZERRA, RM., MEDEIROS, DHM., AZEVEDO-SILVA, AM., ARAUJO, CN. and XAVIER-FILHO, L. 2012, Brazilian solar salterns—ancient uses and future possibilities. *Aquatic Biosystems*, vol. 8, no. 8, p. 2-6.

GIORDANO, M., DAVIS, JS. and BOWES, G. 1994, Organic carbon release by *Dunaliella salina* (Chlorophyta) under different growth conditions of CO<sub>2</sub>, nitrogen, and salinity. *Journal Phycology*, vol. 30, p. 249-257.

GOTELLI, NJ. and ELLISON, AM. 2011, Princípios de estatística em Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 528 p.

HEGEWALD, E. and SILVA, CP. 1988. Annotated catalogue of scenedesmus and nomenclatural related genre, including original descriptions and figures. Berlim-Stuttgart: J. Cramer. 587 p.

HEINO, J., MUOTKA, T., MYKRÄ, H., PAAVOLA, R., HÄMÄLÄINEN, H. and KOSKENNIEMI, E. 2003, Defining macroinvertebrate assemblage types of headwater streams: implications for bioassessment and conservation. *Ecological Applications*, vol. 13, no. 3, p. 842-852.

KOMÁREK, J. and ANAGNOSTIDIS, K. 1973, Modern approached to the classification system of Cyanophytes 4-Nostocales. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiology*, no. 56, p. 247- 345.

MATEUCCI, SD. and COLMA, A. 1982, La Metodologia para el Estudio de la Vegetacion. *Coleccion de Monografias Cientificas, Série Biologia*, no. 22, 168 p.

MEDEIROS, AMA., BARBOSA, JEL., MEDEIROS, PR., ROCHA, RM. and SILVA, L.F. 2010, Salinity and freshwater discharge determine rotifer distribution at the Mossoró River Estuary (Semiarid Region of Brazil) Medeiros, AMA. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, no. 3, p. 551-557.

METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT and GARCÍA-RODRIGUEZ, F. 2005. Diatoms of Uruguay: compared with other taxa from south America and elsewhere. A. R. G. Ganther Verlag K. G. Montevideo. 736 p.

MITSCH, WJ. and GOSELINK, JG. 2007. Wetlands. 4th ed. New York: John Wiley and Sons, Inc., 582 p.

MYERS, JA. and HARMS, KE. 2009, Seed arrival, ecological filters, and plant species richness: a meta-analysis. *Ecology Letters*, vol. 12, p. 1250-1260.

OKSANEN, J., BLANCHET, FG., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, PR., O'HARA, RB., SIMPSON, GL. SOLYMOS, P., STEVENS, MHH. and WAGNER, H. 2012. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-4. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

OREN, A. 2002, Halophilic microorganisms and their environments. *Microbiology and Biotechnology*, nol. 28, p. 56–63.

OREN, A. 2001, The bioenergetic basis for the decrease in metabolic diversity in increasing salt concentrations: implications for the functioning of salt lake ecosystems. *Hydrobiology*, vol. 466, p. 61–72.

OREN, A., SØRENSEN, KB., CANFIELD, DE., TESKE, AP., IONESCU, D., LIPSKI, A. and ALTENDORF, K. 2009, Microbial communities and processes within a hypersaline gypsum crust in a saltern evaporation pond (Eilat, Israel). *Hydrobiology*, vol. 626, p. 15–26.

PEDROÓS-ALIÓ, C., CALDERÓN-PAZ, JI., MACLEAN, MH., MEDINA, G., MARRASÉ, C., GASOL, JM. and GUIXA-BOIXEREU, N. 2000, The microbial food web along salinity gradients. *FEMS Microbiology Ecology*, vol. 32, p. 143-155.

POFF, NL. 1997, Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the American Benthological Society*, vol. 16, no. 2, p. 391-409.

R CORE TEAM. 2012. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <http://www.R-project.org>

REYNOLDS, CS. 2006. Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 551 p.

ROQUE, FO., SIQUEIRA, T., BINI, LM., RIBEIRO, MC., TAMBOSI, LR., CIOCHETI, G. and TRIVINHO-STRIXINO, S. 2010, Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. *Freshwater Biology*, vol. 55, no. 4, p. 847-865.

SHANNON, CE. 1948, A mathematical theory of communication. *Bulletin of System Technology Journal*, vol. 27, p. 379-423.

STATZNER, B., BIS, B., DOLÉDEC, S. and USSEGLIO-POLATERA, P. 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*, vol. 2, p. 73–85.

TELESH, I., SCHUBERT, H. and SKARLATO, S. 2013, Life in the salinity gradient: Discovering mechanisms behind a new biodiversity pattern. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 135, p. 317-327.

TENENBAUM, DR., VILLAC, MC., VIANNA, SC., MATOS, M., HATHERLY, M., LIMA, IV. and MENEZES, M. 2004. Phytoplankton atlas of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *GloBallast Monograph Series*, n. 16. IMO, London. 132 p.

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

TOWNSEND, CR. and HILDREW, AG. 1994, Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, vol. 31, p. 265-275.

TOWNSEND, CR., DOLÉDEC, S., NORRIS, R., PEACOCK, K. and ARBUCKLE, C. 2003, The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. *Freshwater Biology*, vol. 48, p. 768-785.

TUCCI, A., SANT'ANA, CL., AZEVEDO, MTP., MELCHER, SS., WERNER, VR., MALONE, CFS., ROSSINI, EF., JACINAVICIUS, FR., HENTSCHKE, GS., OSTI, JAS., SANTOS, KRS, GAMA JUNIOR, WA., ROSAL, C. and ADAME, G. 2012. Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras. São Paulo: Instituto de Botânica, 17 p.

UHERKOVICH, G. 1966. Die scenedesmus-artenungarns. Budapest: Akadémiai Kiadó: Verlag der Ungarisch. Akad. der Wissenschaften, 173 p.

WEIHER, E. and KEDDY, PA. 1995, The assembly of experimental wetland plant communities. *OIKOS*, vol. 73, p. 323-335.

WILLIAMS, WD. 1998, Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiology*, vol. 381, p. 191–201.

WINDER, M. and SOMMER, U. 2012, Phytoplankton response to a changing climate. *Hydrobiology*, vol. 698, p. 5–16.



