



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA



TESE DE DOUTORADO

**Diatomáceas (Bacillariophyta) em marismas do sul do Brasil:
estudo da comunidade bentônica**

DÁVIA MARCIANA TALGATTI

PORTO ALEGRE, 2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**Diatomáceas (Bacillariophyta) em marismas do sul do Brasil:
estudo da comunidade bentônica**

DÁVIA MARCIANA TALGATTI

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, Área de Concentração em Taxonomia Vegetal (Ficologia), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências (Botânica).

Orientadora: Profa. Dra. Lezilda Carvalho Torgan

PORTO ALEGRE, 2014

“Fazemos a Ciência com fatos, como fazemos uma casa com pedras; mas acumulação de fatos não é Ciência, assim como um monte de pedras não é uma casa.”

Henri Poincaré

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha querida orientadora Dra. Lezilda Carvalho Torgan pela paciência, ajuda, incentivo e confiança. Por ter proporcionado condições de estudo e por ter sido um grande exemplo de profissional dedicado à Ciência. A ela meu respeito e minha admiração incondicional.

Ao Dr. César S. B. Costa por ter fornecido infraestrutura para a realização das expedições científicas, por dividir o valioso conhecimento sobre as marismas brasileiras e não medir esforços para auxiliar com dados ambientais relacionados aos locais de amostragem.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, que através do edital PNADB nº 17/2009 apoiou com a bolsa de doutorado e recursos para a realização das expedições de coleta.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da UFRGS, coordenadores e secretários pelo apoio e amparo burocrático.

À Dra. Cristina Senna pela coordenação inicial do Projeto junto à CAPES e pelo apoio financeiro para a realização do curso de diatomáceas arrafídeas em São Paulo (SP) ministrado pelo Dr. Eduardo Morales (Bolívia).

Aos diretores do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN-FZB/RS) pela infraestrutura indispensável para a realização deste estudo.

À Dra. Vera Werner (MCN-FZB/RS) pela acolhida, incentivo, apoio, cafés, chocolates e “schnapps” (tomados após o expediente).

Aos funcionários do MCN-FZB/RS Manoel Nunes (Laboratório de Química) e Nilson Bittencourt (Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz) pelo auxílio técnico no processamento e registro das amostras.

Ao funcionário Cleodir Mansan (MCN-FZB/RS), responsável pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV) da Instituição, pelas metalizações das amostras, auxílio e suporte técnico.

Ao Renan Quintana do 8º DISME/RS-SEOMA, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo envio dos dados relacionados à pluviosidade e direção dos ventos.

Ao técnico Gilberto Silveira dos Santos do Centro de Estudo e Geologia Costeira (CECO-IG-UFRGS) pelas análises de granulometria do sedimento.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica (CME-UFRGS), principalmente aos técnicos Karina Marckmann e Leandro Baum pela assistência durante as seções de MEV.

Ao Prof. Dr. Jorge Ernesto de Araujo Mariath e à técnica Juliana Troleis, Laboratório de Anatomia Vegetal (LAVeg-UFRGS) pelo suporte em microscopia óptica.

Aos professores Dra. Luciana Cardoso e Dr. João F. Prado pela oportunidade dada para o desenvolvimento do estágio de docência nas disciplinas por eles ministradas. Também à Profa. Luciana Cardoso, Profa. Marinês Garcia e ao Prof. Rinaldo Pires dos Santos pelas sugestões dadas ao participarem da avaliação do artigo de qualificação do doutorado (Capítulo 2).

À Dra. Eugenia Sar, Dra. Inés Sunesen, Dra. Martha Ferrario e Dr. Jose Maria Guerrero da División de Ficología, Museo y Universidad Nacional de La Plata (Argentina), pela acolhida, acesso ao material tipo da Coleção de Frenguelli e pelo suporte técnico em microscopia óptica.

Às colegas e amigas Msc. Letícia Donadel e Msc. Lucielle Bertolli pela ajuda no campo durante as expedições científicas às marismas de Rio Grande. À Lucielle também pelo auxílio na formatação dos manuscritos e da tese.

À Msc. Bianca Vettorato pelo auxílio na montagem do experimento do “Trapping method”, pelo apoio e pela amizade.

Às colegas Maiara Cecchin, Kelly de David e Thamires da Silveira pela ajuda na identificação do gênero *Nitzschia*. À Thamires também pelo auxílio na formatação da tese e amizade.

À Msc. Marcele Laux pela ajuda nas análises estatísticas, companheirismo e amizade.

Ao Dr. Dail Laughinghouse IV e Daniel Aguirres pela revisão da língua Inglesa dos manuscritos.

À Dra. Marinês Garcia por ter me introduzido ao estudo das diatomáceas, pelo incentivo e apoio desde o início de minha vida científica.

À Dra. Roselane Laudades-Silva pela orientação durante o mestrado, pelos conselhos sempre valiosos, apoio e confiança.

À Roseli Souza-Mosimann por ter dedicado sua carreira à pesquisa com diatomáceas marinhas e por me incentivar a dar continuidade ao estudo deste grupo.

À Dra. Clarice Loguercio-Leite pelas conversas científicas, por ter sido exemplo de educadora e pesquisadora.

Aos amigos e colegas (e ex-colegas) de orientação da Seção de Criptógamas da FBZ-RS Andreia Pereira, Cristiane dos Santos, Saionara Salomoni, Priscila Tremarin (também pelo envio de bibliografias), Carolina Randazzo, Renata de Carvalho, Luiza Galina e Mariê M. Cabezudo.

Às colegas e amigas de apartamento Marisa Campos-Santana e Marília T. Rodrigues pelo apoio nas alegrias e tristezas, pela parceria e conversas prazerosas regadas a café.

Aos grandes amigos de longa data Taciane Finatto, João Iganci, Alessandra Rocha, Caroline Voltolini, Bianca Vettorato, Julyana Farias, Roberto Finatto, Joice Konrad e Ezequias Weber pelo apoio, incentivo permanente e suporte psicológico.

Aos amigos que conheci durante o tempo de doutorado e que tornaram esses anos em Porto Alegre alguns dos mais felizes de minha vida: Adriana Aita, Camila Bonilha, Cássia Silva, Claudete Pacheco, Denise M. de Faria, Francielle Cardoso, Fernanda Nogueira, Letícia Donadel, Lucielle Bertolli, Luis Gustavo Canani, Marcelle Laux, Marília T. Rodrigues e Raquel Damasceno.

Aos meus pais, Eolo e Melânia, meus irmãos Otaviano e Táliston, minha vó Josefa, tios e cunhada Solange pelo incentivo, amparo e por estarem sempre ao meu lado. A eles dedico cada realização.

RESUMO

Diatomáceas (Bacillariophyta) em marismas do sul do Brasil: estudo da comunidade bentônica

As marismas do sul do Brasil são ambientes altamente dinâmicos devido à ação do vento, vazão dos rios e influência das correntes marinhas. O conhecimento da comunidade de diatomáceas em marismas e regiões costeiras adjacentes é de extrema valia para o entendimento da dinâmica desses locais tendo em vista a crescente pressão antrópica que estas regiões vêm sofrendo. O presente estudo teve como objetivos conhecer a composição e abundância de diatomáceas bentônicas nas marismas adjacentes ao estuário da Lagoa dos Patos e verificar as variações de seus atributos em relação ao inverno e verão. O sedimento superficial foi coletado com auxílio de um core, em três sítios em dois períodos: inverno (setembro/2010) e verão (fevereiro/2011). Para obtenção das diatomáceas utilizou-se o “Trapping method”. A comunidade de diatomáceas bentônicas esteve representada por 171 táxons, distribuídos em 42 gêneros e 25 famílias. Destes, 62% são diatomáceas birrafídeas, 21% fragilarioides, 10% monorrafídeas e 7% cêntricas. Os gêneros que apresentaram maior número de táxons foram *Navicula* (22%), *Nitzschia* (16%), *Tryblionella* (7%) e *Amphora/Halamphora* (7%). Com relação à abundância relativa destaca-se o complexo “*Navicula cruxmeridionalis*”, *Hippodonta* cf. *hungarica* e *Nitzschia* aff. *pusilla*, por ocorrerem acima de 25% nas amostras analisadas. Com relação à riqueza de diatomáceas, diversidade específica e equitabilidade em geral os maiores valores destes atributos foram registrados no inverno. Nesta estação foram registrados os menores valores de salinidade, os quais diferiram significativamente dos valores observados no verão. Esse fato indica que as marismas de Rio Grande estavam banhadas com águas provenientes da Lagoa dos Patos que carregaram táxons típicos da zona limnética para a região estuarina, os quais contribuíram para os maiores valores de riqueza, diversidade e equitabilidade observados no inverno. O estudo permitiu ainda a realização de duas novas combinações taxonômicas e a descoberta de uma nova espécie para a Ciência.

Palavras-chave: microfitobentos, salinidade, sazonalidade, Trapping method

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| APRESENTAÇÃO | 1 |
| CAPÍTULO 1 Diatomáceas bentônicas em marismas do sul do Brasil: composição florística e variação de atributos da comunidade em relação às condições ambientais..... | 3 |
| CAPÍTULO 2 Transfer of <i>Fragilaria atomus</i> Hust. to the genus <i>Stauroforma</i> (Bacillariophyta) based on observation of type and newly collected material..... | 53 |
| CAPÍTULO 3 <i>Seminavis recta</i> comb. nov. et stat. nov.: morphology and distribution in salt marshes from southern Brazil..... | 67 |
| CAPÍTULO 4 <i>Haslea sigma</i> (Naviculaceae, Bacillariophyta) a new sigmoid species from Southern Brazil..... | 87 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 102 |

APRESENTAÇÃO

A tese está composta por quatro capítulos (manuscritos), os quais abordam aspectos taxonômicos e ecológicos relacionados à comunidade de diatomáceas bentônicas em regiões de marismas do sul do Brasil e visam ampliar o conhecimento do grupo em zonas úmidas costeiras.

O primeiro capítulo “**Diatomáceas bentônicas em marismas do sul do Brasil: composição florística e variação de atributos da comunidade em relação às condições ambientais**” trata do levantamento da diversidade de diatomáceas bentônicas e a relação dos táxons com as variações ambientais em três locais adjacentes ao estuário da Lagoa do Patos com diferentes concentrações de salinidades, no inverno de 2010 e verão de 2011. É apresentada a composição florística e a relação das variáveis ambientais (pluviosidade, salinidade, temperatura, direção dos ventos, altura da coluna d’água e granulometria) com os atributos da comunidade. Para a realização deste estudo contou-se com a colaboração da Msc. Marcele Laux na análise estatística dos dados e do Prof. Dr. César Serra Bonifácio Costa, com o acesso a informações e conhecimento sobre a dinâmica do ecossistema. O manuscrito apresenta também em detalhes a técnica utilizada para a obtenção dos resultados. Até o momento não foi selecionado o periódico ao qual o manuscrito será encaminhado para publicação.

O segundo capítulo “**Transfer of *Fragilaria atomus* Hust. to the genus *Stauroforma* (Bacillariophyta) based on observation of type and newly collected material**” trata de uma nova combinação realizada com a comparação entre espécimes encontrados na Ilha da Torotoma, região de marismas localizada adjacentes a Lagoa dos Patos, com o material tipo proveniente da coleção de Hustedt (BRM), o qual foi coletado na costa da Finlândia. Para a realização deste estudo contou-se com a colaboração dos pesquisadores Dr. Eduardo Morales (Bolívia), especialista em diatomáceas arrafídeas, Dr. Carlos E. Wetzel e Dr. Luc Ector (Luxemburgo) que forneceram os dados relacionados ao material tipo. O manuscrito apresenta descrição, medidas e ilustrações dos espécimes e a distribuição geográfica mundial do táxon. Este manuscrito foi publicado em 2014, no periódico *Phytotaxa* 158(1): 43–56 (Fator de Impacto em 2011= 1,797).

O terceiro capítulo “*Seminavis recta comb. nov. et stat. nov.: morphology and distribution in salt marshes from southern Brazil*” trata do estudo realizado com o táxon *Cymbella (Encyonema) grossestriata* var. *recta* descrito por Frenguelli (1938) no rio Matanza, Argentina. Os espécimes brasileiros foram comparados com o material tipo depositado no Herbário LP (Museo de La Plata, Argentina). O manuscrito apresenta descrição, medidas e ilustrações do material brasileiro e argentino. Para a realização do estudo contou-se com a colaboração da Msc. Lucielle Bertolli nas análises do material epifítico. O manuscrito foi submetido e aceito para publicação no periódico *Fottea* (Fator de Impacto em 2011= 1,372).

O quarto capítulo “*Haslea sigma (Naviculaceae, Bacillariophyta) a new sigmoid species from Southern Brazil*” trata da descrição de uma nova espécie para a Ciência. O estudo apresenta a descrição, medidas e ilustrações do material encontrado em sedimentos da Ilha da Pólvora, em Rio Grande, RS. Para a realização deste estudo contou-se com a colaboração da pesquisadora especialista no grupo, Dra. Eugênia Sar (Argentina). O manuscrito foi submetido ao periódico *Phytotaxa*.

Diatomáceas bentônicas em marismas do sul do Brasil: composição florística e variação de atributos da comunidade em relação às condições ambientais

Dávia Talgatti¹, Lezilda Torgan^{1,2}, Marcele Laux³ & César S. B. Costa⁴

¹*Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves nº 9500, Campus do Vale, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil; e-mail: daviatalgatti@gmail.com*

²*Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais, Rua Doutor Salvador França, 1427, Jardim Botânico, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS, Brasil*

³*Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 662, Pampulha - Caixa Postal 486 -31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil*

⁴*Laboratório de Biotecnologia de Halófitas, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Campus Carreiros: Av. Itália km 8 Bairro Carreiros, Rio Grande, RS, Brasil*

Resumo

O presente estudo teve como objetivos ampliar o conhecimento da composição florística da comunidade de diatomáceas bentônicas em marismas na costa sul do Brasil e verificar as variações de seus atributos (composição, riqueza, abundância, diversidade específica e equitabilidade) em relação às condições ambientais, nas estações de inverno e verão. O estudo foi baseado em amostragens de sedimento superficial, coletado com auxílio de um core, em três sítios adjacentes ao estuário da Lagoa dos Patos, sujeitos a variações de salinidades. Para obtenção das diatomáceas utilizou-se o “Trapping method”, que permitiu observar as diatomáceas bentônicas, vivas e móveis que migraram do sedimento para a interface sedimento/ar em busca de luz. A análise e quantificação dos táxons foram efetuadas em lâminas permanentes, buscando atingir eficiência amostral mínima de 80%. A fim de testar as diferenças dos descritores e a correlação dos táxons com variáveis ambientais utilizou-se estatística não paramétrica e

paramétrica, de acordo com a natureza dos dados. Os resultados deste estudo demonstraram uma comunidade rica em espécies (171 táxons).. Dentre os atributos da comunidade somente a composição e abundância relativa das diatomáceas respondeu às variações das condições ambientais, ocorridas no inverno e verão, governadas pelos principais fatores de influência (vento, pluviosidade e aporte de águas continentais). A variação espacial da comunidade esteve associada à granulometria do sedimento, onde locais predominantemente arenosos apresentaram composição e abundância distintas de locais com silte e argila. A resposta da composição da comunidade de diatomáceas às variáveis ambientais vem reforçar a importância da Taxonomia e da identificação cuidadosa e precisa dos organismos para obtermos resultados que assegurem comparações entre as comunidades e entendimento de suas relações ecológicas.

Palavras-chave: Bacillariophyta, microfitobentos, salinidade, sazonalidade

Introdução

As marismas do sul do Brasil ocupam cerca de 70 km² da zona intermareal de ilhas e margens do estuário da Lagoa dos Patos (Costa & Marangoni 2000). Estes ambientes são altamente dinâmicos, trocam a sua configuração devido à ação do vento, vazão dos rios e influência das correntes marinhas. Marangoni & Costa (2009) ao avaliarem os efeitos naturais e antropogênicos sobre as marismas de Rio Grande (RS) e São José do Norte (RS), observaram que a hidrodinâmica do estuário, modulada pelos ventos e a expansão urbana de Rio Grande foram as principais causas da perda de área vegetada e biodiversidade nesses locais.

Os sedimentos de ambientes costeiros rasos suportam extensivas populações de microalgas bênticas (microfitobentos) que são dominadas por espécies de diatomáceas móveis (Underwood & Paterson 2003). As diatomáceas contribuem para a consolidação do sedimento desses ambientes por produção extracelular de substâncias poliméricas (extracellular polymeric substances= EPS) e desempenham uma função essencial nos ciclos biogeoquímicos, que ocorrem na interface sedimento/água (ou sedimento/ar), através da produção fotossintética de oxigênio (Kromkamp et al. 2006, Brotas et al. 2007). Além disso, são produtores de planos de lamas entremarés e auxiliam na estabilização do sedimento (Adam 2002).

A diversidade de espécies está relacionada à heterogeneidade da altura topográfica (planos de lama, planos vegetados, canais e poças-de-maré). Segundo Round et. al. (1990), a comunidade presente no sedimento representa bem a biodiversidade no sistema, pois este meio integra espacialmente táxons provindos do perifíton e plâncton.

Em ambientes costeiros temperados, a salinidade, nutrientes e matéria orgânica variam sazonalmente baseados no padrão de chuva e processo hidrológico (Möller & Fernandes 2010). Nos sistemas estuarinos, a salinidade e a sazonalidade têm sido

frequentemente considerados fatores importantes na distribuição das diatomáceas (Battarbee 1986, Underwood 1994).

O conhecimento da comunidade de diatomáceas em marismas e regiões costeiras adjacentes é de extrema valia para o entendimento da dinâmica desses locais, tendo em vista a crescente pressão antrópica que estas regiões vêm sofrendo. As marismas do sul do Brasil estão sendo drasticamente alteradas, dando espaço a aterros que serão transformados em áreas urbanas (Seeliger & Costa 1998).

No Brasil, os estudos que envolvem taxonomia ou ecologia de diatomáceas nos sedimentos superficiais de marismas são escassos e, no Rio Grande do Sul limita-se a contribuição de Silva et al. (2010).

O presente estudo teve como objetivos ampliar o conhecimento da composição florística da comunidade de diatomáceas bentônicas nas marismas adjacentes ao estuário da Lagoa dos Patos e verificar as variações de seus atributos em relação às condições ambientais, nas estações de inverno e verão. Considerando que a dinâmica do estuário da Lagoa dos Patos é governada principalmente pela ação do vento, pluviosidade e drenagem das águas continentais, espera-se que estes fatores modifiquem a composição da comunidade.

Material e Métodos

Área de estudo

O estuário da Lagoa dos Patos está situado no extremo sul do estado do Rio Grande do Sul (31°57'S–52°06'W), nos municípios de Rio Grande, São José do Norte e Pelotas. O clima local é temperado quente (Cfb-mesotermal) devido à influência da Convergência Subtropical do Atlântico Sudoeste. A temperatura média anual varia entre 17°C e 19°C e a precipitação média anual é de 1.200 mm a 1.500 mm. Os invernos são relativamente frios (com a ocorrência de geadas), verões tépidos e precipitações regularmente distribuídas durante o ano, mas com maiores registros durante o inverno

(Klein 1998). As marismas localizadas adjacentes ao referido estuário são alagadas por águas com salinidade que varia de acordo com a ação do vento, da precipitação pluviométrica e da hidrodinâmica do sistema lagunar Patos-Mirim (Costa 1998a, 1998b, Seeliger & Costa 1998).

As comunidades vegetais podem ser distintas de acordo com o gradiente vertical de inundação e horizontal de salinidade. As marismas alagadas por água doce são dominadas por *Juncus* spp., enquanto as áreas interiores e margens erosivas das pequenas ilhas do estuário, locais de maior salinidade são dominadas por *Spartina densiflora* Brong, *Spartina alterniflora* Loisel. e *Scirpus* spp.

Os sedimentos das marismas são formados por areia, conchas, cascalho e lama, contudo predominam sedimentos lamosos, com silte e argila, os quais se originam da vasta bacia de drenagem para o estuário (Calliari 1998).

Amostragem

Foram selecionados para estudo três sítios sujeitos a diferentes salinidades: sítio SS-Saco do Silveira (31°52'48.821"S–52°14'38.762"W); IP-Ilha da Pólvora (32°01'14.424"S–52°05'59.095"W), e SJN-São José do Norte (32°06'49.984"S–52°04'22.980"W) (Fig. 1). As amostragens foram realizadas no inverno (setembro/2010) e verão (fevereiro/2011).

O sítio Saco do Silveira (SS) é o menos salino e o mais distante do oceano (Figs. 1, 2). Nesta região a vegetação é composta por *S. densiflora* e *Juncus kraussii* Hochst., com predominância da última espécie. O nível médio de água oscila entre 0,10 e -0,50 m e, por esse motivo o local é caracterizado como marisma frequentemente alagada oligohalina (Costa 1998b).

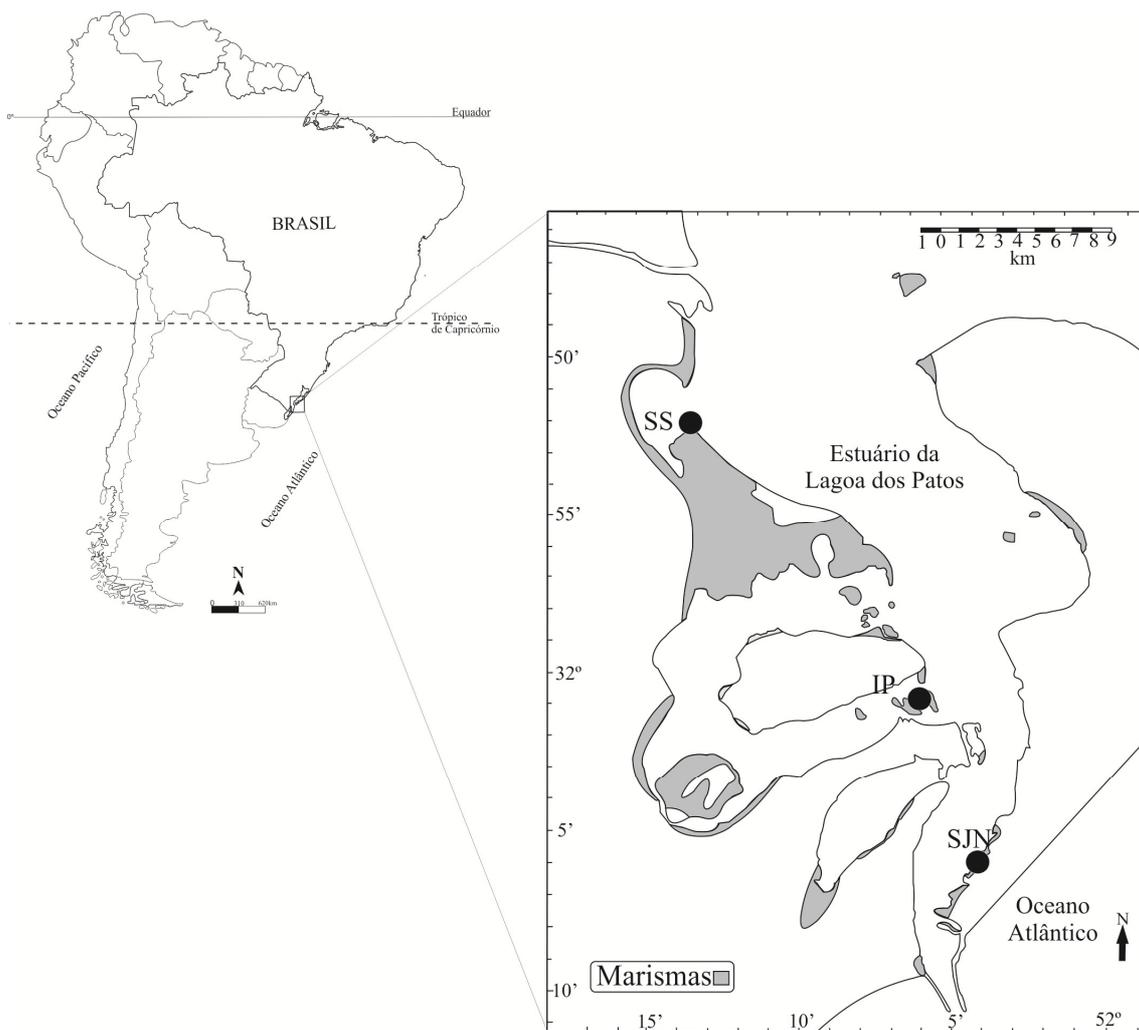


Figura 1. Localização da área de estudo e dos sítios amostrados SS= Saco do Silveira, IP= Ilha da Pólvora, SJN= São José do Norte no inverno/2010 e verão/2011. Modificado de Costa (1998b).



Figuras 2 a–b. Sítio Saco do Silveira a. inverno; b. verão.

A Ilha da Pólvora (IP) possui cerca de 45 ha, apresenta salinidade intermediária e está localizada próxima ao centro da cidade de Rio Grande (Figs. 1, 3). A ilha é considerada área protegida devido à presença de marismas bem preservadas (Burger & Ramos 2007). A vegetação é formada por um mosaico dominado por *S. densiflora*, *Scirpus maritimus*, *J. krausii* e *S. alterniflora* (Figs. 3a, b). O local apresenta nível médio de água entre 0,10 e -0,50 m e é classificada como região de marisma frequentemente alagada meso-euhalina (Costa 1998b).



Figuras 3 a–b. Estação Ilha da Pólvora. **a.** inverno; **b.** verão.

O sítio São José do Norte (SJN) apresenta a maior salinidade dentre as estudadas por localizar-se mais próximo ao oceano (Fig. 1). A vegetação é formada principalmente por *S. alterniflora* e *Scirpus maritimus* (Figs. 4a, b) e é enquadrada como região de marisma frequentemente alagada meso-euhalina, com salinidades próximas a 30 ppt (Costa 1998b).



Figuras 4 a–b. Estação São José do Norte. **a.** inverno; **b.** verão.

Coleta e preparação do material

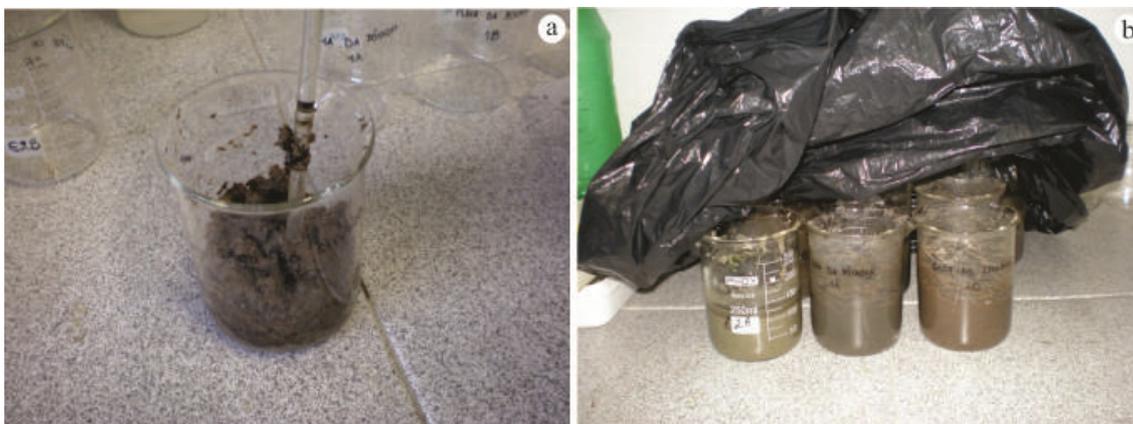
O sedimento superficial foi coletado com auxílio de um core (10 cm diâmetro por 2 cm de altura), em três pontos de cada sítio de amostragem mencionado acima (IP, SS, SJN). Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos (Figs. 5a, b) e levadas ao laboratório para serem preparadas para análise.

Para obtenção das diatomáceas utilizou-se o “Trapping method”, descrito por Eaton & Moss (1966) e adaptado por Laudares-Silva & Cimardi (1989) e Vettorato et al. (2010), o qual permite observar as diatomáceas bentônicas, vivas e móveis que migram do sedimento para a interface sedimento/ar em busca de luz. Este procedimento é descrito em detalhe a seguir.



Figuras 5a–b. a. Amostragem do sedimento; b. Armazenamento em saco plástico e registro.

Em laboratório, o sedimento foi homogeneizado em copos de Béquer e armazenado em local escuro por 12 hs (Figs. 6a, b).



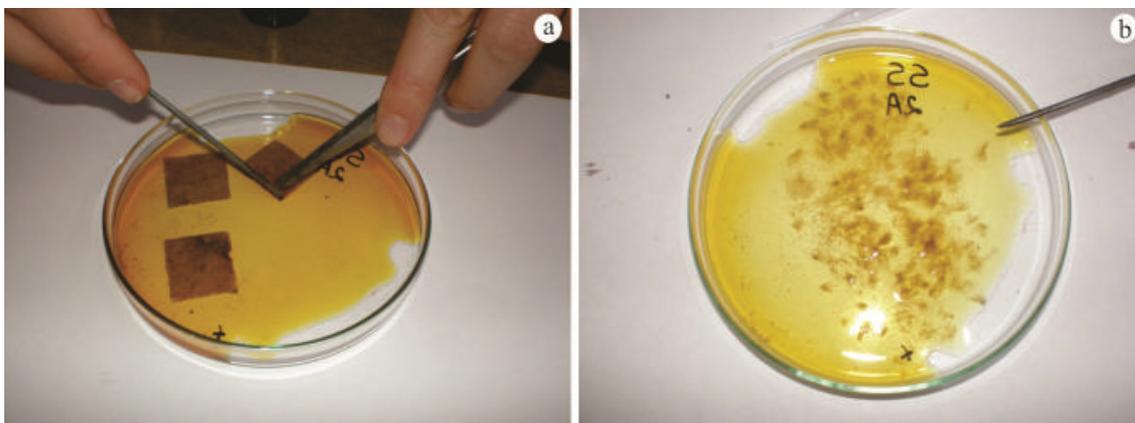
Figuras 6 a–b. a. Homogeneização do sedimento; b. Amostras armazenadas em local escuro.

Posteriormente, foi retirado o sobrenadante e imediatamente o sedimento foi distribuído em uma camada, com 0,5 cm de espessura, em placas de Petri (Fig. 7a). Logo após foram depositados, sobre esta camada de sedimento dois pedaços duplos (2x2cm²) do tecido de celulose (papel Whatman® 105) (Figs. 7b, c).



Figuras 7 a-c. a. Distribuição do sedimento na placa de Petri; b. Colocação dos pedaços de tecido sobre o sedimento. c. Experimento montado.

Após aproximadamente 24 horas, pedaços de tecido de celulose foram retirados da placa de Petri, desmanchados com agulha e pinça (Figs. 8a, b), armazenados em pequenos frascos contendo solução de lugol (4%) e guardados em refrigerador.



Figuras 8 a-b. a. Tecido de celulose na placa de Petri; b. Tecido desmanchado para posterior processo de oxidação.

Limpeza das frústulas e análise do material

As amostras do material bentônico proveniente do “Trapping method” foram tratadas com ácido nítrico em um tubo de ensaio na proporção de 1:1. O material foi colocado diretamente ao fogo com utilização de lamparina a álcool.

As lâminas permanentes foram confeccionadas utilizando como meio de inclusão resina Naphrax[®] (IR=1,74). Estas estão depositadas no Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS) do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN-FZB/RS). Foram montadas 18 lâminas e os números de registro estão apresentados na Tabela 1.

Para análise utilizou-se microscópios ópticos Zeiss Axioplan com câmara Axiocam ERc 5s acoplada no Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica (MCN-FZB/RS), microscópio Leica DMR com DIC e câmara DFC 500 no Laboratório de Anatomia Vegetal (LAVeg) da UFRGS e microscópio Leica DM 2500 com DIC (Differential Interference Contrast) e câmara Leica DFC 420 C na Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, Argentina.

Alíquotas do material oxidado foram utilizadas na montagem de *stubs* para observação das frústulas em microscópio eletrônico. Sobre o *stubs* foram colocados pequenos pedaços de fita de carbono e sobre estes, lamínula. Sobre as lamínulas foram depositadas gotas da amostra contendo as diatomáceas. Os *stubs* foram secos em estufa (40 °C) e metalizados em aparelho marca BAL-TEC SCD 005 (cobertura de ouro/paládio com aproximadamente 16 nm de espessura, MCN-FZB/RS).

Utilizou-se dois microscópio eletrônico de varredura (MEV) um da marca JEOL JSM 5200 no MCN-FZB/RS operado a 20 mm de distância de trabalho, a 15 kV e outro também JEOL JSM 6060 no Centro de Microscopia Eletrônica, CME-UFRGS, operado a 10 mm, a 20 kV.

Tabela 1. Relação das amostras (IP= Ilha da Pólvora, SS= Saco do Silveira, SJN= São José do Norte, I= inverno, V= verão) com seus respectivos números de registros das lâminas depositadas no Herbário HAS, data da coleta e coletores.

| Amostras | Número lâminas HAS | Data | Coletores |
|-----------------------------------|--------------------|------------|--------------------------|
| Sedimento (setembro/2010) | | | |
| IP A I | 6242 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| IP B I | 6244 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| IP C I | 6246 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| SS A I | 6263 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| SS B I | 6249 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| SS C I | 6251 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| SJN A I | 6254 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| SJN G I | 6260 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| SJN i I | 6256 | 16/09/2010 | D. Talgatti e L. Torgan |
| Sedimento (fevereiro/2011) | | | |
| IP A V | 6497 | 17/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| IP C V | 6499 | 17/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| IP K V | 6501 | 17/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| SS A V | 6505 | 17/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| SS D V | 6507 | 17/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| SS F V | 6509 | 17/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| SJN D V | 6511 | 18/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| SJN G V | 6514 | 18/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |
| SJN3i V | 6516 | 18/02/2011 | D. Talgatti e L. Donadel |

Contagem e identificação

A quantificação dos táxons foi efetuada em lâminas permanentes, buscando atingir eficiência amostral mínima de 80% (Pappas & Stoermer 1996).

As diatomáceas foram identificadas com auxílio de obras clássicas tais como: Schmidt (1874–1959), Peragallo & Peragallo (1897–1908), Hustedt (1927–66, 1930, 1955, 1985), Cleve-Euler (1953), Hendey (1964); Patrick & Reimer (1966), Navarro (1981, 1982), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), através coleções atuais e periódicos (Iconografia Diatomologica, Biblioteca Diatomologica, Diatom Research e outras). Para o enquadramento taxonômico foi utilizada a classificação apresentada por Round et al. (1990).

Medidas de dados ambientais

A cada amostragem, foram obtidos dados de temperatura utilizando termômetro Incoterm[®], pH com pHmetro PHTEK[®] e salinidade da água intersticial, com o salinômetro YSI[®] 30. Os dados de pluviosidade, direção dos ventos e altura de água foram obtidos junto ao portal do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br/portal/>), ao Oitavo Distrito de Meteorologia - SEOMA-RS e a Universidade Federal do Rio Grande - Projeto Peld (sítio 8).

Para a classificação da salinidade foi utilizada o Sistema de Veneza (Tab. 2).

Tabela 2. Tabela original do Sistema de Veneza (Anonymous 1959).

| Zone | Salinity ‰ |
|---------------------------------|--|
| Hyperhaline | $> \pm 40$ |
| Euhaline | $\pm 40 - \pm 30$ |
| Mixohaline | $(\pm 40) \pm 30 - \pm 0.5$ |
| Mixoeuhaline | $> \pm 30$ but $<$ adjacent euhaline sea |
| (Mixo-) polyhaline ¹ | $\pm 30 - \pm 18$ |
| (Mixo-) mesohaline | $\pm 18 - \pm 5$ |
| (Mixo-) oligohaline | $\pm 5 - \pm 0.5$ |
| Limnetic (freshwater) | $< \pm 0.5$ |

Granulometria do sedimento

A análise granulométrica do sedimento foi realizada no Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foram analisadas aproximadamente 20 g de sedimento de nove amostras: Saco do Silveira (SS A, SS B e SS C), Ilha da Pólvora (IP A, IP B e IP C) e São José do Norte (SJN A, SJN i e SJN G). Os resultados foram expressos em porcentagens e a classificação seguiu o modelo de Shepard (1954).

Análise dos dados

A riqueza de espécies foi medida pelo número de táxons presentes nas amostras observados em lâminas. O índice de diversidade foi baseado na função Shannon-Wiener

(Shannon & Weaver 1949) e a equitabilidade (*Evenness*) foi dada pela divisão do índice de Shannon pelo logaritmo do número de táxons (Hammer et al. 2001). Para testar se as diferenças sazonais e espaciais dos descritores da comunidade e das variáveis ambientais foram significativas foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), utilizando-se o *software* PAST[®].

A determinação das espécies dominantes e abundantes foi baseada no critério apresentando por Lobo & Leighton (1986), onde espécies dominantes são aquelas que superam 50% do número total de indivíduos e, espécies abundantes aquelas cujo valor de ocorrência numérica supera o valor médio do número total de indivíduos. Para a frequência de ocorrência dos táxons nos pontos foram consideradas as seguintes categorias: > 80% = táxons constantes, 79–40% = táxons frequentes, 39–20% = táxons esporádicos e < 20% = táxons ocasionais.

Para testar a relação entre abundância de espécies e sazonalidade (temperatura e salinidade) foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (ACC). A implementação no PAST[®] *statistics software* segue o algoritmo de análise de autovetor dado em Legendre & Legendre (1998). As ordenações são dadas como escores (contagem) e as variáveis ambientais são plotadas como correlações com estes escores. Os dados não foram transformados.

A fim de testar a distribuição dos táxons entre os pontos foi analisada a Beta-diversidade através do teste de Whittaker. Foi realizada a Análise de Sieriação, a qual reorganiza a matriz de dados bióticos (presença/ausência dos táxons) de acordo com o gradiente ambiental escolhido. Nesse caso as colunas são os pontos amostrais organizados como inverno e verão. O objetivo dessa técnica é reposicionar as espécies de tal forma que as presenças se concentrem ao longo da diagonal, que representa o gradiente de sazonalidade (inverno e verão). Para obter a significância foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo.

Para constatar as diferenças entre os pontos e estações amostradas foi realizada uma análise de agrupamento hierárquico em modo “R”, no qual os táxons apresentam-

se nas linhas. Para isso foi aplicado o algoritmo UPGMA (*Unweighted pair-group average*), de acordo com o qual os grupos são formados com base na média das distâncias entre todos os membros. A medida de similaridade escolhida foi o índice de Correlação de Pearson, o qual foi utilizado para quantificar a diferença da composição entre as amostras, baseado nas contagens. Todos os testes estatísticos foram realizados com a utilização do *software* PAST[®] (Hammer et al. 2001).