## 5. CONCLUSÃO GERAL

---

- A utilização de escalas hierárquicas de análise evidenciou que são nas escalas maiores, entre os setores e salinas, onde há menor similaridade na diversidade das espécies fitoplanctônicas;
- O gradiente salino, como também, a localização geográfica das salinas no estuário, são as principais condições determinantes na riqueza e composição das espécies no ecossistema salino. Esse efeito é provocado pelo aumento da salinidade nas maiores escalas, as quais possibilitam o desenvolvimento de espécies raras adaptadas às condições extremas do ambiente, no caso as algas halofílicas e halotolerantes;
- As variáveis abióticas no ecossistema hipersalino são tidas como filtros, os quais acabam inibindo o desenvolvimento das espécies que não conseguem desenvolver-se;
- A dinâmica do ambiente salino e sua influência na estrutura das espécies fitoplanctônicas estão associadas aos filtros desenvolvidos pelo ambiente, onde o aumento crescente da salinidade, da temperatura, da precipitação dos sais influencia na redução da riqueza desses organismos no ecossistema;
- Os resultados obtidos pelo estudo evidenciou a importância do estudo sobre as comunidades fitoplanctônicas como uma ferramenta de conhecer a dinâmica do ecossistema, e assim, propor medidas para sua conservação e gestão.

## 6. PERSPECTIVAS FUTURAS

---

Os resultados alcançados nesta dissertação evidenciam que o estudo da comunidade biológica, no caso, as comunidades fitoplanctônicas é uma das ferramentas que possibilitam conhecer a dinâmica do ecossistema, e com isso, poder contribuir na conservação e gestão do ambiente. Com o potencial de subsidiar futuros estudos em ambientes marinhos e hipersalinos. Recomenda-se que os seguintes tópicos sejam avaliados futuramente:

- Ampliar o conhecimento referente à dinâmica ecológica e hidrogeoquímica nas salinas solares brasileiras;
- Evidenciar se a dinâmica do ecossistema salino permite que as espécies possam agrupar-se, ou se as mesmas são substituídas por outras espécies – *turnover* – ocasionando diferentes composições das comunidades;
- Desenvolvimento de ferramentas para gestão e conservação do ecossistema salino;

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABID, O.; SELLAMI-KAMMOUN, A.; AYADI, H.; DRIRA, Z.; BOUAIN, A.; ALEYA, L. Biochemical adaptation of phytoplankton to salinity and nutrient gradients in a coastal solar saltern, Tunisia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 80, p. 391-400, 2008.

ALCOCER, J.; HAMMER, U. T. Saline lake ecosystems of Mexico. **Aquatic Cosystem Health and Management**, v. 1, p. 291–315, 1998.

ALLAN, J. D. Components of diversity. **Oecologia** (Berl.), v. 18, p. 359-367, 1975.

AMDOUNI, R. Incidence of fluid inclusions on the chemical quality of salt produced in Sfax salina (E.S of Tunísia). **Global Nest Journal**, v. 12, p. 409-416, 2010.

ANDERSON, M. J.; CRIST, T. O.; CHASE, J. M.; VELLEND, M.; INOUYE, B. D.; FREESTONE, A. L.; SANDERS, N. J.; CORNELL, H. V.; COMITA, L. S.; DAVIES, K. F.; HARRISON, S. P.; KRAFT, N. J. B.; STEGEN, J. C.; SWENSON, N. G. Navigating the multiple meanings of b diversity: a roadmap for the practicing ecologist. **Ecology Letters**, v. 14, p 19–28, 2011.

AUERBACH, M.; SHMIDA, A. Spatial scale and the determinants of plant species richness. **TREE**, v. 2, n. 8, p. 238- 242, 1987.

BARBOSA, J. E. L.; WATANABE, T.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; SOUTO, F. J. B. Distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica e variáveis hidrológicas em uma salina artesanal do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v.15, n. 2, p. 17-26, 2001.

BASELGA, A. Multiplicative partition of true diversity yields independent alpha and beta components; additive partition does not. **Ecology**, v. 91, n. 7, p. 1974–1981, 2010.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nested ness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, p. 134–143, 2010.

BLASUTTO, O.; CIBIC, T.; VITTOR, C.; UMANI, S. F. Microphytobenthic primary production and sedimentary carbohydrates along salinity gradients in the lagoons of Grado and Marano (Northern Adriatic Sea). **Hydrobiologia**, v. 550, p. 47-55, 2005.

BONADA, N.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Ecological and historical filters constraining spatial caddisfly distribution in Mediterranean rivers. **Freshwater Biology**, v. 50, n. 5, p. 781-797, 2005.

BOROWITZKA, L. J. The microflora adaptation to life in extremely saline lakes. **Hydrobiologia**, v. 81, p. 33-46, 1981.

BOROWITZKA, M. A.; SILVA, C. J. The taxonomy of the genus *Dunaliella* (Chlorophyta, Dunaliellales) with emphasis on the marine and halophilic species. **Journal of Applied Phycology**, v. 19, p. 567-590, 2007.

CARTWRIGHT, I.; HALL, S.; TWEED, S.; LEBLANC, M. Geochemical and isotopic constraints on the interaction between saline lakes and ground water in southeast Australia. **Hydrogeology Journal**, v. 17, p. 1991-2004, 2009.

CAUMETTE, P.; MATHERON, R.; RAYMOND, N.; RELEXANS, J. C. Microbial mats in the hypersaline ponds of Mediterranean salterns (Salins-de-Giraud, France). **FEMS Microbiology Ecology**, v. 13, p. 273-286, 1994.

CHALMANDRIER, L.; MÜNKEMÜLLER, T.; GALLIEN, L.; BELLO, F.; MAZEL, F.; LAVERGNE, S.; THUILLER, W. A family of null models to distinguish between environmental filtering and biotic interactions in functional diversity patterns. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, p. 853-864, 2013.

COPELAND, B. J. Environmental characteristics of hypersaline lagoons. **University of Texas Marine Science**, v. 12, p. 207-218, 1976.

CORNWELL, W. K.; SCHWILK, D. W.; ACKERLY, D. D. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. **Ecology**, v. 87, n. 6, p. 1465-1471, 2006.

COSTA, D. F. S. **Caracterização ecológica e serviços ambientais prestados por salinas tropicais**. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro, 2013.

COSTA, D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; BARBOSA, J. E. L.; SOARES, A. M. V. M.; LILLEBO, A. I. Análise dos serviços ambientais prestados pelas salinas solares. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 41, n.1 p. 195-209, 2014.

COSTA, D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; LUCENA FILHO, M. A.; SILVA, A. A. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). **Revista Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 21-34, 2013.

CRIST, T. O.; VEECH, J. A.; GERING, J. C.; SUMMERVILLE, K. S. Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  diversity. **The American Naturalist**, v. 162, p. 734-743, 2003.

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

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

DE MEDEIROS ROCHA, R. **Fatores determinantes na estratégia de cultivo de *Asteromonas gracilis* Artari (Chlorophyceae, Dunaliellales)**. 2011, 165f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Tiradentes, Aracajú-SE, 2011.

DE MEDEIROS ROCHA, R.; CAMARA, M. R. 1993. Prediction, monitoring and management of detrimental algal blooms on solar saltworks. In: 7rd International Symposium on Salt, **anais...** Salt Institute v. 1, p. 657-660.

DE MEDEIROS ROCHA, R.; COSTA, D. F. S.; LUCENA-FILHO, M. A.; BEZERRA, R. M.; MEDEIROS, D. H. M.; AZEVEDO-SILVA, A. M.; ARAUJO, C. N.; XAVIER-FILHO, L. Brazilian solar saltworks– ancient uses and future possibilities. **Aquatic Biosystems**, v. 8, n. 8, p. 2-6, 2012.

DOLAPSAKIS, N. P.; TAFAS, T.; ABATZOPOULOS, T. J.; ZILLER, S.; ECONOMOU-AMILLI, A. Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece: An aquaculture prospect. **Journal of Applied Phycology**, v. 17, p. 39–49, 2005.

FLACH, P. Z. S. **Partição aditiva da diversidade de Nematoda em lagoas costeiras: componentes espaciais e ambientais**. 2009, 50f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GARCÍA-ROGER, E. M.; SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M.; GÓMEZ, R.; SUÁREZ, M. L.; VIDAL-ABARCA, M. R.; LATRON, J.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Do seasonal changes in habitat features influence aquatic macroinvertebrate assemblages in perennial vs temporary Mediterranean streams?. **Aquatic Sciences**, v. 73, p. 567-579, 2011.

GARCÍA-ROGER, E. M.; SÁNCHEZ-MONTOYA, M. M.; CID, N.; ERBA, S.; KARAOUZAS, I.; VERKAIK, I.; RIERADEVALL, M.; GÓMEZ, R.; SUÁREZ, M. L.; VIDAL-ABARCA, M. R.; DEMARTINI, D.; BUFFAGNI, A.; SKOULIKIDIS, N.; BONADA, N.; PRAT, N. Spatial scale effects on taxonomic and biological trait diversity of aquatic macroinvertebrates in Mediterranean streams. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 183, n. 2, p. 89-105, 2013.

GASTON, K. J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 220-227, 2000.

GERING, J. C.; CRIST, T. O. The alpha–beta–regional relationship: providing new insights into local–regional patterns of species richness and scale dependence of diversity components. **Ecology Letters**, v. 5, p. 433-444, 2002.

GERING, J. C.; CRIST, T. O.; VEECH, J. A. Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. **Conservation Biology**, v. 17, n. 2, p. 488-499, 2003.

GIORDANO, M.; DAVIS, J. S.; BOWES, G. Organic carbon release by *Dunaliella salina* (Chlorophyta) under different growth conditions of CO<sub>2</sub>, nitrogen, and salinity. **Journal Phycology**, v. 30, p. 249-257, 1994.

GODFRAY, H. C. J.; LAWTON, J. H. Scale and species numbers. **TRENDS in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 7, p. 400-404, 2001.

HEINO, J.; MUOTKA, T.; MYKRÄ, H.; PAAVOLA, R.; HÄMÄLÄINEN, H.; KOSKENNIEMI, E. Defining macroinvertebrate assemblage types of head water streams: implications for bioassessment and conservation. **Ecological Applications**, v. 13, n. 3, p. 842-852, 2003.

HEPP, L. U. **Partição da diversidade de insetos aquáticos em riachos do sul do Brasil**. 2011, 100f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

HEPP; L. U.; LANDEIRO, V. L.; MELO, A. S. Experimental Assessment of the Effects of Environmental Factors and Longitudinal Position on Alpha and Beta Diversities of Aquatic Insects in a Neotropical Stream. **International Revisits Hydrobiology**, n. 97, v. 2, p. 157–167, 2012.

HEPP; L. U.; MELO, A. S. Dissimilarity of stream insect assemblages: effects of multiple scales and spatial distances. **Hydrobiologia**, v.703, p. 239-246, 2013.

KOLEFF, P.; GASTON, K. J.; LENNON, J. J. Measuring beta diversity for presence–absence data. **Journal of animal ecology**, v. 72, p. 367-382, 2003.

KOROVESSIS, N. A. The ninth international symposium on salt and the ecological importance of solar saltworks. **Global NEST Journal**, v. 11, n. 4, p. 406-414, 2009.

KOROVESSIS, N. A.; LEKKAS, T. D. Solar saltworks' wetland function. **Global NEST Journal**, v. 11, n. 1, p. 49-57, 2009.

LANDE, R. Statistic and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. **OIKOS**, v. 76, p. 5-13, 1996.

LARSEN, H. Ecology of hypersaline environments. In: LARSEN, H. **Hypersaline brines and evaporitic environments**. Elsevier, p.23-39, 1980.

LIGEIRO, R.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; MACEDO, D. R.; FIRMIANO, K. R.; FERREIRA, WANDER R.; OLIVEIRA, D.; MELO, A. S.; CALLISTO, M. Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness. **Ecological Indicators**, v. 25, p. 45-57, 2013.

LIGEIRO, R.; MELO, A. S.; CALLISTO, M. Spatial scale and the diversity of macroinvertebrates a Neotropical catchment. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 424-435, 2010.