Com os dados da análise granulométrica e com as espécies que ocorreram em cada um dos pontos foi realizada a análise de multiescalonamento não paramétrico (NMDS). Esta baseia-se na determinação de *ranks* para as distâncias entre os pontos. A análise posiciona os pontos em um sistema de coordenadas tal que as diferenças de *rank* são mantidas, não as distâncias brutas. O que pode ser visto no diagrama são os pontos distribuídos de acordo com as diferenças de composição de espécies entre as amostras. Os vetores são as variáveis ambientais. Eles não fazem parte do "cálculo", são apenas indicados sobre a distribuição dos pontos. O coeficiente de correlação entre cada variável ambiental e os escores do NMDS é o comprimento do vetor. Apenas sua direção e comprimento devem ser considerados.

O índice de similaridade de Bray Curtis foi o escolhido, porque apresentou o menor grau de *stress* (0.12). Essa é uma medida de dissimilaridade que leva em consideração a diferença de composição de espécies entre as amostras. Provavelmente, o baixo grau de liberdade (9) e o grande número de zeros, devido ao grande número de ausências, foram os responsáveis pelo alto valor de *stress* (quanto mais próximo do zero, menor o *stress*, ou seja, mais semelhante à distribuição prevista para o conjunto de dados). Para esta análise foi utilizado o *software* PAST[®].

Resultados e Discussão

Composição e abundância dos táxons da comunidade

A comunidade de diatomáceas bentônicas esteve representada por 171 táxons (Tab. 3), distribuídos em 42 gêneros e 25 famílias. Destes, 62% são diatomáceas birrafídeas, 21% fragilarioides, 10% monorrafídeas e 7% cêntricas. Os gêneros que

apresentaram maior número de táxons foram *Navicula* (22%), *Nitzschia* (16%), *Tryblionella* (7%) e *Amphora/Halamphora* (7%).

Os táxons constantes, considerando a frequência de ocorrência dos mesmos nos três sítios, no período de verão e inverno, foram: complexo “*Navicula cruxmeridionalis*” Metzeltin, Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez (Anexos, Pranchas I e II, Figs. 1–16, 34–39), *Nitzschia* cf. *solita* Hustedt, *Nitzschia* sp. 2, *Catenula adhaerens* (Mereschkowsky) Mereschkowsky e *Cocconeis* sp. 2 (Anexos, Pranchas I e III, Figs. 22 e 50).

Os táxons constantes no inverno foram: *Cocconeis* sp. 2, *Catenula adhaerens*, *Navicula erifuga* Lange-Bertalot, *Navicula* cf. *cryptotenelloides* Lange-Bertalot (Anexos, Prancha I, Figs. 17–21), *Nitzschia* cf. *solita* e *Nitzschia* sp. 4. Enquanto no período de verão foram constantes: complexo “*Navicula cruxmeridionalis*”, *Nitzschia* cf. *solita*, *Nitzschia* sp. 4 e complexo “*Fragilaria* cf. *amicorum*” Witkowski & Lange-Bertalot (Anexos, Prancha III, Figs. 44–49).

O número de táxons registrados nas marismas do sul do Brasil e a predominância de diatomáceas penadas birrafídeas, principalmente dos gêneros *Navicula* e *Nitzschia* são resultados semelhantes aos encontrados nos estudos realizados em regiões de marismas europeias e norte americanas. A Prancha II (Anexos, Figs. 32–33) mostra a predominância das diatomáceas birrafídeas nas fibras dos papéis de celulose do “Trapping method”.

Round (1960) foi o pioneiro no estudo de diatomáceas em sedimentos superficiais de marismas, caracterizando a flora associada ao River Dee (Reino Unido) com 191 táxons. Laird & Edgar (1992) registraram 43 táxons em sedimentos vegetados por espécies de *Spartina* nas regiões de marismas de New England (EUA) e Sherrod (1999) encontrou 191 táxons em sedimentos superficiais de Puget Sound (EUA). Ainda na Europa, Zong & Horton (1998) e Szkornik et al. (2006) registraram 54 e 153 táxons em marismas da Inglaterra e Dinamarca, respectivamente.

Na América do Norte, Drum & Webber (1966) estudaram as diatomáceas bentônicas e epifíticas em marismas de Massachusetts (EUA) registrando 151 táxons, distribuídos em 44 gêneros e Sullivan (1975, 1977, 1978) com amostragens realizadas em sedimentos de Canary Creek (EUA), New Jersey (EUA) e Mississipi (EUA) registrou 104, 91 e 119 táxons, respectivamente.

No sul do Brasil, o único estudo sobre a flora de diatomáceas bentônicas em marismas, publicado por Silva et al. (2010) registrou a presença de 50 táxons e a predominância também de espécies de *Nitzschia* e *Tryblionella*. Este estudo foi realizado em locais nas proximidades da cidade de Rio Grande, com maior influência antrópica, distintos dos locais amostrados no presente estudo, o que provavelmente explica a menor riqueza encontrada pelos referidos autores.

A predominância de diatomáceas birrafídeas observadas nas marismas é um fato comum. Underwood & Paterson (2003) citaram que populações de diatomáceas epipélicas em regiões estuarinas são caracterizadas por serem birrafídeas móveis. O movimento destas espécies está condicionado à extrusão de mucilagem (EPS) pela rafe e o fato de possuírem rafe em ambas as valvas, facilita a extrusão desta mucilagem e consequentemente o movimento. Esta mobilidade ajuda estes organismos na distribuição espacial em pequena escala, na busca de recursos (luz, nutrientes), na fuga de grandes concentrações de células e substâncias produzidas por elas e também na proteção contra a dessecação (Hay et al. 1993, Witkowski et al. 2012). A produção de EPS, além de auxiliar esses organismos na seleção e captura de nutrientes orgânicos e inorgânicos, também pode proteger as células de rigorosas variações osmóticas, fato que explicaria a tolerância das diatomáceas às mudanças em locais altamente dinâmicos como estuários e regiões de marismas (Trobajo-Pujadas 2007).

Com relação à abundância relativa dos táxons da comunidade bentônica, não encontramos dominantes. Contudo, foram registrados 63 táxons abundantes (Tab. 3). Destes, destaca-se o complexo "*Navicula cruxmeridionalis*", *Hippodonta* cf. *hungarica* (Anexos, Prancha I, Figs. 29–31) e *Nitzschia* aff. *pusilla*, por ocorrerem acima de 25% nas amostras analisadas. Definiu-se o complexo "*Navicula cruxmeridionalis*" devido à

dificuldade em diferenciar, em microscopia óptica, as espécies do gênero *Navicula* semelhantes a *N. cruxmeridionalis* (Anexos, Prancha II, Figs. 34–37). Esta espécie foi descrita para o Uruguay por Metzeltin et al. (2005) e a diagnose foi feita baseada em *Navicula teneloides* Hustedt.

Hippodonta hungarica foi registrada por Silva et al. (2010) no outono de 2008 no sedimento de marismas de Rio Grande. *Hippodonta hungarica* e *N. pusilla* não foram citadas em levantamentos realizados em material bentônico de marismas estrangeiras, contudo foram registradas em estudos com material perifítico na costa mediterrânea (Empordà, Espanha). *Hippodonta hungarica* ocorreu com 0,14% de abundância relativa e foi agrupada com espécies típicas de corpos de água com contínuo fornecimento de nutrientes e água doce. Enquanto, *N. pusilla* ocorreu com 1,92% de abundância relativa (Trobajo-Pujadas 2007).

Rosa & Garcia (2013), ao estudarem as diatomáceas epífitas em *Acrostichum danaeifolium* Langst. & Fisch. (Pteridaceae), em uma região próxima às marismas de Rio Grande (Arroio Pseudônimo, Pelotas) encontraram *H. hungarica* no verão de 2012, mas não citaram valores de abundância relativa para a espécie.

| | P.A.I | IP.BI | IP.CI | SS.AI | SS.BI | SS.CI | SIN.AI | SIN.GI | SIN.II | IP.A.V | IP.C.V | IP.K.V | SS.A.V | SS.D.V | SS.F.V | SIN.D.V | SIN.G.V | SIN.I.V |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| <i>Diademsis</i> sp. 1* | - | - | - | - | - | - | X | X | X | - | - | - | - | - | - | X | X | - |
| <i>Diploneis pseudovalis</i> Hustedt* | - | - | X | - | X | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Diploneis</i> sp. 1 | X | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Diploneis</i> sp. 2* | - | - | - | X | - | X | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - |
| <i>Diploneis</i> sp. 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Diploneis weissflogii</i> (A. W.F. Schmidt) Cleve | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Fallacia cf. pseudony</i> (Hustedt) D.G.Mann | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - |
| <i>Fallacia cf. pygmaeae</i> (Kützing) A.J. Stickle & D.G. Mann | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - |
| <i>Fallacia cf. zonata</i> (Hustedt) D.G. Mann | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | X |
| <i>Fallacia florinae</i> (M. Møller) Witkowski | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Fallacia pygmaea</i> * | - | - | - | - | - | X | - | - | - | X | X | - | X | - | - | - | - | - |
| <i>Fallacia</i> sp. 1* | - | - | - | - | - | X | - | - | - | X | X | - | X | - | - | - | - | - |
| <i>Fallacia</i> sp. 2 | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Fallacia tenera</i> (Hustedt) D.G. Mann* | - | - | X | - | - | - | X | - | - | X | - | X | - | - | X | - | - | - |
| <i>Fragilaria cf. gedanensis</i> Witkowski* | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 2* | X | X | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | X | - | - | - | - | X |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 3* | X | X | - | - | - | X | - | - | - | X | - | X | X | - | - | - | - | X |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 4* | - | X | X | - | - | X | - | - | - | X | X | X | X | - | - | - | - | - |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 5* | - | X | X | - | - | - | - | - | - | X | - | - | X | - | - | - | - | X |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - |
| <i>Fragilaria</i> sensu lato sp. 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - |
| <i>Frustrulia creuzburgensis</i> (Krasske) Hustedt | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Gyrosigma</i> cf. <i>acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst | - | - | - | - | - | - | X | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | X |
| <i>Gyrosigma</i> cf. <i>sterrenburgii</i> S.R. Stidolph | X | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Gyrosigma</i> sp. 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Gyrosigma</i> sp. 2 | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Halamphora bullatoides</i> (Hohn & Hellerman) Levkov | X | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Halamphora coffeaformis</i> (Agardh) Levkov | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | X | X | - | - | - | - | - |
| <i>Halamphora turgida</i> (Gregory) Levkov | - | X | - | - | - | X | - | - | - | X | X | X | - | - | - | - | - | X |
| <i>Halamphora lineata</i> (Gregory) Levkov | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | X | - | - | - |
| <i>Hanteschia</i> sp. 1 | - | - | - | - | X | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Hanteschia</i> sp. 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| <i>Hanteschia</i> sp. 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | X | X | - | - | - | - | - | - |
| <i>Hippodonta</i> cf. <i>hungarica</i> (Grunow) Lange-Berthlot et al.* | - | X | - | - | X | X | - | - | - | - | - | - | - | X | - | - | - | - |

| | PAI | IPBI | IPCI | SSAI | SSBI | SSCI | SNAI | SINAI | SINCI | SINI | IPAV | PCV | PKV | SSAV | SSDV | SSFV | SINDV | SINGV | SINIV |
|--|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| <i>Navicula valeriana</i> Metzlinet al.* | X | X | X | | | | X | X | X | | | | | | | | X | | X |
| <i>Navicula willisiae</i> Seddon & Witkowski | X | X | X | | | | | | X | X | | | | | | | X | | |
| <i>Nitzschia</i> aff. <i>dissipata</i> (Kützting) Grunow* | | X | | | | | | X | X | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> aff. <i>microcephala</i> Grunow* | X | | | | | | X | X | | | | | | | | | X | | X |
| <i>Nitzschia</i> aff. <i>perindistincta</i> Cholnoky* | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X |
| <i>Nitzschia</i> aff. <i>pusilla</i> Grunow* | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | X |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>inconspicua</i> Grunow* | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| <i>Nitzschia</i> cf. <i>solita</i> Hustedt* | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| <i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richt) Lange-Bertalot* | | X | X | | X | X | X | X | X | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia frustulum</i> (Kützting) Grunow* | X | X | X | X | | X | X | X | | X | | | | | | X | X | | |
| <i>Nitzschia loretziana</i> Grunow | X | X | X | | | | X | | | | | | | | | | | | X |
| <i>Nitzschia rautenbachiae</i> Cholnoky | | | | | | | X | | | X | | | | | | | | | X |
| <i>Nitzschia rhopaloides</i> Hustedt | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia scapelliformis</i> (Grunow) Grunow | | | | | | | X | X | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia sigma</i> (Kützting) W.Smith | X | | | | | | | X | | | | | | | | | | | X |
| <i>Nitzschia</i> sp. 1* | | | | | | | | | | | | | | | | X | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 11 | | | | | | | | X | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 12* | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 13 | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 14* | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | X |
| <i>Nitzschia</i> sp. 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 4* | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| <i>Nitzschia</i> sp. 5* | X | X | X | | | | | | | | | | | | | | X | X | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 6 | X | X | | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 7 | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 8 | | | | | | X | | X | | X | | | | X | | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. 9* | | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| <i>Opephora</i> sp. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Paralia fenestrata</i> Sawai & Nagumo | | | | | | | X | | | | | | | | X | | | | |
| Pennales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pinnularia</i> sp. 1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| <i>Placoneis</i> cf. <i>abundans</i> Metzlin et al. | | | | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Placoneis sovereignae</i> (Hustedt) Torgan & Donadel | X | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | | | |

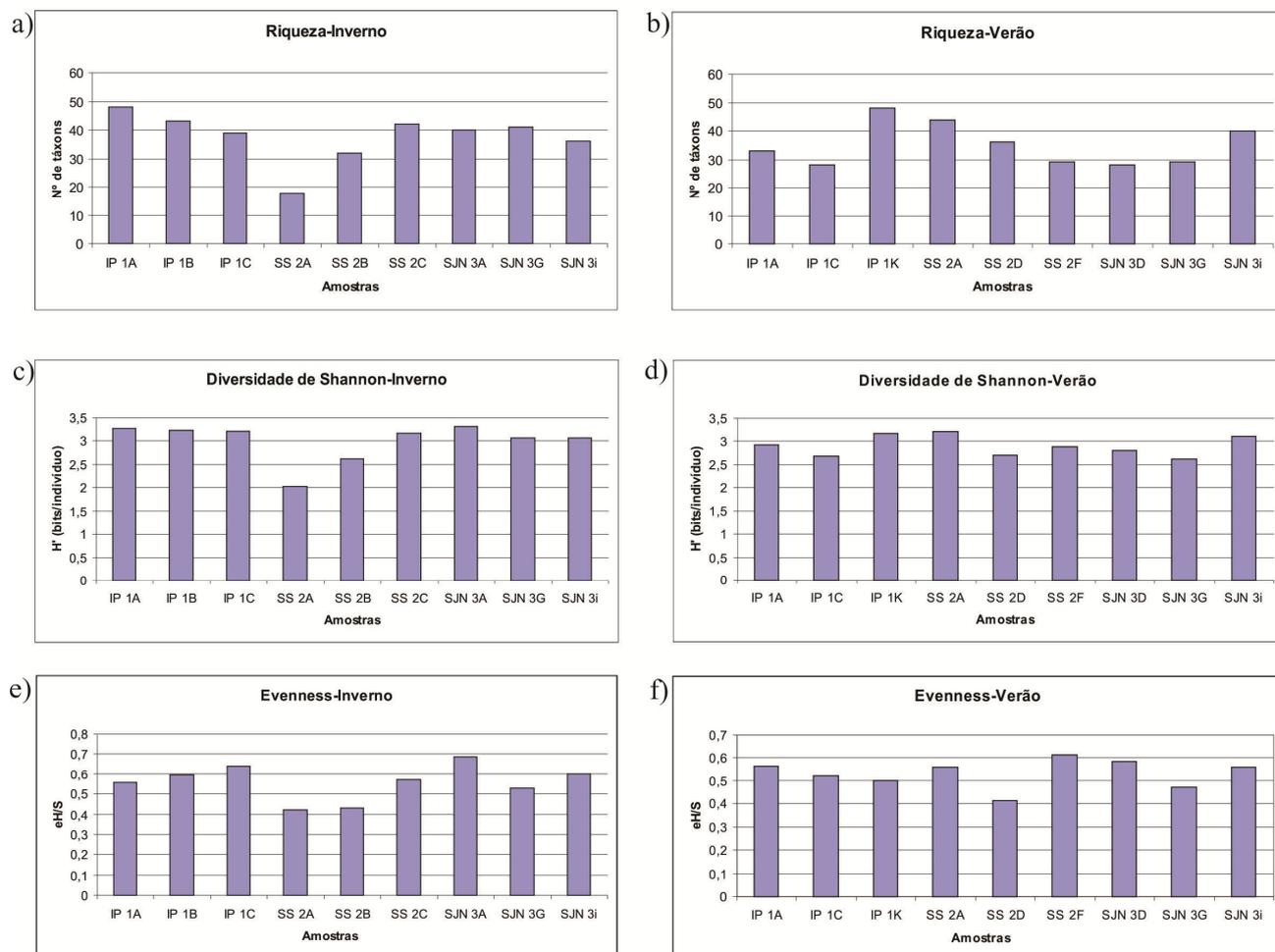
Atributos da comunidade

Com relação à riqueza de diatomáceas, no inverno este atributo variou entre o máximo de 48 táxons na Ilha da Pólvora (IP A) e o mínimo de 18 táxons no Saco do Silveira (SS A) (Fig. 9a). No período de verão, a riqueza variou entre o máximo 48 táxons na Ilha da Pólvora (IP K) e o mínimo de 28 táxons na Ilha da Pólvora (IP C) e São José do Norte (SJN D) (Fig. 9b). Em geral, as maiores riquezas foram registradas no inverno (setembro/2010). Contudo, os valores encontrados não apresentaram diferenças significativas entre as amostragens realizadas no inverno e verão, tampouco entre os sítios amostrados, em cada um dos períodos ($p > 0,05$) (Figs. 10a–c).