LÓPEZ E., AGUILERA P. A., SCHMITZ, M. F., CASTRO H., PINEDA F. D. Selection of ecological indicators for the conservation, management and monitoring of Mediterranean coastal salinas. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 3, p. 241-256, 2010.

MAGURRAN, A. E. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Science Ltd, Oxford. 2004.

MANIKANDAN, M.; KANNAN, V.; PASIC, L. Diversity of microorganisms in solar salterns of Tamil Nadu, India. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 25, p.1007–1017, 2009.

MATTHEWS, G. V. T. **The Ramsar Convention on Wetlands: its history and development**. Re-issued Ramsar Convention Secretariat, 2013

MARTINEZ, A. M.; VIVARES, C. P.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; FONSECA, A. C.; ANDRAL, B.; BOUIX, G. Microsporidiosis on *Artemia* (Crustacea, Anostraca): light and electron microscopy of *Vavraia anostraca* sp. Nov. (Microsporidia, Pleistophoridae) in the Brazilian solar salterns. **Aquaculture**, v. 107, p. 229-237, 1992.

MEDEIROS, D. H. M. **Influência de fatores abióticos no processo de cristalização do cloreto de sódio em uma salina solar do Rio Grande do Norte/Brasil**. Monografia de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

MEDEIROS, E. S. F.; SILVA, M. J.; RAMOS, R. T. C. Application of Catchment- and Local-Scale Variables for Aquatic Habitat Characterization and Assessment in the Brazilian Semi-Arid Region. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, n. 1, p.13-20, 2008.

MELO, A. S.; SCHNECK, F.; HEPP, L. U. Focusing on variation: methods and applications of the concept of beta diversity in aquatic ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3, p. 318-331, 2011.

MELO, T.; MEDEIROS, E. S. F. Spatial distribution of zooplankton diversity across temporary pools in a semiarid intermittent river. **International Journal of Biodiversity**, v. 2013, p. 1-13, 2013.

MOLOZZI, J.; HEPP, L. U.; CALLISTO, M. The additive partitioning of macroinvertebrate diversity in tropical reservoirs. **Marine and Freshwater Research**, v. 64, p. 609–617, 2013.

MORAIS, P.; CHÍCHARO, M. A.; BARBOSA, A. Phytoplankton dynamics in a coastal saline lake (SE-Portugal). **Acta Oecologica**, v. 24, p. 87–96, 2003.

MYERS, J. A.; HARMS, K. E. Seed arrival, ecological filters, and plant species richness: a meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 12, p. 1250-1260, 2009.

NABOUT, J. C.; NOGUEIRA, I. DE S.; OLIVEIRA, L. G. DE; MORAIS, R. R. Phytoplankton diversity (alpha, beta, and gamma) from the Araguaia River tropical flood plain lakes (central Brazil). **Hydrobiologia**, v. 557, p. 455-461, 2007.

NOGUEIRA, I. DE S.; NABOUT, J. C. Determinants of beta diversity: the relative importance of environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities in an Amazonian floodplain. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 3, p. 247-256, 2010.

NOSS, R. F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. **Conservation Biology**, v. 4, p. 355-364, 1990.

OREN, A. Halophilic microorganisms and their environments. **Microbiology & Biotechnology**, n. 28, p. 56–63, 2002.

OREN, A. Industrial and environmental applications of halophilic microorganisms. **Environmental Technology**, v. 31, p. 825–834, 2010.

OREN, A. The bioenergetic basis for the decrease in metabolic diversity at increasing salt concentrations: implications for the functioning of salt lake ecosystems. **Hydrobiologia**, v. 466, p. 61–72, 2001.

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

PARSONS, M.; THOMS, M. C.; NORRIS, R. H. Using hierarchy to select scales of measurement in multiscale studies of stream macroinvertebrate assemblages. **The North American Benthological Society**, v. 23, n. 2, p. 157-170, 2004.



PEDRÓS-ALIÓ, C.; CALDERÓN-PAZ, J. I.; MACLEAN, M. H.; MEDINA, G.; MARRASÉ, C.; GASOL, J. M.; GUIXA-BOIXEREU, N. The microbial food web along salinity gradients. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 32, p. 143-155, 2000.

POFF, N. L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of the American Benthological Society**, v. 16, n. 2, p. 391-409, 1997.

PUROHIT, M. K.; SINGH, S. P. Assessment of various methods for extraction of metagenomic DNA from saline habitats of coastal Gujarat (India) to explore molecular diversity. **The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology**, v. 49, p. 338-344, 2009.

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

RICOTTA, C. On beta diversity decomposition: Trouble shared is not trouble halved. **Ecology**, v. 91, n. 7, p. 1981-1983, 2010.

RICKLEFS, R. E. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. **Ecology Letters**, v. 7, p. 1-15, 2004.

ROQUE, F. O.; SIQUEIRA, T.; BINI, L. M.; RIBEIRO, M. C.; TAMBOSI, L. R.; CIOCHETI, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 4, p. 847-865, 2010.

SOUTO, F. J. B.; ROCHA, R. M.; WATANABE, T. Influência de parâmetros ambientais sobre *Artemia* sp. (Branchiopoda: Artemiidae) em uma salina artesanal do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa/PB, v. 14, n. ½, p. 1-16, 2000.

STATZNER, B.; HILDREW, A. G.; RESH, V. H. Species traits and environmental constraints: entomological research and the history of ecological theory. **Annual Review of Entomology**, v. 46, p. 291-316, 2001.

STENDERA, S. E. S.; JOHNSON, R. K. Additive partitioning of aquatic invertebrate species diversity across multiple spatial scales. **Fresh water Biology**, v. 50, p. 1360-1375, 2005.

TKAVC, R.; AUSEC, L.; OREN, A.; GUNDE-CIMERMAN, N. Bacteria associated with *Artemia* spp. along the salinity gradient of the solar salterns at Eilat (Israel). **FEMS Microbiology Ecology**, v. 77, p. 310-321, 2011.

TOWNSEND, C. R.; DOLÉDEC, S.; NORRIS, R.; PEACOCK, K.; ARBUCKLE, C. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. **Freshwater Biology**, v. 48, p. 768-785, 2003.

TUOMISTO, H. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. **Ecography**, v. 33, p. 2-22, 2010.

VEECH, J. A.; CRIST, T. O. Diversity partitioning without statistical independence of alpha and beta. **Ecology**, v. 91, n. 7, p. 1964-1969, 2010a.

VEECH, J. A.; CRIST, T. O. Toward a unified view of diversity partitioning. **Ecology**, v. 91, n. 7, p. 1988-1992, 2010b.

VEECH, J. A.; SUMMERVILLE, K. S.; CRIST, T. O.; GERING, J. C. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. **OIKOS**, v. 99, n. 1, p. 3-9, 2002.

WEINER, E.; KEDDY, P. The assembly of experimental wetland plant communities. **OIKOS**, v. 73, p. 323-335, 1995.

WHITTAKER, R. H. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. **Ecological Monographs**, v. 30, n. 3, p. 279-338, 1960.

WHITTAKER, R. H. Evolution and measurement of species diversity. **Taxon**, v. 21, p. 213-251, 1972.

WHITTAKER, R. J.; WILLIS, K. J.; FIELD, R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. **Journal of Biogeography**, v. 28, p. 453-470, 2001.

WILLIAMS, P.; WHITFIELD, M.; BIGGSA, J.; BRAYB, S.; FOXA, G.; NICOLET, P.; SEAR, D. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. **Biological Conservation**, v. 115, p. 329-341, 2003.


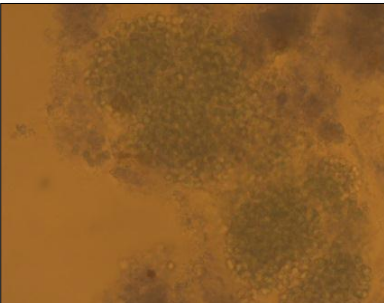
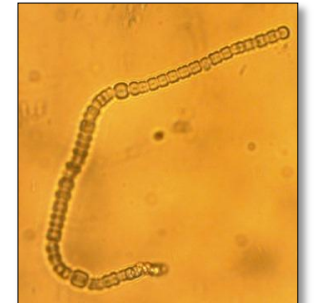

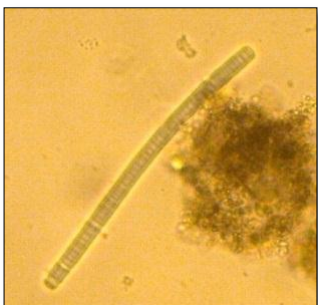




WILLIAMS, W. D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. **Hydrobiologia**, v. 381, p. 191-201, 1998.


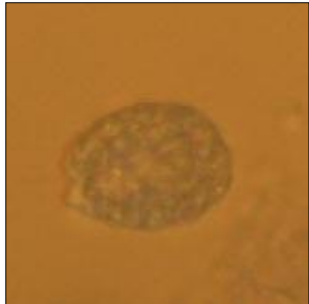


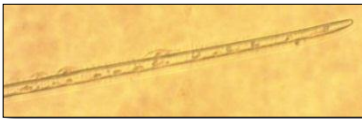



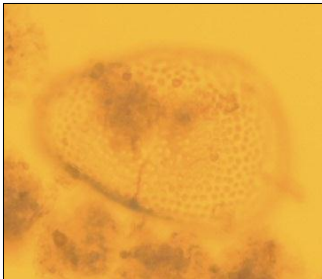

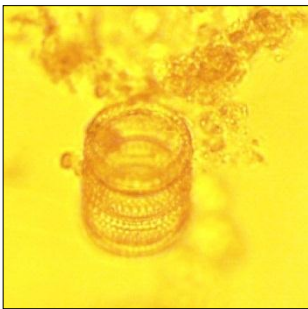
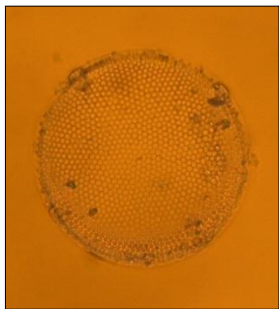
WINDER, M.; SOMMER, U. Phytoplankton response to a changing climate. **Hydrobiologia**, v. 698, p. 5-16, 2012.

ZACHARIAS, M. A.; ROFF, J. C. A hierarchical ecological approach to conserving marine biodiversity. **Conservation Biology**, v. 14, n. 5, p. 1327-1334, 2000.

# APÊNDICE

**APÊNDICE I:** Lista com algumas espécies da comunidade fitoplanctônica.

|   |   |   |
|---|---|---|
|    |   |    |
| <p><i>Lyngbya majuscula</i><br/>(Dillwyn) Harvey 1833</p>                           | <p><i>Aphanocapsa annulata</i><br/>G.B.McGregor 2004</p>                            | <p><i>Aphanizomenon</i> sp<br/>A.Morren ex Bornet &amp;<br/>Flahault, 1888</p>        |
|   |  |   |
| <p><i>Oscillatoria limosa</i><br/>C.Agardh 1812</p>                                 | <p><i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh<br/>1813</p>                                 | <p><i>Aphanothece pallida</i><br/>(Kützing) Rabenhorst<br/>1863</p>                   |
|  |  |  |
| <p><i>Chroococcus turgidus</i><br/>(Kützing) Nägeli 1849</p>                        | <p><i>Protoperidinium simulum</i><br/>(Paulsen) Balech 1974</p>                     | <p><i>Phormidium</i> sp Kützing<br/>ex Gomont, 1892</p>                               |

|   |   |   |
|---|---|---|
|  <p><i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein)<br/>Balech ex Loeblich III 1965</p> |  <p><i>Trachelomonas</i> sp<br/>Ehrenberg, 1835</p>          |  <p><i>Amphiprora</i> sp<br/>Ehrenberg, 1843</p>                         |
|  <p><i>Gyrosigma</i> sp Hassall, 1845</p>                                      |  <p><i>Nitzschia</i> sp Hassall, 1845</p>                   |  <p><i>Navicula</i> sp Bory de<br/>Saint-Vincent, 1822</p>               |
|  <p><i>Mastogloia</i> sp Thwaites ex<br/>W. Smith, 1856</p>                  |  <p><i>Nitzschia sigma</i> (Kützing)<br/>W. Smith 1853</p> |  <p><i>Hemidiscus</i><br/><i>cuneiformis</i> Wallich<br/>1860</p>      |
|  <p><i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg, 1859</p>                            |  <p><i>Paralia sulcata</i><br/>(Ehrenberg) Cleve 1873</p>  |  <p><i>Coscinodiscus</i><br/><i>excentricus</i> Ehrenberg<br/>1840</p> |