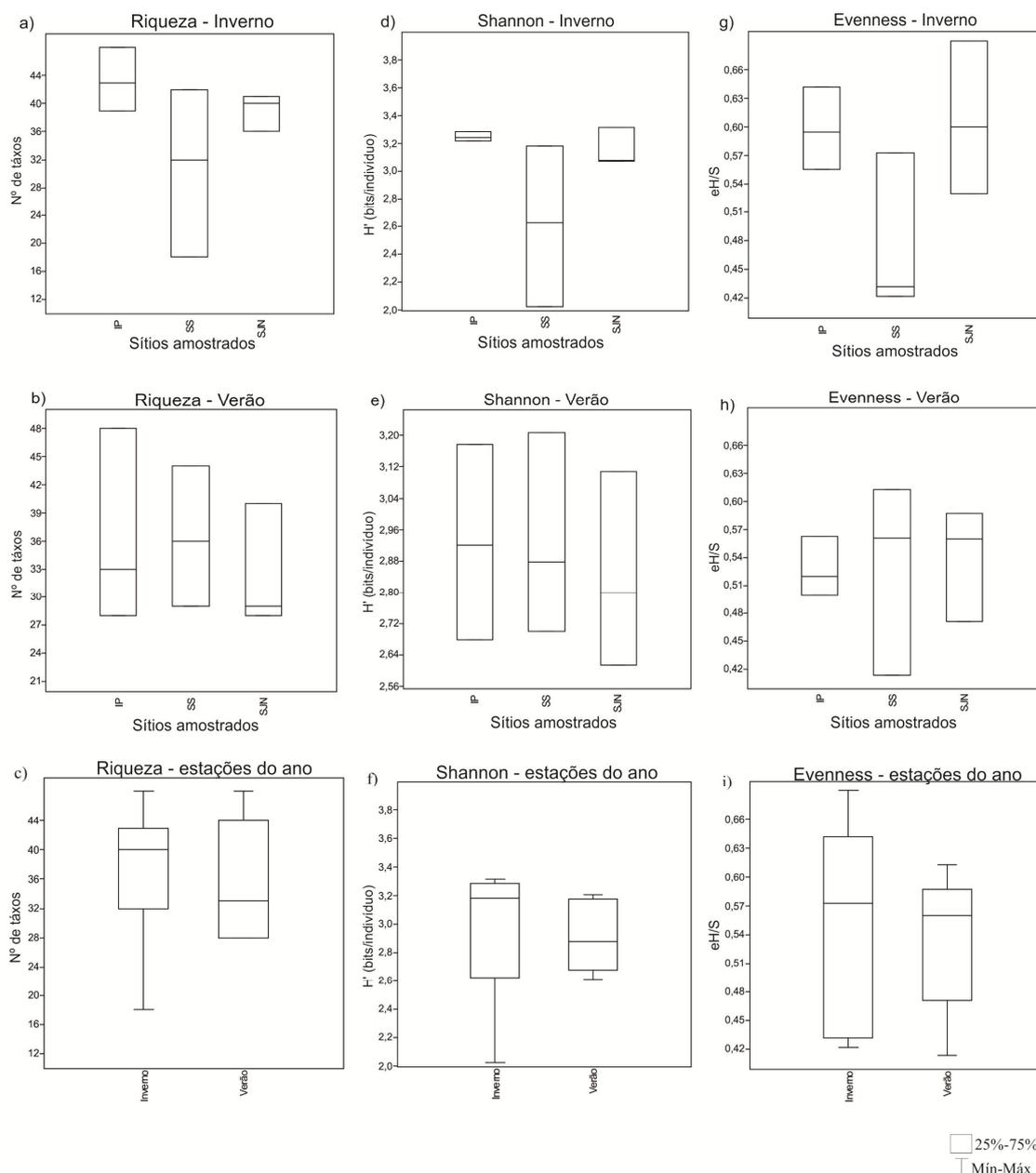
A diversidade específica variou entre 2,02 bits/ind. no Saco do Silveira (SS A) e 3,31 bits/ind. em São José do Norte (SJN A) no inverno (Fig. 9c). No período de verão ocorreu o inverso, o valor mínimo registrado foi de 2,61 bits/ind. em São José do Norte (SJN G) e o máximo foi 3,20 bits/ind. no Saco do Silveira (SS A) (Fig. 9d). As amostragens realizadas no inverno apresentaram os maiores índices médios de Shannon (Fig. 9c). Porém, não houve diferença significativa para esse índice entre os sítios amostrais, bem como entre inverno e verão ($p > 0,05$) (Figs. 10d–f).

Os dados de equitabilidade (*Evenness*) também não diferiram significativamente entre as estações do ano e sítios amostrais. No inverno, o valor mínimo foi 0,42 no Saco do Silveira (SS A) e o valor máximo foi 0,68 em São José do Norte (Fig. 9e). No verão, os valores mínimo (SS D 0,41) e máximo (SS F 0,61) foram encontrados no Saco do Silveira (Figs. 9f, 10g–i).

As figuras 10a–i apresentam as variações máxima, mínima e mediana dos atributos da comunidade nos sítios amostrais nos períodos de inverno e verão. A riqueza, diversidade e equitabilidade mostraram maior amplitude de variação no Saco do Silveira no inverno em relação ao verão. Esta maior amplitude pode ser explicada pela presença de táxons de água doce, oriundos da Lagoa dos Patos, tais como *Chamaepinnularia* sp., *Cocconeis placentula*, *Cylindrotheca* cf. *closterium*, *Diploneis pseudovalis*, *Navicula gregaria*, *Placoneis* cf. *abundans* (Anexos, Prancha I, fig. 28) e *Pinnularia* sp. 1, entre outras.



Figuras 9 a-f. Distribuição dos descritores da comunidade nos sítios. IP = Ilha da Pólvora, SS = Saco do Silveira e SJN = São José do Norte no inverno de 2010 e verão de 2011: **a, b.** riqueza; **c, d.** diversidade específica (diversidade de Shannon); **e, f.** equitabilidade (*Evenness*).



Figuras 10 a-i. Distribuição dos atributos da comunidade por sítio amostral e entre estações do ano. IP = Ilha da Pólvora, SS = Saco do Silveira e SJN = São José do Norte.

Sullivan (1975) registrou em cada ponto amostrado em marismas de Canary Creek maiores valores de riqueza (12–69 táxons em cada ponto) e diversidade (2,11–5,22 bits/ind) que os registrados nas marismas brasileiras (Figs 9c–d). Resultado semelhante foi observado por Sullivan (1977, 1978) em marismas de New Jersey e Mississippi. In New Jersey, além de maiores valores de riqueza (29–85 táxons) e diversidade (3,46–5,20 bits/ind), o *Evenness* também apresentou valores mais elevados (0,68–0,84).

Sullivan (1976), quando comparou a influência da luz e nutrientes na estrutura da comunidade de diatomáceas em três marismas norte americanas observou, além de

maiores valores de riqueza e diversidade que os encontrados nas marismas brasileiras, diferenças significativas entre estes atributos nos locais estudados. Fato que não ocorreu no presente estudo.

Os resultados observados para riqueza e diversidade nas marismas brasileiras aproximaram-se do observado por Sherrod (1999) em marismas de Washington (EUA) e por Underwood (1994) no estuário de Severn (Reino Unido). Em Washington a diversidade variou entre 0,18 e 2,52 bits/ind e em Severn entre 2,12 a 3,63 bits/ind, enquanto a riqueza em cada ponto, no último local variou entre 26 e 40 táxons. De acordo com os autores nenhum dos atributos apresentou diferenças significativas entre os locais estudados. Observa-se que a riqueza e diversidade são atributos que possuem padrões distintos para as regiões de marismas das Américas e Europa.

Condições ambientais

Os dados de temperatura da água/sedimento, pH e salinidade dos pontos amostrais no inverno de 2010 e verão de 2011 encontram-se na Tabela 4.

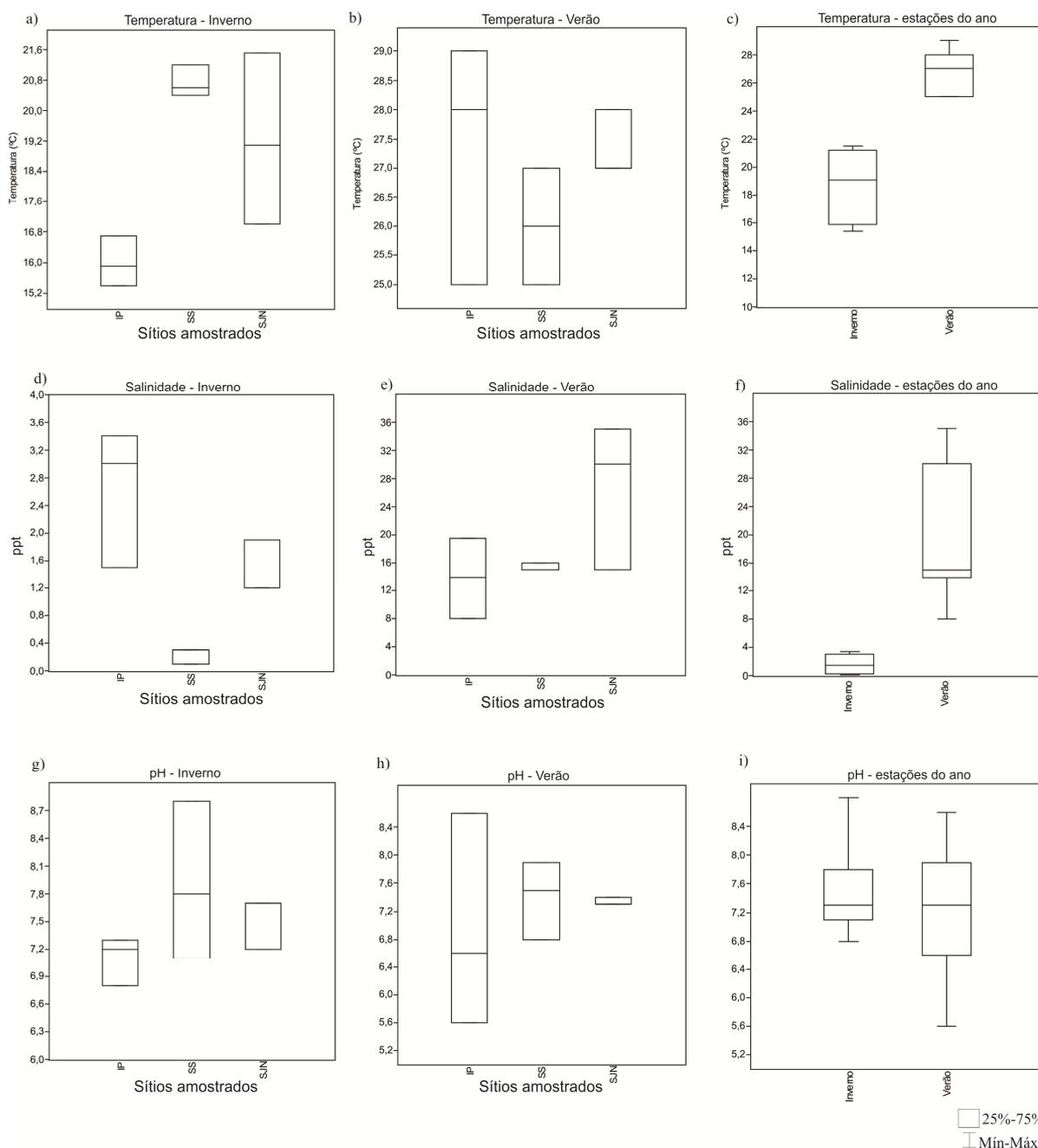
Tabela 4. Variáveis ambientais dos pontos amostrados no inverno (setembro/2010) e verão (fevereiro/2011).

| Pontos | Salinidade (ppt) | pH | Temp. água/sed. (°C) |
|----------------|---------------------|-----|-------------------------|
| Inverno | | | |
| IP A | 3,4 | 7,3 | 16,7 |
| IP B | 3,0 | 7,2 | 15,4 |
| IP C | 1,5 | 6,8 | 15,9 |
| SS A | 0,1 | 8,8 | 20,6 |
| SS B | 0,3 | 7,8 | 21,2 |
| SS C | 0,3 | 7,1 | 20,4 |
| SJN A | 1,2 | 7,2 | 17,0 |
| SJN G | 1,9 | 7,7 | 21,5 |
| SJN i | 1,9 | 7,7 | 19,1 |
| Verão | | | |
| IP A | 14,0 | 8,6 | 28 |
| IP C | 8,0 | 6,6 | 29 |
| IP K | 19,5 | 5,6 | 25 |
| SS A | 15,0 | 7,9 | 27 |
| SS D | 16,0 | 7,5 | 25 |
| SS F | 15,0 | 6,8 | 26 |
| SJN D | 35,0 | 7,3 | 27 |
| SJN G | 30,0 | 7,3 | 27 |
| SJN i | 15,0 | 7,4 | 28 |

A temperatura variou entre 15,4 e 21,5 °C no inverno e 25 e 29 °C no verão. As maiores temperaturas no inverno foram registradas no SS (20,4–21,2 °C) e as menores na IP (15,4–16,7 °C) (Fig. 11a). No verão as menores temperaturas foram encontradas no SS (25–27 °C) e as maiores na IP (28–29 °C) (Fig. 11b). Esta variável não apresentou médias significativamente diferentes entre os sítios amostrais, mas apresentou diferenças significativas entre as estações de inverno e verão (Fig. 11c).

A salinidade variou entre 0,1 e 3,4 ppt no inverno e 8 e 35 ppt, no verão. No inverno, a estação SS apresentou as menores salinidades (0,1–0,3 ppt), enquanto SJN as maiores (1,2–1,9 ppt) (Fig. 11d). No verão, os menores valores de salinidade foram registrados para a Ilha da Pólvora (8–19,5 ppt) e os maiores para São José do Norte (15–35 ppt) (Fig. 11e). Os menores valores de salinidade observados no inverno devem-se ao aumento da pluviosidade e maior aporte de águas continentais ocorridas nesta estação. A salinidade mostrou médias significativamente diferentes entre os sítios amostrais no inverno (Fig. 11d) e entre as estações do ano (Fig. 11f).

O pH variou entre 6,8 e 8,8 no inverno e entre 4,0 e 8,6 no verão. Os maiores valores de pH, no inverno e no verão foram registrados na estação Saco do Silveira e os menores na Ilha da Pólvora. O pH não apresentou diferença significativa entre os sítios amostrados, tampouco entre verão e inverno (Figs. g–i).



Figuras 11 a-i. Mediana, percentil 25%–75% e mínimo e máximo de cada variável ambiental por sitio amostral e entre inverno e verão. IP= Ilha da Pólvora, SS= Saco do Silveira e SJN= São José do Norte.

Quanto à pluviosidade, os dados históricos mostram que os meses que antecedem setembro (mês da amostragem no inverno) normalmente apresentam maiores índices de precipitação que os meses anteriores a fevereiro (mês de amostragem no verão) (Fig.12, Tab. 5). Esses dados corroboram com os gráficos de precipitação do ano de 2010 e 2011 (Fig. 12).

Tabela 5. Precipitação acumulada para a cidade de Rio Grande entre os anos de 1961 e 2010.

| Trimestre | Precipitação Acumulada no Período (mm)* | | |
|---------------|---|-------|---------------------------------|
| | Limite Inferior da Faixa Normal | Média | Limite Superior da Faixa Normal |
| jan-fev-mar | 249 | 329 | 340 |
| fev-mar-abr | 239 | 327 | 351 |
| mar-abr-mai | 247 | 306 | 331 |
| abr-mai-jun | 220 | 301 | 333 |
| mai-jun-jul | 283 | 333 | 386 |
| jun-jul-ago | 291 | 349 | 396 |
| ↓ jul-ago-set | 303 | 370 | 415 |
| ago-set-out | 268 | 334 | 374 |
| set-out-nov | 276 | 306 | 320 |
| out-nov-dez | 220 | 260 | 270 |
| ↓ nov-dez-jan | 218 | 268 | 290 |
| dez-jan-fev | 227 | 299 | 315 |

*Fonte: INMET, dados de 1961 a 2010.

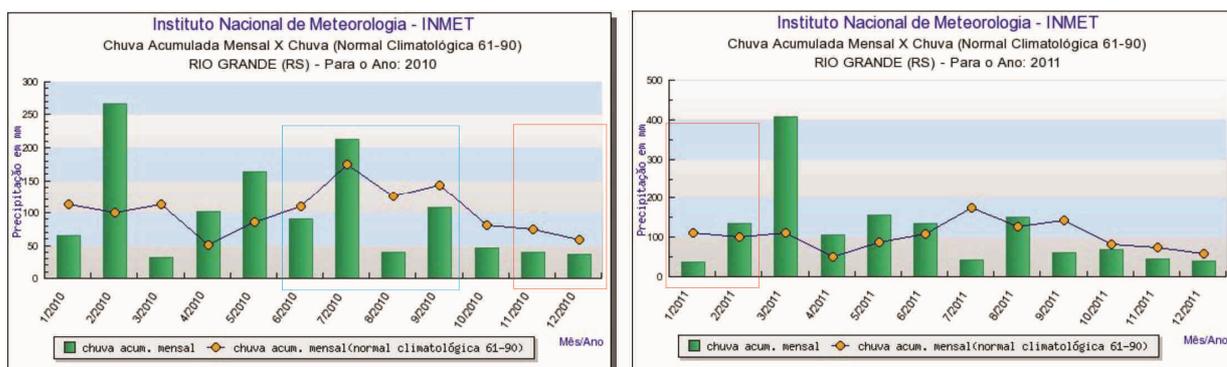


Figura 12. Dados pluviométricos (mm) fornecidos pelo INMET para a cidade de Rio Grande-RS nos anos de 2010 e 2011.

Tabela 6. Velocidade e direção do vento nos meses amostrados (setembro/2010 e fevereiro/2011) e nos meses precedentes. Fonte: INMET.

| | T. média do ar (°C) | Vel. do vento (m/s) | Direção predominante |
|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Agosto/201 | 13,1 | 2,2 | Sudoeste |
| Setembro/2010 | 15,8 | 3,0 | Nordeste |
| Janeiro/2011 | 25,0 | 3,7 | Leste |
| Fevereiro/2011 | 23,9 | 4,0 | Sudeste |

A direção predominante do vento no inverno (setembro/2010) foi Nordeste e no verão (fevereiro/2011) foi Sudeste. A altura da água no estuário variou de 25 a 80 cm no inverno e entre 10 e 60 cm no verão (Fig. 13). O vento é um dos principais fatores de

influência na região, pois pode condicionar regimes de vazante, o qual desloca as águas continentais em direção ao oceano e regime de enchente, quando há entrada das águas costeiras no interior do estuário e da Lagoa dos Patos (Niencheski et al. 1988).

O vento Nordeste associado à maior pluviosidade no inverno promoveu a maior vazão dos rios tributários na Lagoa do Patos e conseqüentemente aumento do nível de água doce no estuário, fato que pode ser observado na figura 13 pelos valores mais baixos de salinidade. No verão, o vento Sudeste associado ao menor índice de precipitação promoveu a entrada da água do oceano no estuário e os maiores valores de salinidade (Fig. 13).

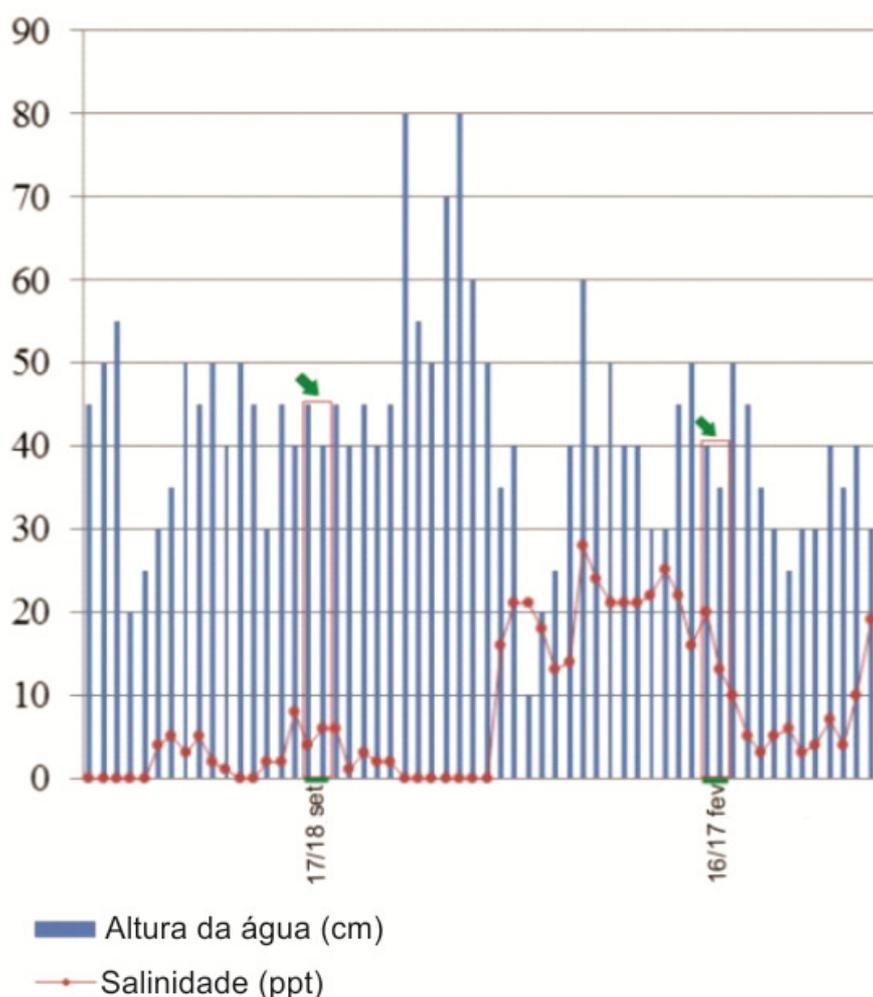


Figura 13. Dados diários da altura e salinidade da água no estuário da Lagoa do Patos nos meses de setembro/2010 (inverno) e fevereiro/2011 (verão). Setas indicam os dias da amostragem no inverno e verão. Fonte: Peld site 8.