# ANEXOS

## ANEXO I: Normas da revista *Estuarine, Coastal and Shelf Science* para submissão do manuscrito.

---

### **Types of paper**

*Estuarine, Coastal and Shelf Science* [Coasta](#) and Shelf [Science](#) is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of saline water phenomena ranging from the outer edge of the continental shelf to the upper limits of the tidal zone. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography. Data reports of mainly local interest are discouraged. [saline](#) water phenomena ranging from the outer edge of the [continental shelf](#) to the upper limits of the tidal zone. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography. Data reports of mainly local interest are discouraged. Research areas include: Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems; Species distribution in relation to varying environments; Effects of waste disposal; Groundwater runoff and Chemical processes; Estuarine and fjord circulation patterns; Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses; Sea-surface and sea-bed processes; Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry; Brackish water and lagoon phenomena; Transitional waters. [Research](#) areas include: Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems; Species distribution in relation to varying environments; Effects of waste disposal; Groundwater runoff and Chemical processes; Estuarine and fjord circulation patterns; Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses; Sea-surface and sea-bed processes; Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry; Brackish water and lagoon phenomena; Transitional waters.

### **Up-front rejections of papers submitted to *Estuarine, Coastal and Shelf Science***

ECSS handles about 1000 papers per year and over 3000 reviewers are involved in assisting the journal each year.

As editors we follow the declared guidelines for the journal and we also receive advice and comments from the publishers, and members of the editorial board as well as reviewers. The consistent advice that we have received from everyone is that the editors should reject papers which are likely to be rejected at the beginning of the process rather than sending them out for review, knowing what the answer is likely to be. Over 25% of papers are now rejected at the editorial submission phase. [editorial board](#) as well as reviewers. The consistent advice that we have received from everyone is that the editors should reject papers which are likely to be rejected at the beginning of the process rather than sending them out for review, knowing what the answer is likely to be. Over 25% of papers are now rejected at the editorial submission phase.

The papers are subject to an initial technical pre-screening process by the publisher. This process checks on submission format and examines matters such as the provision of suitable keywords and legible figures. It also tries to check up on the standard of English, as it is totally inappropriate to expect a reviewer to undertake linguistic revision.

The pre-screening process however makes no judgement on the suitability of the paper for ECSS. This judgement is made by one of the editors who will up-front reject a paper judged unsuitable without going to review. These up-front rejections are due to three principal reasons:

Firstly, we receive several papers each year that have been submitted to the "wrong journal". We have received, for example, papers on inland freshwater lakes or palaeontology, and other topics which are clearly beyond the scope of the journal. As a simple guide, if there is no mention of any previous ECSS paper in the reference list, it strongly suggests that the paper has been submitted to the wrong journal.

Secondly, papers that are "data reports" or "reports of local interest" will be rejected up-front. Papers in this category may describe a particular estuary in great detail, but fail to advance estuarine, coastal and shelf science. The overwhelming feeling when reading such a paper is "so-what!" [local interest](#) will be rejected up-front. Papers in this category may describe a particular estuary in great detail, but fail to advance



estuarine, coastal and shelf science. The overwhelming feeling when reading such a paper is "so-what!"

Thirdly, other reasons for up-front rejection can be a lack of a valid Discussion which integrates the study with the peer-reviewed literature or else relies on excessive self-citation, or a lack of appropriate statistical analysis, or purely statistical analyses without considering processes.

We at ECSS seek that all papers are based on hypothesis testing and that the hypotheses should be of general and international interest. We are interested in contributions that add to general knowledge, and move the field forward.

By up-front rejection we hope to give the authors a chance to quickly submit to a more appropriate journal. We do accept that we will sometimes make mistakes in this process, but we do this to protect the reviewers by offering them only relevant papers that are potentially publishable in ECSS. Up-front rejected papers will not be reconsidered for publication and we have a similar policy for papers rejected after review.



## Before You Begin

### Ethics in publishing [Ethics](#) in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

### Conflict of interest [Conflict of interest](#)

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: [http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923](http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923).

### **Submission Declaration and Verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

**The cover letter must include a declaration that all authors agree to the submission**

### **Contributors**

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure [preparation](#), so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

*Before the accepted manuscript is published in an online issue:* Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such

requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

*After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

## Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

### *For Subscription articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### *For Open Access articles*

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>.  
Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

### **Role of the funding source** [funding](#) source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

## Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

### **Open Access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

**Creative Commons Attribution (CC BY):** lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

**Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND):** for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is **\$2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

**Language and language services** [language services](#)

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review.

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these).

Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: [advertising](#). For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

### **Submission**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

In the case of Special Issues, manuscripts should be submitted to the Guest Editor(s). Authors should ensure that they submit manuscripts and meet any additional requirements in line with deadlines set by the Guest Editor(s) to ensure that the entire Special Issue can be published in a timely fashion.

The above represents a very brief outline of this type submission. It can be advantageous to print this "Guide for Authors" section from the site for reference in the subsequent stages of article preparation.

Note: electronic articles submitted for the review process may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an "editable" file format is necessary. See the section on "Electronic format requirements for accepted articles" and the further general instructions on how to prepare your article below.

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper.

After peer review, authors will have a 60 days period for submitting their revised manuscript.

Submit your article [Submit your article](#)

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/ecss/>

### Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and current email addresses of four experts on the topic of the manuscript. To fit the broad scope of the journal, possible reviewers should include experts from a range of regional and international locations. You may also mention, with a brief reason, persons whom you would prefer not to review your paper.



## Preparation

### NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

### References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

### Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. [Artwork](#) and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Please ensure the text of your paper is double-spaced and includes page numbers – this is an essential peer review requirement.

#### **Figures and tables embedded in text**

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

### REVISED SUBMISSIONS

#### **Use of word processing software**

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with

Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

## Article structure

### **Subdivision - numbered sections**

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2 ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

### **Introduction**

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

### **Material and methods**

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

### **Theory/calculation**

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

### **Results**

Results should be clear and concise.