Relação da comunidade de diatomáceas bentônicas com as variáveis ambientais

A análise de Beta-diversidade Whittaker mostrou uma considerável variância entre as amostras (3,73). De acordo com isso a ACC (método unimodal) é aconselhada. O primeiro e segundo eixos desta ACC apresentaram uma explicação de 100% (Fig. 14). O teste de permutação foi significativo para ambos os eixos 1 ($p=0,04$) e 2 ($p=0,02$).

Na Análise de Correspondência Canônica, o primeiro eixo apresentou relação negativa com a temperatura e salinidade, enquanto o segundo eixo apresentou relação positiva com tais variáveis (Fig. 14). De acordo com os escores de cada eixo, foi determinado o grupo de espécies que refletiram essa ordenação. Esses dados podem ser visualizados na Análise de Sieriação (Tab. 7).

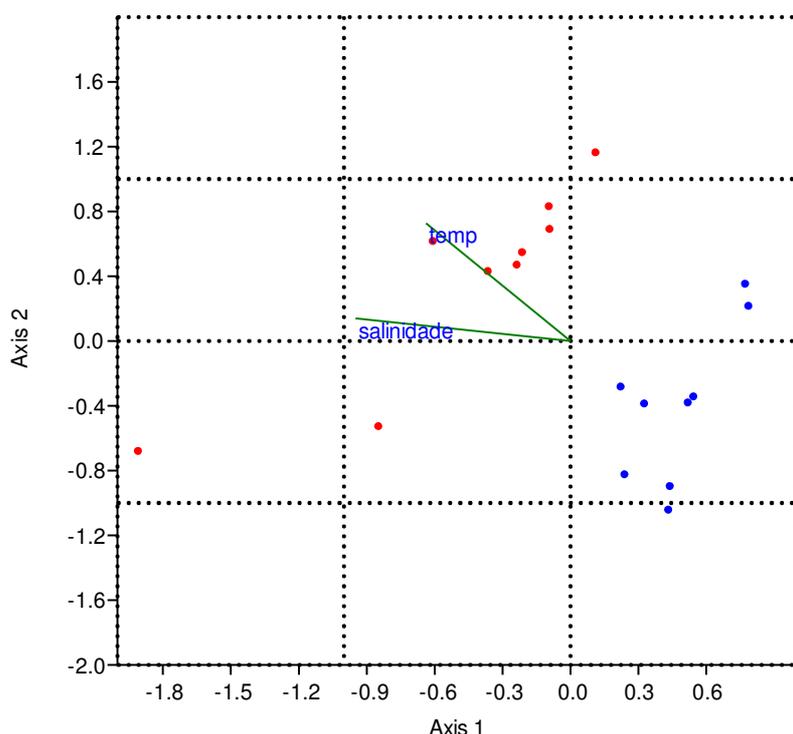


Figura 14. Diagrama de ordenação da Análise de Componentes Principais (ACC) para a abundância relativa nos três sítios amostrados em escala sazonal (inverno e verão). Pontos vermelhos= dados relativos aos pontos amostrais no verão. Pontos azuis= dados relativos aos pontos amostrais no inverno.

A distribuição dos táxons de acordo com a Análise de Sieriação apresentou espécies com ocorrência restrita ao inverno e restrita ao verão, além daquelas que estiveram presentes em todo o período de amostragem. O teste de permutação de Monte

Carlo indicou que esta distribuição foi significativa ($p= 6,60E-11$), com baixo erro padrão (0,01).

A análise de agrupamento (Fig. 15) também mostrou diferença nas associações dos táxons entre inverno e verão, com pontos dos sítios IP e SS unidos no verão (Grupo 2) e pontos dos três sítios unidos no inverno (Grupo 1). Agrupamentos menores mantiveram-se com 0,5 de similaridade.

O grupo formado pelos pontos SJN DV e SJN GV esteve separado dos demais devido principalmente a presença de *Nitzschia* sp. 14 e *Nitzschia* aff. *pusilla* Grunow que foram exclusiva e/ou abundante nestes locais (Fig. 15, Tab. 3).

O ponto SJN iV da estação de verão ficou agrupado com os pontos de inverno (Grupo 1, Fig. 15) devido a semelhança nos valores de abundância de *Navicula valeriana* (Anexos, Prancha I e II, Figs. 23–27, 40–43) e do complexo “*Navicula cruxmeridionalis*”. Por outro lado, o ponto SS CI da estação de inverno ficou unido com o grupo dos pontos do verão (Grupo 2, Fig. 15) devido a semelhança na abundância de *Plagiogramma tenuissimum* e dos táxons do complexo “*Fragilaria* cf. *amicorum*” (Tab. 3).

O grupo formado pelo ponto SS AI foi isolado dos outros grupos principalmente pela ocorrência em alta abundância de *Hippodonta* cf. *hungarica* (35,3%) e *Navicula* sp. 8 (28,4%).

Hippodonta hungarica foi indicada por Trobajo-Pujadas (2007) como uma espécie indicadora de aporte de água doce em marismas do nordeste da Espanha, resultado semelhante foi observado nas marismas brasileiras. O táxon ocorreu com maior abundância no inverno, em salinidade de 0,1 ppt (SS AI). No verão, e em salinidades maiores (15–16 ppt) no mesmo sítio (SS), a espécie também foi registrada, no entanto em menor abundância relativa (0,49–3,20%). Esses dados sugerem que embora a espécie suporte amplas variações de salinidade, o seu desenvolvimento é otimizado em águas oligohalinas.

Underwood (1994), utilizando também o “Trapping method” para estudar as diatomáceas epipéllicas estuarinas, observou variação sazonal em seus resultados. O

referido autor encontrou espécies que ocorreram e/ou aumentaram a abundância relativa no verão (ex. *Cylindrotheca signata* Reimann & J.C.Lewin, *Entomoneis paludosa* (W.Smith) Reimer e *Nitzschia epithemioides* Grunow) e outras, no inverno (*Raphoneis minutíssima* Hustedt, *Cymatosira belgica* Grunow e *Coscinodiscus* sp. 1).

Nas marismas brasileiras também foram observadas espécies que ocorreram somente no inverno e outras somente no verão (ver Análise de Sieriação, Tab. 7). Espécies em comum entre o estudo de Underwood (1994) e o presente foram: *Navicula gregaria*, *Nitzschia frustulum*, *N. sigma* e *Tryblionella apiculata*.

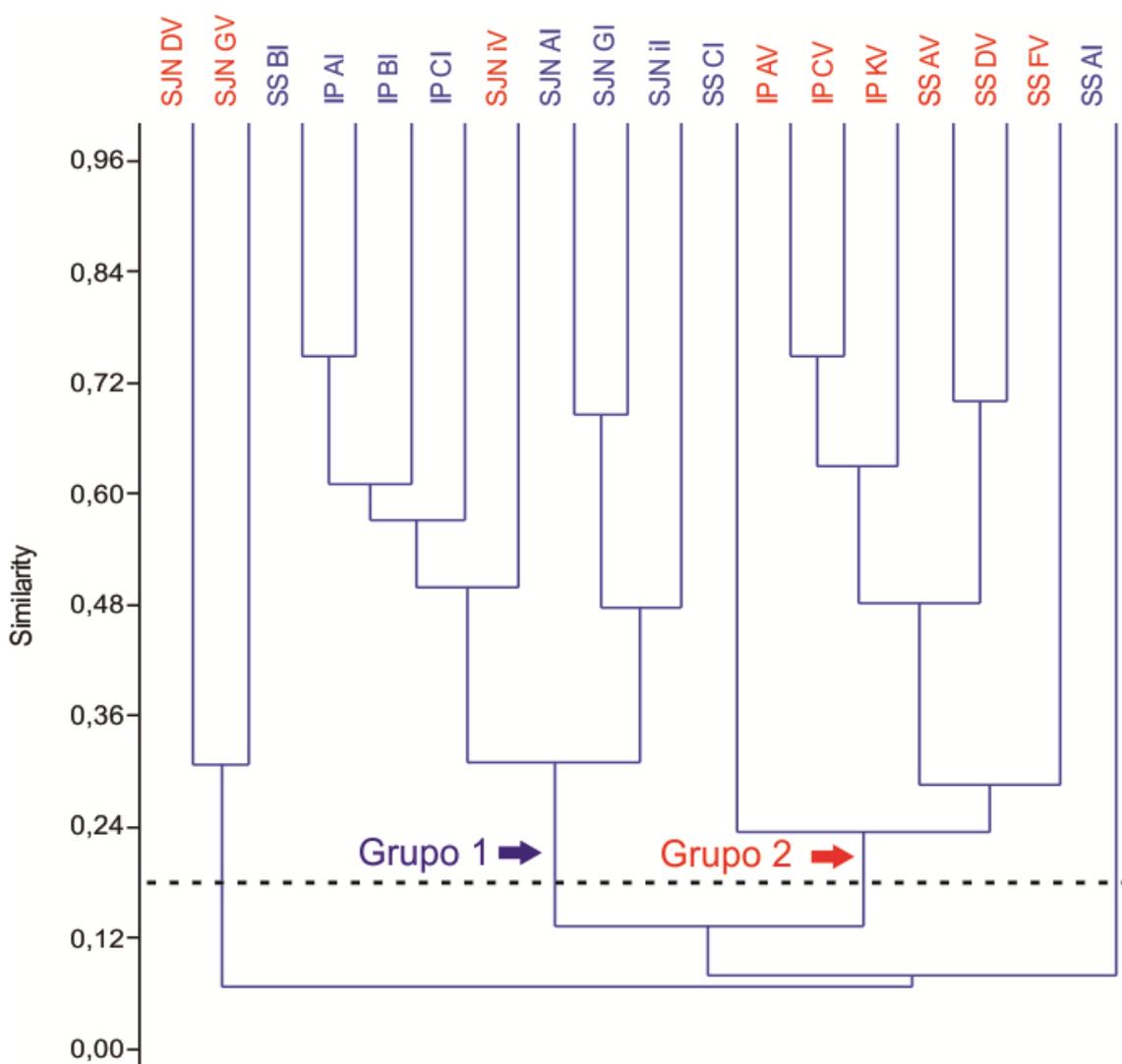


Figura 15. Análise de agrupamento dos pontos amostrais em função da abundância relativa dos táxons. Pontos em azul e com a letra “I” no final das siglas se referem ao inverno e em vermelho com a letra “V” ao verão. Coeficiente de correlação cofenético= 0,87.

O sedimento da Ilha da Pólvora e Saco do Silveira, nos três pontos amostrados, foi composto principalmente por areia (IP AI = 70%; IP BI = 91%; IP CI = 67%; SS AI = 100%; SS BI = 71% e SS CI = 58%). Diferentemente, no sedimento de São José do Norte onde houve a predominância de silte (SJM AI = 59%; SJM GV = 66%), exceto no ponto SJM iI que também predominou areia (55%) (Fig. 16).

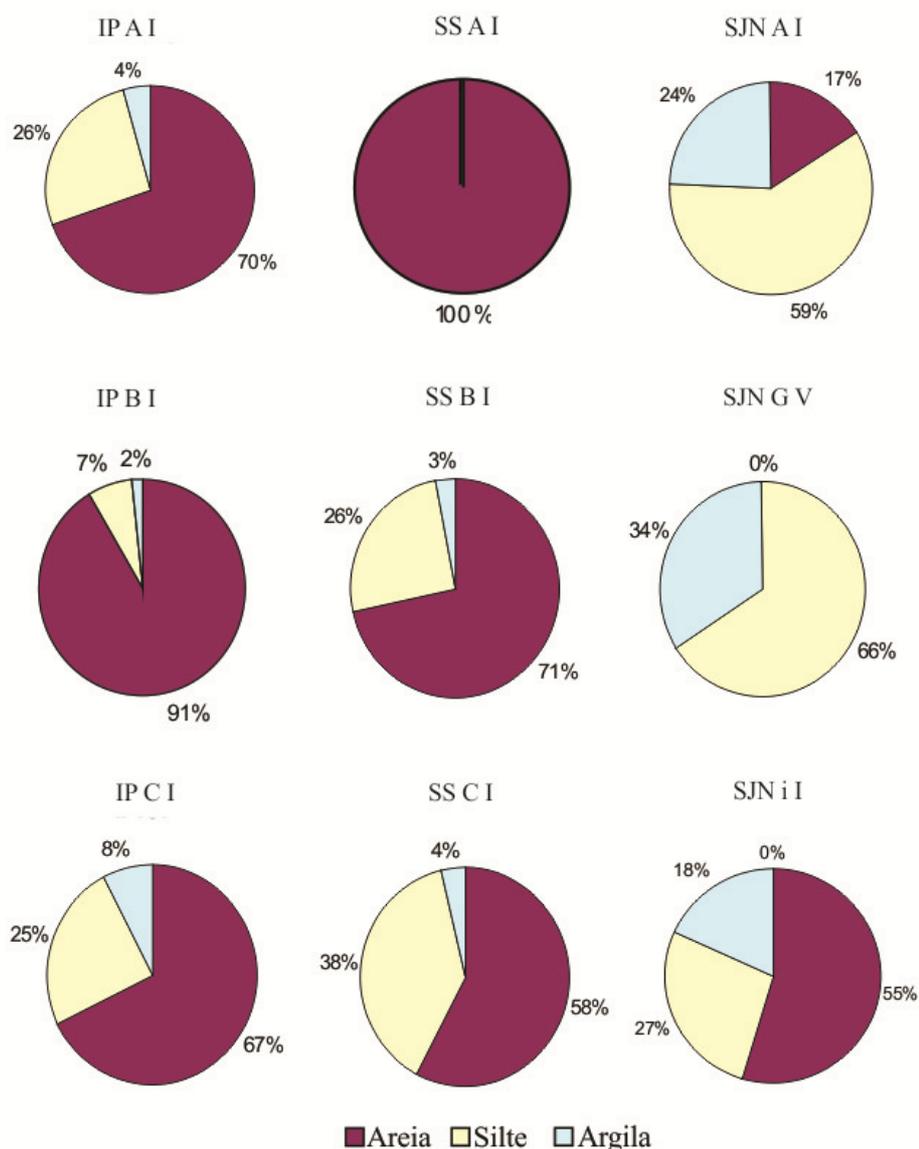


Figura 16. Granulometria do sedimento dos sítios Ilha da Pólvora (IP), Saco do Silveira (SS) e São José do Norte (SJM) no inverno de 2010 (I) e verão de 2011 (V).

A granulometria do sedimento teve relação com a composição, frequência e abundância das espécies da comunidade. Na Ilha da Pólvora os táxons constantes foram

principalmente representantes do gênero *Navicula* (*Navicula willisiae*, complexo “*Navicula cruxmeridionalis*”, *Navicula erifuga*, *N. jacobii*, *N. valeriana*, *Navicula* cf. *cryptotenelloides*, *Navicula* cf. *phylleptosomaformis* e *Navicula* sp. 14) e *Nitzschia* (*N. lorenziana*, *Nitzschia* cf. *frustulum*, *Nitzschia* cf. *solita* e *Nitzschia* sp. 5).

Em São José do Norte, *Nitzschia* também foi constante (*Nitzschia* cf. *solita* e *Nitzschia* sp. 4) juntamente com *Pseudostaurosiropsis geocollegarum*, além de *Tryblionella granulata* e *Luticula* sp.. No entanto, nesta estação foram representativos também táxons monorrafídeos (*Planothidium frequentissimum* (100%), *Cocconeis* sp. 2 e *Cocconeis placentula*, com 66% de ocorrência).

Em um ponto do Saco do Silveira (SS AI), que apresentou somente areia na composição do sedimento e em outro em São José do Norte (SJN GV), que apresentou somente silte e argila foram os que mostraram maior diferença na composição da comunidade e abundância de táxons quando comparados com os outros pontos que foram compostos pelos três tipos de granulação do sedimento (areia, silte e argila).

O sedimento composto por silte e argila apresentou maior número de táxons pertencentes à *Nitzschia* (9), *Navicula* (7) e *Tryblionella* (2), diferente do sedimento composto somente por areia que teve *Navicula* (4) como gênero predominante, seguido de *Planothidium*, *Nitzschia* e táxons arrafídeos, com dois representantes cada. No ponto SS AI ocorreram com alta abundância relativa *Hippodonta* cf. *hungarica* (35,29%) e *Navicula* sp. 8 (28,43%), enquanto no SJN GV, os táxons mais abundantes foram *Nitzschia scalpelliformis* (12,41%), *Nitzschia* sp. 16 (11,76%) e *Nitzschia* sp. 15 (28,75%).

O diagrama de escalonamento (NMDS, dissimilaridade de Bray Curtis, grau de $stress = 0.12$) gerado de acordo com as diferenças de composição e abundância dos táxons mostra estes dois pontos afastados dos demais e também distantes um do outro (Fig. 17). Além disso, ilustra que os pontos das estações Ilha da Pólvora (Fig. 17, grupo I) e São José do Norte (Fig. 17, grupo II) apresentaram menor diferença em composição e abundância de táxons que os pontos do Saco do Silveira.

Catenula adhaerens, *Navicula erifuga*, *Fallacia pygmaea*, *Plagiogramma tenuissemum*, *Placoneis* cf. *abundans* e *Diploneis* sp. 2 são exemplos de táxons que influenciaram nestas diferenças. Os dois primeiros táxons foram constantes e apresentaram maiores valores de abundância relativa na Ilha da Pólvora e em São José do Norte, enquanto os outros quatro ocorreram exclusivamente e/ou com valores maiores de abundância na estação Saco do Silveira. *Placoneis* cf. *abundans* foi registrada somente no ponto SS AI com 2,94% de abundância relativa. *Plagiogramma tenuissemum* ocorreu em maior abundância relativa (13,90%) no ponto SS CI que nos demais e foi, provavelmente a espécie que influenciou a localização deste ponto próximo ao vetor de areia no diagrama de escalonamento (Fig. 17). Este táxon está relacionado com sedimento arenoso (epipsâmico), porque utiliza os grãos de areia para aderir-se e formar cadeias (Mélédér et al. 2007).