### **Discussion**

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature. However, if the paper reads better with a combined section and this prevents an undue amount of repetition then we allow a joint section.

### **Conclusions**

A short Conclusions section can be presented at the end of the Discussion.

Place Acknowledgements, including information on grants received, before the references in a separate section, and not as a footnote on the title page. Figure captions, tables, figures and schemes should be presented in this order at the end of the article. They are described in more detail below.

### **Glossary**

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article if applicable.

### **Appendices**

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

### **Paper length**

The paper should not contain more than 8000 words, and not more than 8 figures and 3 tables.

### **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are**

**provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### **Graphical abstract**

A Graphical abstract is mandatory for this journal. It should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### **Keywords**

Authors must provide 4 to 6 keywords plus regional index terms. At least four of the subject keywords should be selected from the Aquatic Science & Fisheries Thesaurus. An electronic version of the Thesaurus can be found at <http://www.csa.com/csa/support/demo.shtml>. You may also find a paper version in your library. The Regional Terms should be provided as a hierarchical string (e.g.: USA, California, Monterey Bay). Authors are also encouraged to submit geographic bounding coordinates at the end of the keyword string. These keywords will be used for indexing purposes. [Indexing](#) purposes.

### **Abbreviations**

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article if applicable.

### **Acknowledgements**

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### **Reporting of Salinity Measurements**

In articles in ECSS, salinity should be reported using the Practical Salinity Scale. In the Practical Salinity Scale salinity is defined as a pure ratio, and has no dimensions or units. By decision of the Joint Panel of Oceanographic Tables and Standards it does not have any numerical symbol to indicate parts per thousand. Salinity should be reported as a number with no symbol or indicator of proportion after it. In particular, it is not correct to add the letters PSU, implying Practical Salinity Units, after the number.

An example of correct phrasing is as follows: 'The salinity of the water was 34.2'. It is reasonable to state at some point early in the paper that salinity was measured using the Practical Salinity Scale.

### Nomenclature and units [Nomenclature](#) and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

### Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

### Artwork

#### Electronic artwork

##### General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

##### Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

##### Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

#### Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on

the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

### **Figure captions**

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

### **References**

#### **Citation in text**

Responsibility for the accuracy of bibliographic citations lies entirely with the Author(s). Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text as "unpublished results" or "personal communication". Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Papers which have been submitted are not valid as references until accepted. [communications](#) are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text as "unpublished results" or "personal communication". Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Papers which have been submitted are not valid as references until accepted.

#### **Web references**

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### **References in a special issue**

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### **Reference formatting**

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

#### **Reference style**

All citations in the text should refer to:

1. 1. Single Author's name (without initials) and year of publication.

---

2. 2. Two Authors' names and the year of publication.
3. 3. Three or more Authors; first Author's name followed by "et al." and the year of publication.  
In the list of references names of authors and all co-authors must be given in full.  
References in the text should be arranged chronologically.  
References in the Reference List should be arranged first alphabetically, and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same Author(s) in the same year must be



identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

*Examples:*

References to a journal publication:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Journal name (given in full), volume number: first and last page numbers of the paper.

Gooday, A.J., Bett, B.J., Shires, R., Lamshead, P.J.D., 1998. Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian sea: a synthesis. *Deep Sea Research Part II* 45, 165-201.

References to a book:

Names and initials of all authors, year. Title of the book. Publisher, location of publisher, total number of pages.

Fennel, W. and Neumann, T., 2004. *Introduction to the Modelling of Marine Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 297 pp.

Reference to a chapter in an edited book:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Names and initials of the volume editors, title of the edited volume. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Thomas, E., 1992. Middle Eocene-late Oligocene bathyal benthic foraminifera (Weddell Sea): faunal changes and implications for ocean circulation. In: Prothero, D.R., Berggren, W.A. (Eds.), *Eocene Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, pp. 245-271.

Conference proceedings papers:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Name of the conference. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Smith, M.W., 1988. The significance of climatic change for the permafrost environment. *Final Proceedings International Conference on Permafrost*. Tapir, Trondheim, Norway, pp. 18-23.

Unpublished theses, reports, etc.: Use of unpublished theses and reports is strongly discouraged. If they are essential and the editors agree, you must supply:

Names and initials of all authors, year. Title of item. All other relevant information needed to identify the item (e.g., technical report, Ph.D. thesis, institute, current status i.e. in press/unpublished etc.).

Moustakas, N., 1990. Relationships of Morphological and Physiochemical Properties of Vertisols under Greek Climate Conditions. Ph.D. Thesis, Agricultural Univ. Athens, Greece, unpublished.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. Titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a note such as '(in Russian)' or '(in Japanese, with English Abstract)' should be added at the end of the reference.

The following provide examples of appropriate citation formats for non-text and electronic-only information. However, it is requested that a Web site address or list server message is given as a reference ONLY where the information is unavailable in a more permanent form. If such sources are given, then please give as complete information as possible.

Jones, P., 1996. Research activities at Smith Technology Institute. WWW

Page, [http://www.sti.com/about\\_us/research](http://www.sti.com/about_us/research).

Smith, F., Peabody, A.N., 1997. Hydrographic data for the Sargasso Sea, July-September 1993, SarSea mission. (Deep-Sea Data Centre, Hull, UK), online, dataset, 740 MB, <http://www.dcdc.gov>.

Green, A., 1991. Deformations in *Acanthaster planci* from the Coral Sea, observed during UEA Special Project 7, July 1978. *Journal of Pollution Research* 14 (7) suppl., CD-ROM, photographic images, 240 MB.

James, Z., 1997. Ecological effects of sea wall construction during 1994 at Bridlington, UK. List server Message, Eco-list, 20 October 1995.

**Video data** [Video data](#)

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### **Supplementary data**

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect:<http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Data at PANGAEA**

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing

purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.



## After Acceptance

### Use of the Digital Object Identifier [Digital Object Identifier](#)

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

### Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our ProofCentral system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately - please upload all of your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

### Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use. Additional paper off-prints can be ordered by the authors. An order form with prices will be sent to the corresponding author.

### Author's Discounts [Discount](#)

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.



## Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

Please contact the Journal Manager for any queries on manuscript, offprints and special issues. For technical help, please contact the support team at [support@elsevier.com](mailto:support@elsevier.com).