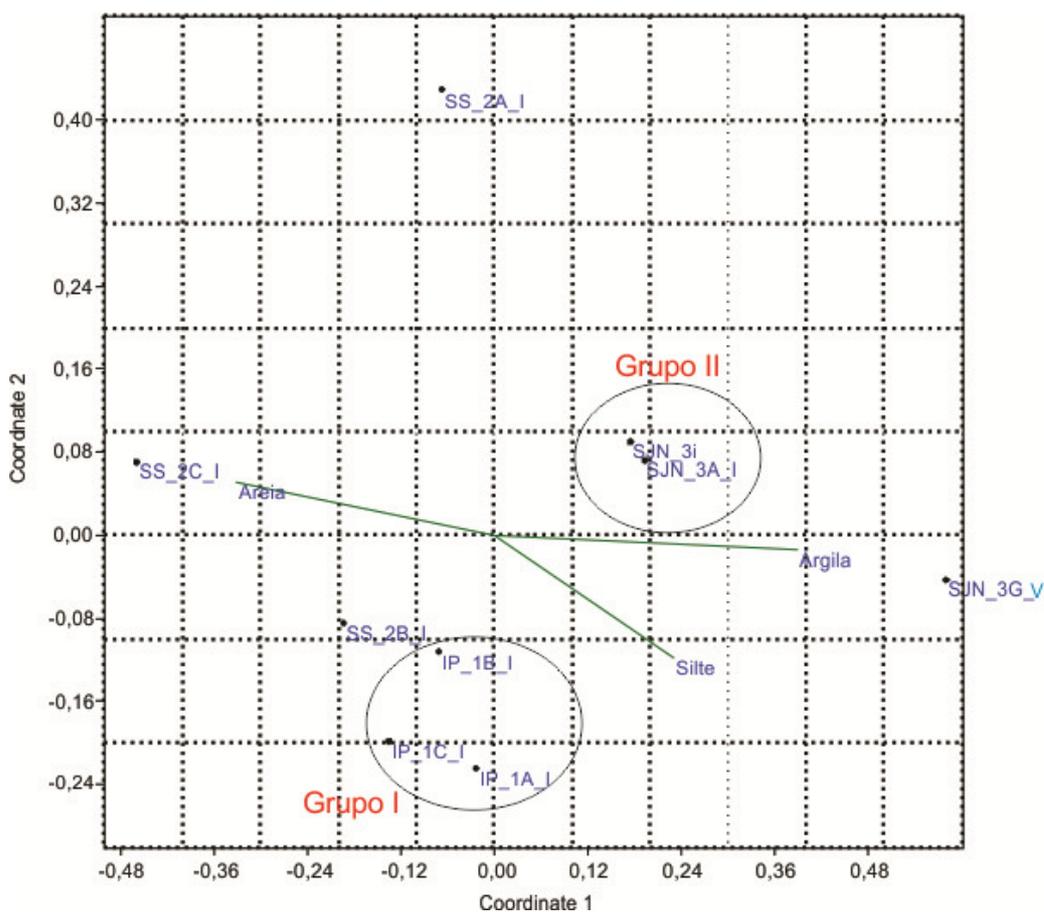


Figura 17. Análise de ordenação (NMDS) das amostras de acordo com a diferença de composição de espécies entre os pontos.

Zong & Horton (1998) também observaram variação da composição de diatomáceas associadas ao tipo de sedimento em marismas da Grã-Bretanha. Neste, os autores observaram a formação de dois grandes grupos principais, um formado por espécies relacionadas com areia (ex. *Cocconeis peltoides* Hustedt, *Plagiogramma vanheurckii* Grunow, *Delphineis surirella* e *Opephora marina* (Gregory) Petit) e outro com espécies relacionadas com silte e argila (ex. *Diploneis didyma* (Ehrenberg) Eherenberg, *Nitzschia sigma* e *Nitzschia obtusa* W. Smith).

Conclusão

A composição florística da comunidade de diatomáceas das marismas no sul do Brasil apresentou-se rica em espécies, sendo composta predominantemente por formas birrafídeas.

Dentre os atributos da comunidade analisados (composição, riqueza, abundância, diversidade específica e equitabilidade) somente a composição e abundância relativa das diatomáceas responderam às variações das condições ambientais, ocorridas no inverno e verão, governadas pelos principais fatores de influência (vento, pluviosidade e aporte de águas continentais).

No inverno, a alta pluviosidade manteve as marismas com águas oligohalinas, enquanto no verão, a estiagem associada à ação do vento Sudeste promoveu a entrada de águas do oceano, modificando a salinidade das águas para meso-euhalinas com influências sobre a composição das diatomáceas.

A variação espacial da comunidade esteve associada à granulometria do sedimento, onde locais predominantemente arenosos apresentaram composição e abundância distintas de locais com silte e argila.

A valiosa resposta da composição da comunidade de diatomáceas às variáveis ambientais vem reforçar a importância da Taxonomia e da identificação cuidadosa e precisa dos organismos para obtermos resultados que possibilitem comparações entre as comunidades e entendimento de suas relações ecológicas.

Referências

- Adam, P. (2002). Saltmarshes in a time of change. *Environmental Conservation* 29(1): 39–61.
- Anonymous (1959). Venice system, 1959. Final resolution of the symposium on the classification of brackish waters. *Archivio di Oceanografia e Limnologia* 11: 243–248.
- Battarbee, R. W. (1986). *Diatom analysis*. In: Berglund B.E. (ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Toronto, John Wiley and Sons. 527–570 p.
- Brotas, V., Mendes, C. R. & Cartaxana, P. (2007). Microphytobenthic biomass assessment by pigment analysis: comparison of spectrophotometry and High Performance Liquid Chromatography methods. *Hydrobiologia* 587: 19–24.
- Burger, M. I. & Ramos, R. A. (2007). Áreas importantes para conservação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: Becker F.G., Ramos, R.A. & Moura, L. A. (Org.). Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: MMA/SBF. pp. 46–56.
- Calliari, L. J. (1998). O ambiente e a biota do Estuário da Lagoa dos Patos: Características geológicas. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P. (Eds.). Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Editora Ecoscientia, Rio Grande, pp. 13–18.
- Cleve-Euler, A. (1953). Die Diatomeen von Schweden und Finland. *K.Svensk. Vet. Akad. Handl.* Stockholm 2 (1): 1–255.
- Costa, C. S. & Marangoni, J. C. (2000). Impacto ambiental do asfaltamento da BR 101 sobre as marismas de São José do Norte (RS, Brasil): estado atual e efeitos potenciais. In: Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação, 5, Vitória. Anais... Vitória: ACIESP, 2000. v. 1: 268–291.
- Costa, C. S. B. (1998a). Plantas de marismas e terras alagáveis. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P. (Eds.). Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Editora Ecoscientia, Rio Grande, pp. 25–29.
- Costa, C. S. B. (1998b). Marismas irregularmente alagadas. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P. (Eds.). Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Editora Ecoscientia, Rio Grande, pp. 82–87.
- Drum, R. W. & Webber, E. (1966). Diatoms from a Massachusetts salt marsh. *Botanica Marina* 9: 70–77.
- Eaton, J. W. & Moss, B. (1966). The estimation of numbers and pigment content in epipellic algal populations. *Limnology and Oceanography* 11: 584–595.

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp.
- Hay, S. I., Maitland, T. C., Paterson, D. M. (1993). The speed of diatom migration through natural and artificial substrata. *Diatom Research* 8 (2): 371-384.
- Hendey, N. I. (1964). *An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters*, Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fishery Investigations Series IV. 317 pp.
- Hustedt, F. (1927–1966). *Die Kieselalgen*. In: Rabenhorst, L. (Ed.) Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, London: Johnson Reprint Corp. 3 vols.
- Hustedt, F. (1930). *Die Süsswasser Flora Mitteleuropas. Bacillariophyta (Diatomeae)*. Verlag Fisher. 466 pp.
- Hustedt, F. (1985). *The Pennate Diatoms*. A translation of Hustedt's "Die Kieselalgen, 2. Teil" with supplement by Norman G. Jensen. Koeltz Scientific Books Koenigstein. 918 pp.
- Hustedt, F. (1955). *Marine Littoral Diatoms of Beaufort, North Carolina*. Duke University Press. 67 pp.
- Klein, A. H. F. (1998). Clima Regional. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P. (Eds.). Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Editora Ecoscientia, Rio Grande, pp. 5–7.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986). Bacillariophyceae: Naviculaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer), Vol. 2/1. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 876 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer), Vol. 2/2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 596 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991). Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa (Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer), Vol. 2/3. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 576 pp.
- Kromkamp, J. C., Brouwer, J. F. C., Blanchard, G. F., Forster, R. M. & Créach, V. (2006). *Functioning of microphytobenthos in estuaries*. Amsterdam, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. 273 pp.
- Laird, K. & Edgar, R. K. (1992). Spatial distribution of diatoms in the superficial sediments of a New England salt marsh. *Diatom Research* 7 (2): 267–279.

Laudares-Silva, R. & Cimardi, J. M. (1989). Nota sobre a utilização do “Trapping Method” no estudo das diatomáceas epipélicas do manguezal de Ratoles, Florianópolis – SC. *Ínsula* 19: 299–304.

Legendre, P. & Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology*, 2nd English. Elsevier, 853 pp.

Lobo, E. A. & Leighton, G. (1986). Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina* 22: 1–29.

Marangoni, J. C. & Costa, C. S. (2009). Natural and anthropogenic effects on salt marsh over five decades in the Patos lagoon (southern Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography* 57(4): 345–350.

Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. (2005). Diatoms of Uruguay. *Iconographia Diatomologica* 15: 1–736.

Méléder, V., Rincé, Y., Barillé, L., Gaudin, P. & Rosa, P. (2007). Spatiotemporal changes in microphytobenthos assemblages in a macrotidal flat (Bourgneuf Bay, France). *Journal of Phycology* 43: 177–190.

Möller, O. & Fernandes, E. (2010). Hidrologia e hidrodinâmica. In: Seeliger, U. & Odebrecht (Eds.). *O estuário da Lagoa dos Patos*. Rio Grande, Editora da FURG. 17–27 p.

Navarro, J. N. (1981). The marine diatoms of Puerto Rico. *Botanica Marina* 24: 427–439.

Navarro, J. N. (1982). *Marine Diatoms associated with mangrove prop roots in the Indian River, Florida, U. S. A.*. Bibliotheca Phycologica 61: 1–151.

Niencheski, L. F., Möller, O. O., Odebrecht, C., Fillmann, G. (1988). Distribuição espacial de alguns parâmetros físicos e químicos na Lagoa dos Patos- Porto Alegre a Rio Grande, RS (verão de 1989). *Acta Limnologica Brasiliensia* 2: 79–97.

Pappas, J. L. & Stoermer, E. F. (1996). Quantitative method for determining a representative algal sample count. *Journal of Phycology* 32: 693–696.

Patrick, R. & Reimer, C. W. (1966). *The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii*. v. 1. Monographs of the Academy of Natural Science of Philadelphia. 688 pp.

Peragallo, H. & Peragallo, M. (1897–1908). *Diatomées Marines de France et des districts maritimes voisins*. Grez-sur Loing (S. et M.), J. Tempère, vol 1 e 2. 491 pp.

Rosa, V. C. & Garcia, M. (2013). Diatomáceas (Bacillariophyta) epífitas em *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae) no Arroio Pseudônimo, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Sitientibus*, série Ciências Biológicas 13: 1–30

- Round, F. E. (1960). The diatom flora of a salt marsh on the River Dee. *New Phytologist* 59: 332–348.
- Round, F. E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990). *The diatoms: Biology & Morphology of the Genera*. New York: Cambridge University Press. 747 p.
- Schmidt, A. (1874–1959). *Atlas der Diatomaceenkunde*. O. R. Reisland. Leipzig. 480 pp.
- Seeliger, U. & Costa, C. S. B. (1998). Impactos naturais e humanos. *In*: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P. (Eds.). Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. Editora Ecoscientia, Rio Grande, pp. 219–226.
- Seeliger, U. & Costa, C. S. B. (1998). Impactos naturais e humanos. *In*: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J.P. (Eds.). Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. Rio Grande, Editora Ecoscientia. 219–226.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Shepard, F. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology* 24: 151–158.
- Sherrod, B. L. (1999). Gradient analysis of diatom assemblages in a Puget Sound salt marsh: can such assemblages be used for quantitative paleoecological reconstructions? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 149: 213–226.
- Silva, J. G. Da, Torgan, L. C. & Cardoso, L. S. (2010). Diatomáceas (Bacillariophyceae) em marismas no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 24 (4): 935–947.
- Sullivan, M. J. (1975). Diatom communities from a Delaware salt marsh. *Journal of Phycology* 11: 384–390.
- Sullivan, M. J. (1976). Long-term effects of manipulating light intensity and nutrient enrichment on the structure of salt marsh diatom community. *Journal of Phycology* 12: 205–210.
- Sullivan, M. J. (1977). Edaphic diatom communities associated with *Spartina alterniflora* and *S. patens* in New Jersey. *Hydrobiologia* 52: 207–211.
- Sullivan, M. J. (1978). Diatom community structure: taxonomic and statistical analyses of a Mississippi salt marsh. *Journal of Phycology* 14: 468–475.
- Trobajo-Pujadas, R. (2007). Ecological analysis of periphytic diatoms in Mediterranean coastal wetlands (Empordà wetlands, NE Spain). Witkowski, A. (Eds.). *Diatom Monographs*. A. R. G. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft, Koeltz Scientific Books. 210 p.

Underwood, G. & Paterson, D. M. (2003). The importance of extracellular carbohydrate production by marine epipellic diatoms. *Advances in Botanical Research* 40: 183–240.

Underwood, G. (1994). Seasonal and spatial variation in epipellic diatom assemblages in the severn estuary. *Diatom Research* 9 (2): 451–472.

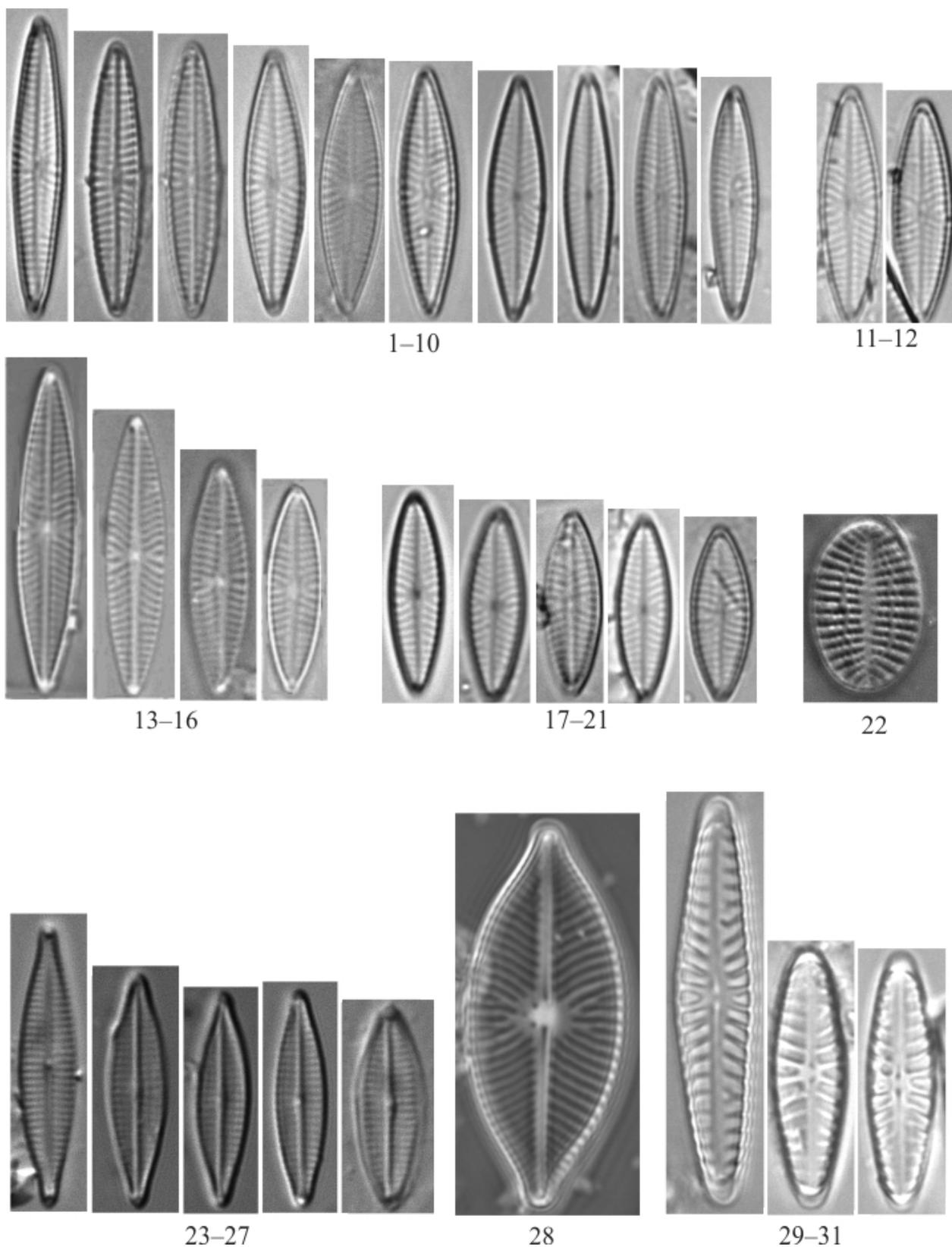
Vettorato, B., Laudares-Silva, R., Talgatti, D. & Menezes, M. (2010). Evaluation of the sampling methods applied to phycoperiphyton studies in the Ratonas River estuary, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22 (3): 257–266.

Witkowski, A., Brehm, U., Palińska, K.A., & Rhiel, E. (2012). Swarm-like migratory behaviour in the laboratory of a pinnate diatom isolated from North Sea sediments. *Diatom Research* 27 (2): 95–100.