**ANEXO II:** Normas da revista *Acta Limnologica Brasiliensia* para submissão do manuscrito.

---



## INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Scope and Policy](#)
- [Form and preparation of manuscripts](#)
- [Send of the manuscripts](#)

**ISSN 2179-975X on-line version**  
**ISSN 0102-6712 printed version**

### Scope and Policy

**Acta Limnologica Brasiliensia** is a journal published by the Associação Brasileira de Limnologia (Brazilian Association of Limnology) that publishes original articles which contribute to the scientific development of Limnology.

The Journal covers a broad spectrum, including any theme of the ecology of continental waters from all ecosystems, such as streams, rivers, lakes, floodplain, swamps, reservoirs and estuarine zones. The scope of **Acta Limnologica Brasiliensia** comprises all aspects of theoretical and applied continental aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Taxonomic works may also be accepted provided they contain ecological and geographic distribution information. Research articles submitted to the journal must be original with no simultaneous submission to other periodicals. Notes and Review articles may also be submitted.

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague.

Authors should prepare their papers for submission following the instructions given below. Provided it adheres to the journal's standards, each article will be sent (online) to two peer reviewers for evaluation. The journal uses the double blind procedure. After examination of the content of the work, the Editor in Chief sends the opinions (on line) to the author's reformulation. After a paper has been accepted a "proof print" of the article is sent (on line) by the editing service to the authors for a final revision.

There are three categories of contributions to **Acta**

### **Limnologica Brasiliensia:**

- 1) Primary research papers (generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references). See below preparing the manuscript.
- 2) Short research notes, 2-4 printed pages, present concise information on timely topics. Abstract (English and Portuguese), key words (English and Portuguese) and references are required; the remainder is presented as continuous text.
- 3) Review articles. Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited.

### **Form and preparation of manuscripts**

Manuscripts submitted to **Acta Limnologica Brasiliensia** should be original and not being considered for publication elsewhere. An electronic version (in Word for Windows) of the manuscript, including tables and figures should be sent in one file to the Editor in Chief ([actalb@rc.unesp.br](mailto:actalb@rc.unesp.br)). Manuscripts should be submitted in English and an abstract in Portuguese must also be included. Authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscript checked by an English-speaking colleague prior to submission. Manuscripts must be typed in A4 paper, 17 × 23 cm, double-spaced with wide margins. All the pages should be numbered; as well as all the lines of each page. Manuscripts should be examined by two peer reviewers.

#### **Text**

The following order must be used. First page: title in English (in bold type) and Portuguese, authors in full name (e.g. Antonio Fernando Monteiro Camargo), addresses (including e-mail addresses). All the authors should be identified by a superscript number. Second page: Abstract (in English and Portuguese) and keywords. Third and following pages: text of the article (Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements and References). The following information should accompany all species cited in the text: a) for zoology, the author name and the publication date of the original description should be given the first time that species is cited in the article; and b) for botany, only the name of the author who made the description should be given the first time that species is cited in the article.

## Abstract

The concise abstract (250-300 words) should include be structured into the following topics: aim, methods, major results and conclusions. Four to five keywords should be supplied. The same format applies to the abstract in Portuguese.

## Tables and Figures

Tables should be numbered consecutively using Arabic numerals. Each table must be typed on a separate sheet after references. Figures should be numbered consecutively using the Arabic numerals and typed on separate sheets after tables. Photographs in color can be used, but will be subjected to payment of charges. Tables and figures must be mentioned in the text.

## Units, Symbols

Use the International System Units (SI), separating the units from the value with a space (except in the case of percentages); use abbreviations always when possible. For compost units use exponentials and not forward slashes (Ex.:  $\text{mg}\cdot\text{day}^{-1}$  instead of  $\text{mg}/\text{day}$ ,  $\text{Xmol}\cdot\text{min}^{-1}$  instead of  $\text{Xmol}/\text{min}$ ). Do not add spaces to shift to the next line if a unit does not fit on a line.

## References

Citation from theses, master's dissertations, undergraduate monographs, or abstracts for congresses will not be accepted. Citation in the text: Use the name and year system: Schwarzbald (2009); (Calijuri, 2009); (Santoro and Enrich-Prast, 2010). For more three authors use "et al." Citations from the list of references in line with **ISO 690/1987**: All references cited in the text should be listed alphabetically in capital letters according to the first authors; References should start on a separate sheet.

## Examples:

*Journal:*

The academic paper references must be presented in the correct established way: name of the author abbreviated (surname, given name), date of publication, title of work, journal title, edition number, and page numbers without the omission of any relevant information.

CARVALHO, P., BINI, LM., DINIZ-FILHO, JAF. AND MURPHY, KJ. 2009, A macroecological approach to study aquatic macrophyte distribution patterns. *Acta*

*Limnologica Brasiliensia*, vol. 21, no. 2, p. 169-174.

*Chapter or Section in Book:*

BONECKER, CC., LANSAC-TÔHA, FA. AND JÚLIO JÚNIOR, HF., 2009. A origem e a consolidação do conceito de ecossistema. In LANSAC-TÔHA, FA., BENEDITO, E. AND OLIVEIRA, EF. (Orgs.). *Contribuições da história da ciência e das teorias ecológicas para a Limnologia*. Maringá: Eduem, 527 p.

*Book:*

TUNDISI, JG. AND MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 632 p.

**Offprints:**

A complimentary copy of the edition will be sent to the first author of the article. If the Brazilian Society of Limnology has no available funds for the publication, the author(s) of the article will be charged a fee for the cost of each page.

**Send of the manuscripts**

The manuscripts prepared by instructions above need to be send to the Editor-in Chief in Word for Windows file attached to the e-mail [actalb@rc.unesp.br](mailto:actalb@rc.unesp.br) The procedures for valuation of the manuscripts (between author, editor and referees) is made by e-mail. .

[[Home](#)] [[About the journal](#)] [[Editorial board](#)] [[Subscriptions](#)]



All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons License](#)

**Av. 24 A, 1515 - Bela Vista  
CEP Rio Claro SP Brasil  
Tel.: (55 19) 3526 9107**



[actalb@rc.unesp.br](mailto:actalb@rc.unesp.br)