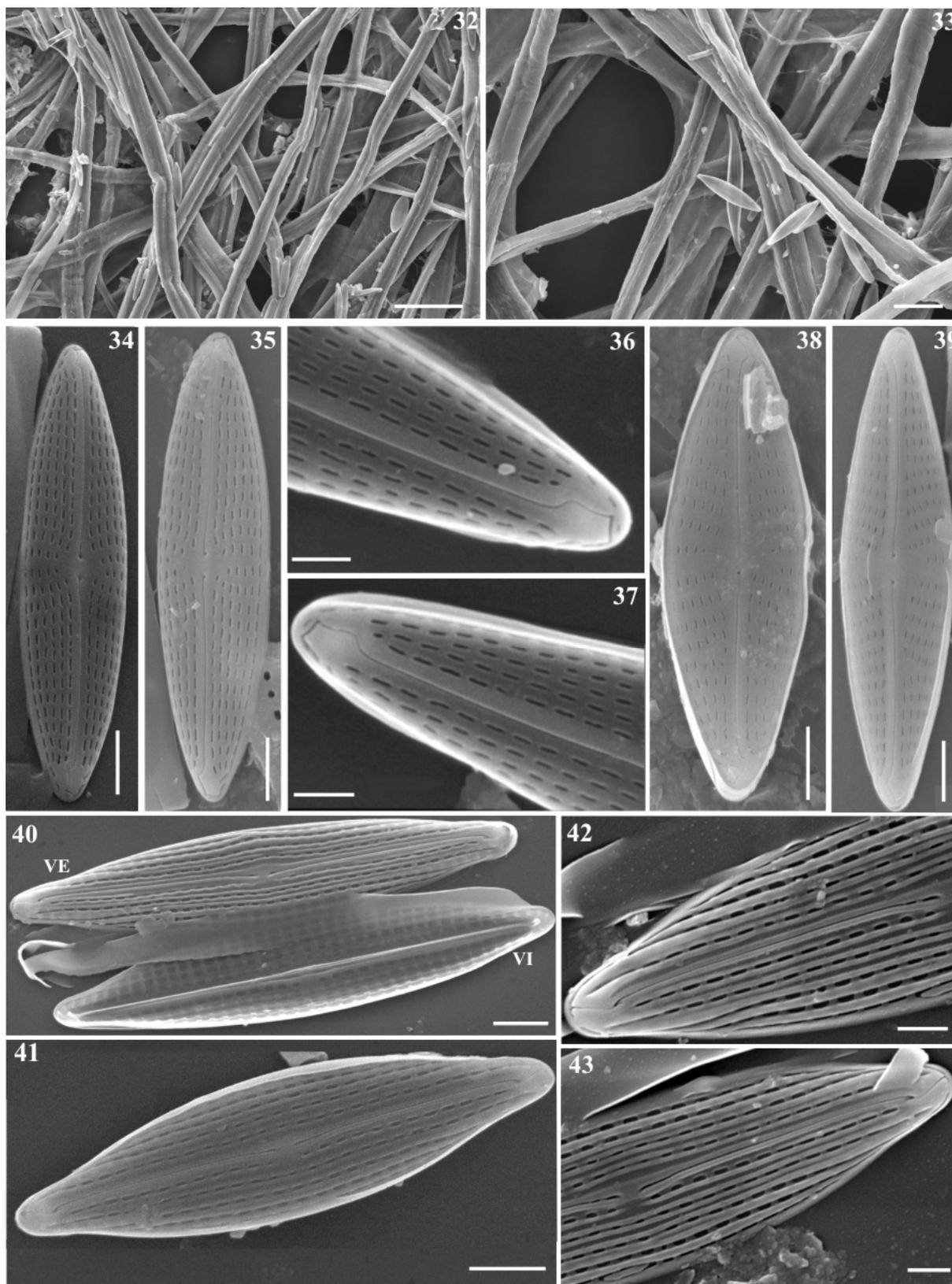
Zong, Y. & Horton, B. P. (1998). Diatom zones across intertidal flats and coastal saltmarshes in Britain. *Diatom Research* 13 (2): 375–394.

Szkornik, K., Gehrels W. R., Kirby J. R.. (2006). Salt-marsh diatom distributions in Ho Bugt (western Denmark) and the development of a transfer function for reconstructing Holocene sea-level changes. *Marine Geology* 235: 137–150.

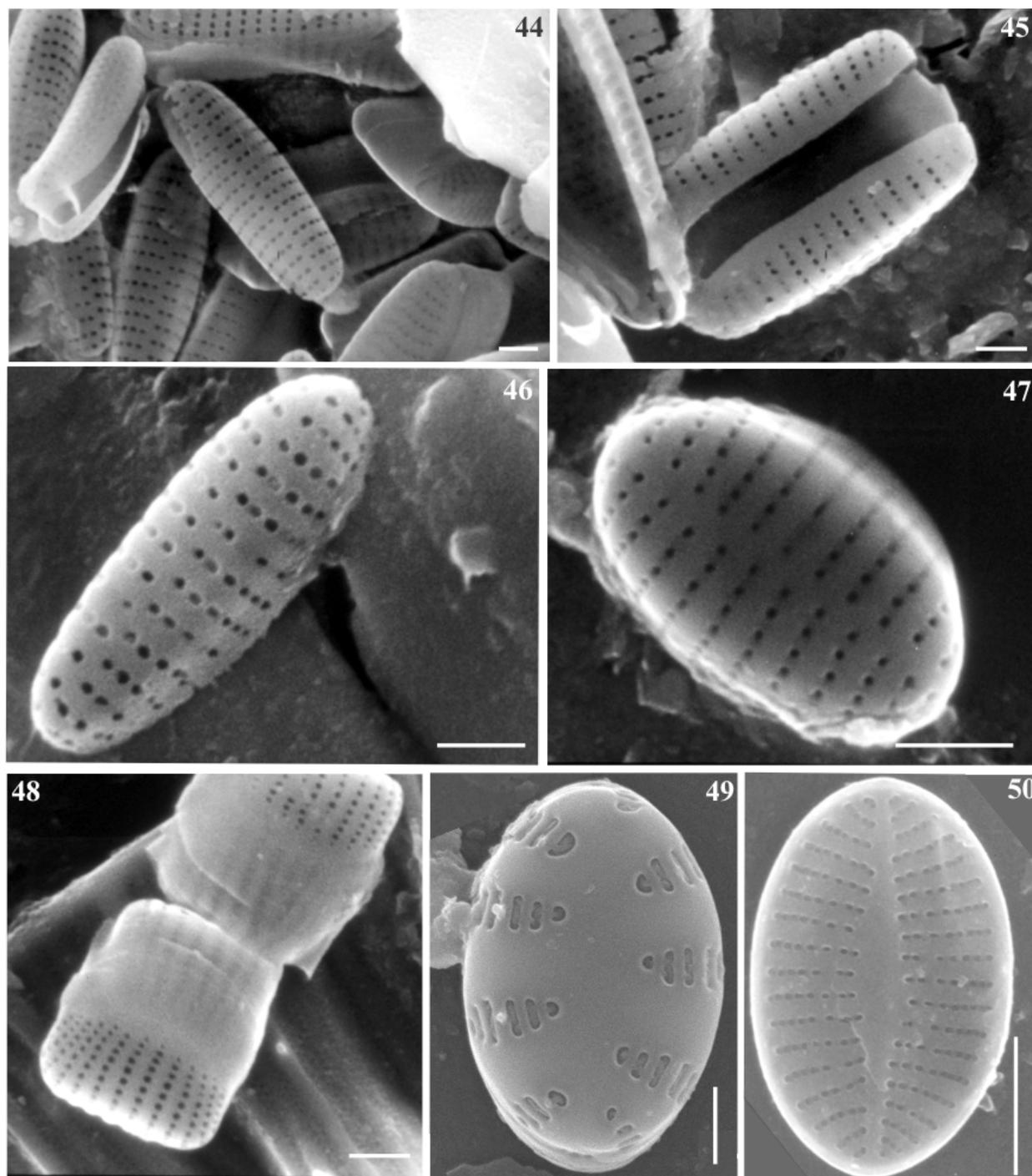
Anexos



Prancha I. Imagens em microscópio óptico de diatomáceas bentônicas encontradas nas marismas do sul do Brasil. **Figs. 1–16.** espécimes do complexo “*Navicula cruxmeridionalis*”. **Figs. 17–21.** *Navicula* cf. *cryptotenelloides*. **Fig. 22.** Vista geral da valva sem rafe de *Cocconeis* sp. 2 (imagem em DIC). **Figs. 23–27.** *Navicula valeriana* (imagens em DIC). **Fig. 28.** *Placoneis* cf. *abundans*. **Figs. 29–31.** *Hippodonta* cf. *hungarica*. Barra= 10µm.



Prancha II. Imagens em microscópio eletrônico de varredura. **Figs. 32, 33.** Vista geral das fibras do papel de celulose contendo as diatomáceas obtidas através do “Trapping method”. **Figs. 34–37.** *Navicula cruxmeridionalis*. **Figs. 34, 35.** Vista geral da valva. **Figs. 36, 37.** Detalhes dos ápices mostrando a forma da fissura distal da rafe. **Figs. 38, 39.** Vista geral da valva dos espécimes do complexo “*Navicula cruxmeridionalis*”. **Figs. 40–43.** *Navicula valeriana*. **Figs. 40, 41.** Vista geral interna (VI) e externa (VE) da valva. **Figs. 42, 43.** Detalhe dos ápices da valva. Barras= 50µm (**Fig. 32**), 20µm (**Fig. 33**), 2µm (**Figs. 34, 35, 38, 39, 40, 41**), 1µm (**Figs. 42, 43**).



Prancha III. Imagens em microscópio eletrônico de varredura. **Figs. 44–49.** Vista geral das valvas dos espécimes do complexo “*Fragilaria cf. amicornum*”. **Figs. 45, 48.** Frústulas em vista conectiva. **Fig. 50.** Vista geral da valva sem rafe de *Cocconeis* sp. 2. Barras= 2 μ m (**Fig. 50**), 1 μ m (**Figs. 44–49**).



Transfer of *Fragilaria atomus* Hust. to the genus *Stauroforma* (Bacillariophyta) based on observation of type and newly collected material

DÁVIA TALGATTI^{1*}, CARLOS E. WETZEL², EDUARDO A. MORALES³, LUC ECTOR² & LEZILDA CARVALHO TORGAN^{1,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves n° 9500, Campus do Vale, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil (*Corresponding author: daviatalgatti@gmail.com)

²Public Research Centre–Gabriel Lippmann, Department Environment and Agro-biotechnologies (EVA), 41 Rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg

³Herbario Criptogámico, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Calle M. Márquez esq. Plaza Jorge Trigo s/n, P.O. Box 5381, Cochabamba, Bolivia

⁴Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais, Rua Salvador França, 1427, Jardim Botânico, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS, Brazil

Abstract

Fragilaria atomus was described from a brackish water lagoon in southern Finland and has subsequently been reported from several localities worldwide. However, due to its small size, it can be easily mistaken with other small, morphologically similar araphid diatoms. To clarify the morphological, metric and structural features of the species, lectotype material from BRM (Hustedt's diatom collection) and specimens from salt marshes in Brazil were studied using light and scanning electron microscopy. *Fragilaria atomus* is compared to seven morphologically similar taxa belonging to *Fragilaria*, *Stauroforma* and *Psammonais*. The results revealed that some important features of *Fragilaria* (discoïd closing plates, rimoportulae and spines) are not present in *F. atomus*. The absence of these structures, together with the opposite striation pattern, round areolae, features of the apical pore field, and reduced or absent sternum, suggest that a transfer of *F. atomus* to *Stauroforma* is appropriate. The distribution and ecology of *F. atomus* is discussed.

Key words: araphids, Bacillariophyceae, Brazil, diatoms, *Fragilaria atomus*, Hustedt Collection, salt marsh, South America, *Stauroforma*, taxonomy, type material

Introduction

Araphid diatoms are well represented in planktonic and periphytic communities of freshwater lakes (Morales 2001). Studies from brackish habitats have shown that araphid diatoms are also important components of the diatom community in these environments (Witkowski & Lange-Bertalot 1993, Sabbe & Vyverman 1995, Vilbaste *et al.* 2000, Witkowski *et al.* 2000, Morales 2001, Garcia 2006, Horton *et al.* 2006, Ulanova *et al.* 2009).

Since the 1980s, ultrastructural studies have revealed high morphological diversity in *Fragilaria* Lyngb. (1819: 182). Rosen & Lowe (1981) were among the first to observe specimens from *Fragilaria sensu lato* using the scanning electron microscope. Thereafter, Round (1984), Poulin *et al.* (1986) and Williams & Round (1987) followed with observations and revisions of *Fragilaria sensu lato*. Williams & Round (1987, 1988) described four new genera of fragilariods: *Fragilariforma* D.M.Williams & Round (1988: 265), *Pseudostaurosira* D.M.Williams & Round (1987: 276), *Punctastriata* D.M.Williams & Round (1988: 278), *Staurosirella* D.M.Williams & Round (1987: 274) and revised the circumscription of both *Fragilaria* and *Staurosira* Ehrenb. (1843: 45) (Williams & Round 1987: 276). Subsequently, Flower *et al.* (1996) described *Stauroforma* Flower, V.J.Jones & Round (1996: 53) and Morales (2001, 2002) described *Pseudostaurosiroopsis* E.Morales (2001: 116) and *Sarcophagodes* E.Morales (2002: 111). Thus, eight genera have been resurrected or newly derived from *Fragilaria sensu lato*, and revision on type material continues (Morales 2001, Morales & Edlund 2003, Morales & Manoylov 2006, Tuji & Williams 2006, 2008, Ács *et al.* 2009, Morales *et al.* 2012).

Fragilaria atomus Hust. (1931: 164) is a small fragilarioid diatom described from samples collected from brackish water in southern Finland by Hustedt (1931). It is apparently distributed worldwide and has since been found in several floristic and paleo-environmental investigations (e.g., Gibson *et al.* 2006, Andrén *et al.* 2007, Zgrundo *et al.* 2009, López Fuerte *et al.* 2010). These studies, however, contain only taxon lists and lack illustrations or they are poor and insufficiently detailed to accurately interpret the occurrence and distribution of this species. Due to its small size, *Fragilaria atomus* can easily be mistaken for other small araphid diatoms especially when observed only in the light microscope (Rosen & Lowe 1981, Flower *et al.* 1996, Sar 1996, Morales 2002, Sato *et al.* 2008).

Sixty years after the description of *F. atomus*, Snoeijs *et al.* (1991) transferred it to *Martyana* Round in Round *et al.* (1990: 362), based on several features such as: 1) presence of a “step” at the head-pole; 2) presence of a large pore field at the base-pole; 3) conspicuously curved copulae; 4) absence of marginal linking spines; and 5) absence of rimoportulae. Snoeijs *et al.* (1991) noted that although *F. atomus* does not present alternate, slit-like striae, it has more similarities than differences with *Martyana martyi* (H rib.) Round, the type of *Martyana*. Shortly after *Martyana* was published (Round *et al.* 1990), their circumscription was questioned by Krammer & Lange-Bertalot (1991) and Witkowski *et al.* (1996), but it was only when Morales & Manoylov (2006) observed that the architecture of the valves, the characteristics of the sternum, the outer and internal view of the costae and shape of the areolae (slit-like) better related *M. martyi* to species of *Staurosirella* that the new combination *S. martyi* (H rib.) Morales & Manoylov (2006: 354) was proposed.

This paper sets out to discuss the morphological features of *Fragilaria atomus* using lectotype material and an epiphytic population from a salt marsh in southern Brazil and compare the observations to other morphologically similar araphid taxa. It is concluded that *Fragilaria atomus* is better placed in *Stauroforma*. The geographic distribution and ecology of the species are evaluated in the light of available literature.

Materials and Methods

Type material: BRM E2963 (lectotype of *Fragilaria atomus*, ‘Tvärminne 70 Lagune bei Synddalen, Finland, 25 July 1923, 59 75’N–23 25’W’; see Simonsen 1987: 129), raw material related to slide BRM 80/25.

A small portion of the raw material was digested using concentrated H₂O₂ (1:1 with the sample) and heated (90  C) for 24 hours in a sand bath. After, 1 ml of HCl (37%) was added and the mixture was allowed to rest for 2 hours; this was followed by three repetitions of rinsing and decanting using deionized water. Permanent slides were mounted in Naphrax[ ]. Optical observations, identifications, measurements and light micrographs (LM) were made using a Leica[ ] DMRB light microscope equipped with a DC500 high-resolution digital camera. For scanning electron microscopy (SEM), a small amount of the suspension was filtered and rinsed with additional deionized water through a 3  m IsoporeTM polycarbonate membrane filter (Merck Millipore[ ]) using a vacuum pump. Filters were mounted on aluminum stubs using double-sided carbon tape and coated with platinum (30 nm) using a BAL-TEC MED 020 Modular high vacuum coating system for 30 s at 100 mA. An ultra-high-resolution, analytical, field emission (FE) scanning electron microscope Hitachi SU–70 (Hitachi High-Technologies, Europe, GmbH), operated at 5 kV and 10 mm working distance, was used for the analysis.

Modern samples: Epiphyton material was collected in November 2009 from the salt marsh of the Torotoma Island (31 59’15.28”S–52 14’38.39”W) from an area adjacent to the estuary of the Patos Lagoon, Southern Brazil. The material was scraped from stems of *Juncus kraussii* Hochst. in Krauss (1845: 342) (Juncaceae) using a metal blade. The scraped sections corresponded to the 5 cm portions of the stem adjacent to the ground and that were submerged at the moment of sampling. The material was fixed using 4% formaldehyde after collection.

Samples were oxidized with HNO₃ (1:1 with the sample), heated for 15 min over fire using a Bunsen burner, and rinsed to neutral pH with distilled water. Permanent slides were mounted using Naphrax[ ] and observed under LM using a Zeiss[ ] Axioplan and a Leica[ ] DMR microscopes, equipped with Axiocam ERc 5s and a Leica DFC 500 digital cameras, respectively. Oxidized samples were dried on coverslips, which were attached to aluminium stubs using double side carbon tape and coated with platinum (16 nm) using a BAL-TEC SCD 005 coating equipment. SEM observations were made with a JEOL[ ] JSM-6060 microscope operating at 20 kV and 10 mm working distance. Permanent slides are held at the HAS (6495, 6496), Museu de Ciências Naturais-Funda o Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

Morphological terminology follows Anonymous (1975), Barber & Haworth (1981), Williams & Round (1987) and Round *et al.* (1990). All LM and SEM images were assembled using Corel Designer X6®.

Taxonomic Treatment

Stauroforma atomus (Hust.) Talgatti, C.E. Wetzel, E. Morales & Torgan *comb. nov.* (Figs 1–64)

Basionym: *Fragilaria atomus* Hust. (1931: 164, fig. 672B).

Synonym: *Martiana atomus* (Hust.) Snoeijs (*in* Snoeijs *et al.* 1991: 166, figs 1–18, 23–25).

Type:—FINNLAND: Tvärminne 70 Lagune bei Synddalen, Finland, 25 July 1923, 59°75'N–23°25'W (Lagoon at Synddalen, Tvärminne) (BRM 80/25, lectotype designated by Simonsen 1987: 129, plate 211, figs 19–24, based on sample E2963; BRM 80/26 and BRM 431/76, Lagune bei Synddalen 70, 25 July 1923, isolectotypes, designated by Simonsen 1987: 129).

Frustules solitary, rectangular in girdle view (Figs 28–31). Valves heteropolar, clavate to ovate (nearly elliptical in smaller individuals) with rounded ends. Length 4.5–7 µm; width 2.5–3.5 µm. Apical pore field present at foot-pole, composed of open, round poroids irregular in distribution (Figs 52, 57, 61). Head-pole with curved striae of different sizes (Figs 52, 53, 59, 62–64). Striae uniseriate, opposite, parallel at centre, slightly radiate toward apices, 25–30 in 10 µm. Areolae rounded to ovoid, decrease in size from edge to valve centre, 60–70 in 10 µm (Figs 52, 56, 59, 62). Areolae present, externally as a slightly branched structure, localized just below surface of valve (Figs 57, 61). Axial area absent or very narrow and linear (Figs 52–54, 59, 63–64). Internally, two poroids at foot-pole indicating presence of apical pore fields (Fig. 58). Spines and rimoportulae absent. Plastids not observed.

Observations:—*Comparison with the type material:* The Brazilian specimens of *S. atomus* are comparable in valve measurements to those in Hustedt's (1931) description and to specimens in sample E2963 BRM (Table 1). However, differences in valve shape, as well as in striae and areolae patterns, were observed. The Brazilian specimens are mainly ovate to elliptical in shape (Figs 33–50, 59–60, 63–64), whereas the cells in the lectotype material have clavate to elliptical valves (Figs 1–27, 51–56). The striae of Brazilian specimens are more radiate at the ends (Figs 60, 64), probably because of the valve shape, than those in the Finnish type material (Figs 51–56). In the Brazilian specimens the areolae are rounded (Figs 59–64), while specimens from lectotype material tend to be more elliptical (Figs 51–57). The axial area of cells in the Brazilian and lectotype material is usually very narrow, even absent, differing from Hustedt's drawing (1931, fig. 672B and Fig. 1). The images here (Figs 2–50), however, are similar to those of lectotype material as recorded by Simonsen (1987, pl. 211, figs 19–24).

Comparison with similar taxa: There are some taxa that can be easily confused with *S. atomus* (Table 1). *Fragilaria schulzii* C. Brockmann (1950: 13), described from the Wadden Sea, has a very similar valve outline, but it differs in having a broader length range (5–50 µm), a lower stria (13–16 in 10 µm) and areola density (ca. 50 in 10 µm). *Fragilaria cassubica* Witkowski & Lange-Bert. (1993: 65) is closer to *F. schulzii* than to *S. atomus* mainly in its valve length (9–20 µm) and stria density (15–18 in 10 µm), although it is similar to *S. atomus* in areola density (60 in 10 µm). However, *F. cassubica* can be separated from *F. schulzii* and *S. atomus* by the presence of spines with which it forms chains (Witkowski & Lange-Bertalot 1993).

Fragilaria gedanensis Witkowski (1993a: 498), described from Puck Bay, Baltic Sea (Poland), is very similar to *F. schulzii*, *F. cassubica* and *S. atomus*, but has biseriate striae (Witkowski 1993a). A further two species that resemble *S. atomus* are *S. exiguiformis* (Lange-Bert.) Flower, V.J. Jones & Round (1996: 53) and *S. inermis* Flower, V.J. Jones & Round (1996: 54). *Stauroforma exiguiformis* is the type of the genus *Stauroforma* and can be separated from *S. atomus* by its lower stria (19–22 in 10 µm) and areola density (38 in 10 µm). In addition, *S. exiguiformis* has spines and forms chains (Flower *et al.* 1996). *Stauroforma inermis* has valves with measurements similar to *S. atomus*, but the two can be distinguished by the large apical pore fields composed of complex pore fields in *S. inermis* (see fig. 5a–i in Morales 2001), which are unlike the simple poroids found in *S. atomus*.

Psammoneis pseudojaponica Shin. Sato, Kooistra & Medlin *in* Sato *et al.* (2008: 517) and *P. senegalensis* Shin. Sato, Kooistra & Medlin *in* Sato *et al.* (2008: 518) are marine benthic species that may be confused with *S. atomus*. These species are similar to *S. atomus* in the size of the valves, stria density and appearance of apical pore fields. *Psammoneis pseudojaponica* and *P. senegalensis* can be distinguished from *S. atomus* as they form chains, their noticeable axial area and the alternate striae. Furthermore, both species of *Psammoneis* have higher areola density, which are elongated, not round.

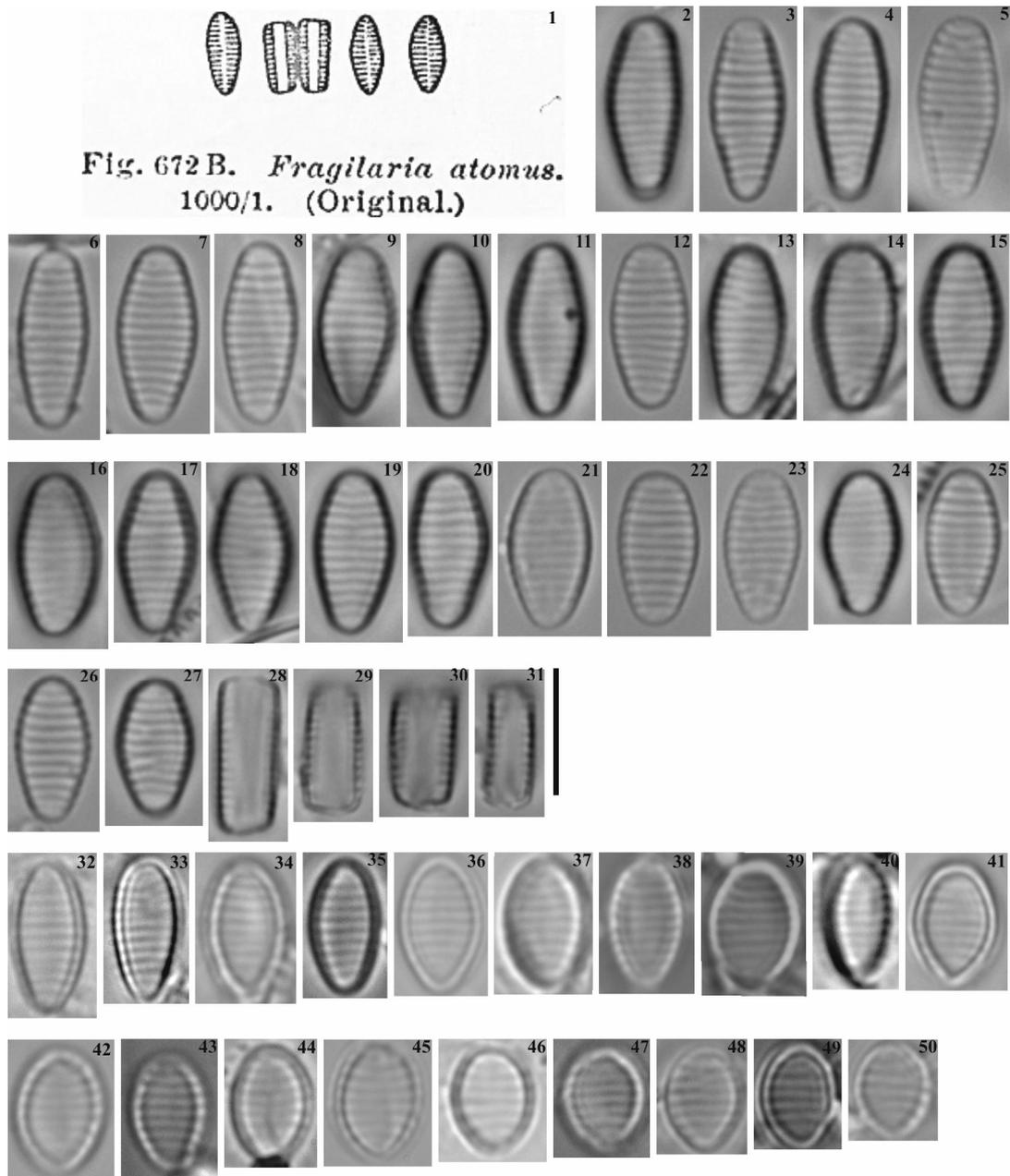
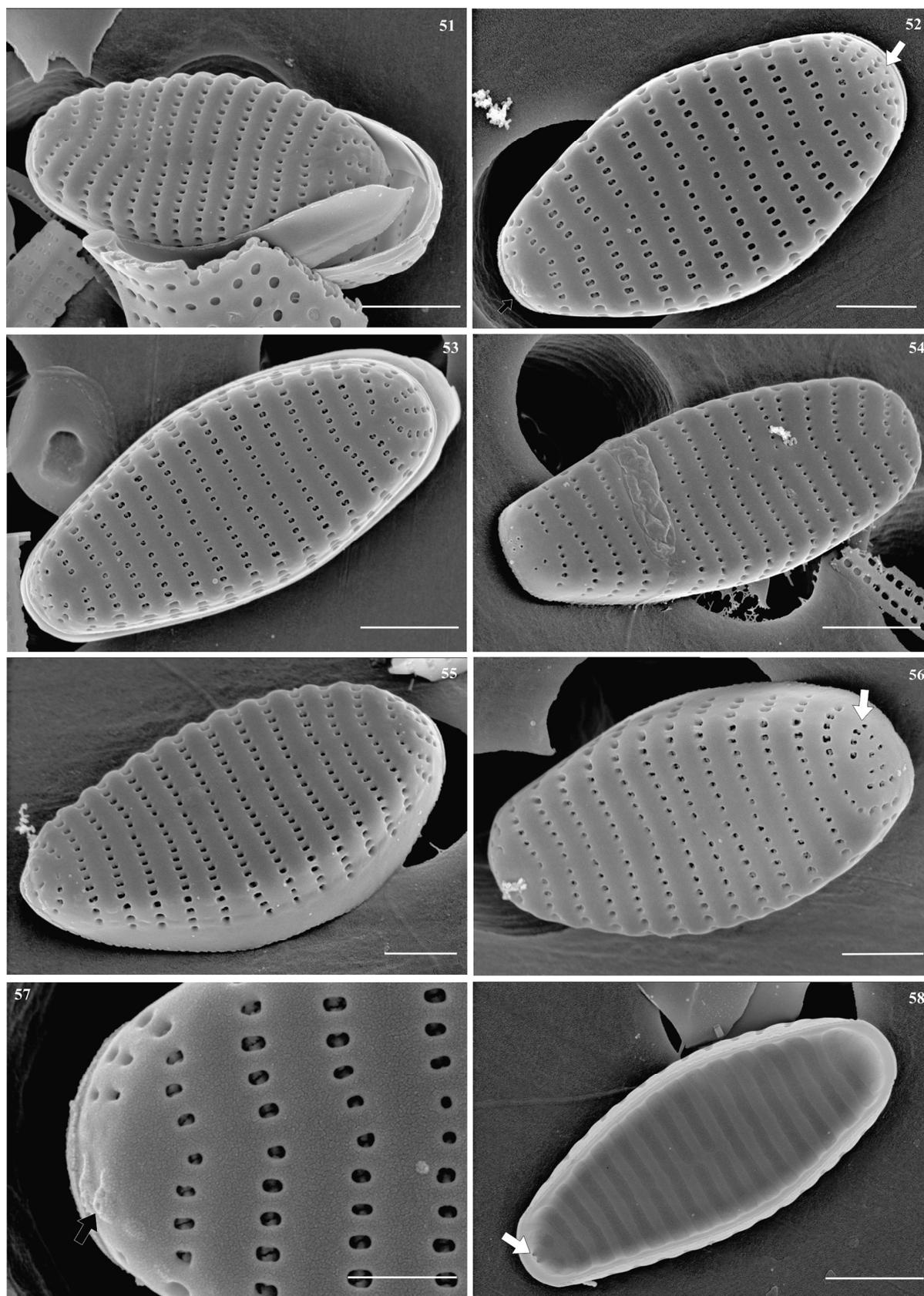


Fig. 672 B. *Fragilaria atomus*.
1000/1. (Original.)

FIGURES 1–50. LM: *Stauroforma atomus* comb. nov. Fig. 1. Iconotype reproduced from Hustedt (1931, fig. 672B) illustrating specimens in valve view and a pair of frustules in girdle view. Figs 2–31. Specimens BRM E2963 (lectotype). Figs 28–31. Girdle view. Figs 32–50. Specimens from Brazil. Scale bar = 5 μ m.

None of the species mentioned so far (*F. cassubica*, *F. gedanensis*, *F. schulzii*, *S. exiguiformis*, *S. inermis*, *P. pseudojaponica*, *P. senegalensis*) has rimoportulae; they all have apical pore fields of different shapes and sizes. There is some controversy about the taxonomic importance of the apical pore fields, specifically their presence and shape (Williams & Round 1987, Flower *et al.* 1996). In the original descriptions of the species compared to *S. atomus*, there is little information about the pore fields. Witkowski & Lange-Bertalot (1993) showed that *F. schulzii* has apical pore fields at both poles and that they are composed of numerous rows of poroids, arranged in regularly distributed rows at the foot-pole. Witkowski (1993a) noted that the apical pore field at the head-pole in *F. gedanensis* is more conspicuous than that of the foot-pole, in that it contains randomly distributed poroids of different sizes, even possessing vela. Witkowski & Lange-Bertalot (1993) noted that in *F. cassubica* the apical pore fields are present at both poles and that the head-pole pore field is composed of irregularly distributed pores, whereas the foot-pole pore field is composed of a few rows of regularly distributed pores.



FIGURES 51–58. SEM: *Stauroforma atomus* comb. nov. BRM E2963 (lectotype). Figs 51–56. External view of valve showing head-pole (white arrow) and foot-pole (black arrow). Fig. 56. Detail of curved striae with different sizes at head-pole (arrow). Fig. 57. Detail of foot-pole with the poroids of the apical pore field (arrow) and areolae containing a slightly branched structure. Fig. 58. Internal view of valve showing two poroids at foot-pole (arrow). Scale bars = 1.5 μm (Figs 51, 53–54), 1 μm (Figs 52, 55–56, 58), 500 nm (Fig. 57).

TABLE 1: Morphological and morphometric features of *Stauroforma atomus* as compared to similar taxa of *Fragilaria*, *Stauroforma* and *Psammoneis*.

| | <i>Stauroforma atomus</i> | <i>Fragilaria atomus</i> | <i>Stauroforma exiguiformis</i> | <i>Stauroforma inermis</i> | <i>Fragilaria schulzii</i> |
|-------------------|---|---|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| References | This study (Brazilian specimens) (n=30) | Lectotype E2963 BRM (n=35) and Hustedt (1931) | Flower <i>et al.</i> (1996) | | Witkowski & Lange-Bertalot (1993) |
| Valve shape | clavate to ovate | clavate to ovate | elliptic to lanceolate | oval/lanceolate | clavate |
| Length (µm) | 4.5–5.3 | 5–7 (4.1–5.3)* | 8.8–23.4** | 3.7–10.8* | 5–50 |
| Width (µm) | 2.5–3.5 | 2–3 (1.9–2.3)* | 3.4–4.4** | 2.5–3.3* | 4–7 |
| Striae/10 µm | 25–30 | 26 (25–30)* | 18.9–22.2** | 20–25* | 13–16 |
| Areolae/10 µm | 60 | 60–70 | 38 | 50 | 50 |
| Spines | absent | absent | present | absent | absent |
| Axial area | narrow or non-existent | narrow or non-existent | narrow or non-existent | narrow | narrow or non-existent |
| Apical pore field | present | present | absent or very reduced | present | present |
| Striation | opposite, uniseriate | opposite, uniseriate | opposite, uniseriate | opposite, uniseriate | opposite, uniseriate |
| Areolae | rounded | rounded | rounded | rounded | slit-like |
| Forming chain | no | no | yes or no | yes | -- |
| | <i>Martyana schulzii</i> | <i>Fragilaria cassubica</i> | <i>Fragilaria gedanensis</i> | <i>Psammoneis pseudojaponica</i> | <i>Psammoneis senegalensis</i> |
| References | Snoeijjs <i>et al.</i> (1991) | Witkowski & Lange-Bertalot (1993) | Witkowski (1993a) | Sato <i>et al.</i> (2008) | |
| Valve shape | clavate to elliptical | clavate | clavate | elliptical | elliptical |
| Length (µm) | 10–23 | 9–20 | 5–10 | 2.0–4.8 | 4.3–14.0 |
| Width (µm) | 4.5–6 | 3–4 | 1.5–3.5 | 2.3–2.8 | 2.7–3.6 |
| Striae/10 µm | 14–15 | 15–18 | 9–14 | 29–32 | 26 |
| Areolae/10 µm | 40–48* | 60 | 50–70 | 110–120* | 90–100* |
| Spines | absent | present | absent | absent | absent |
| Axial area | narrow or non-existent | narrow or more frequently non-existent | narrow or non-existent | present | present |
| Apical pore field | present | present | present | present | present |
| Striation | opposite, uniseriate | opposite, uniseriate | opposite, biserial | alternate, uniseriate | alternate, uniseriate |
| Areolae | rounded | rounded | -- | elongated | elongated |
| Forming chain | -- | yes or no | yes | yes | yes |

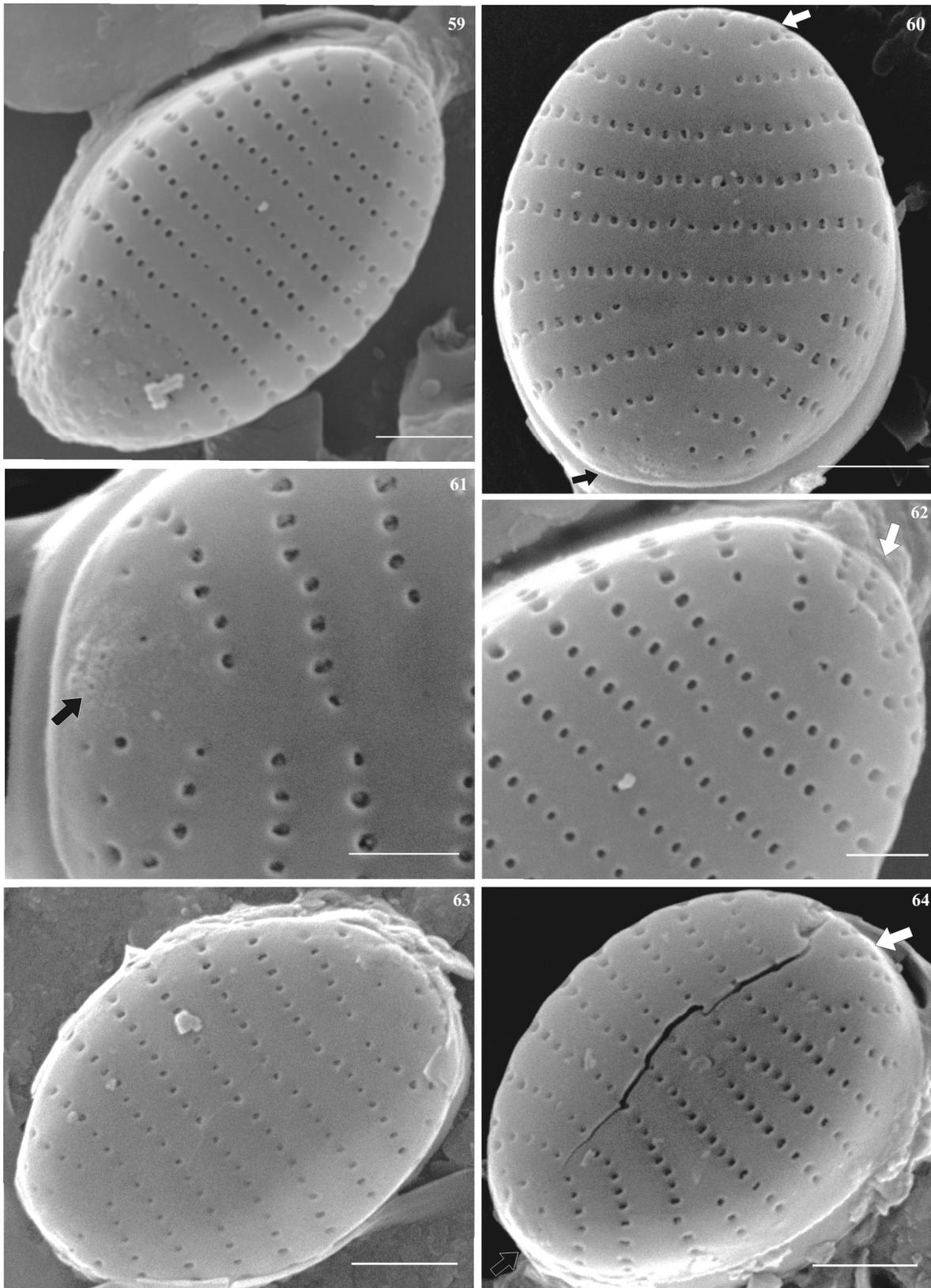
* Data published by Hustedt (1931).

* measured in the illustrations.

** Data from several populations (e.g. Britain, Ireland, Norway and Antarctica).

Flower *et al.* (1996) showed that in *Stauroforma exiguiformis* the apical pore field is absent or very reduced (these regions being occupied by spines), whereas in *S. inermis* the pore field is composed of a group of small pores (evident in the Antarctic specimens). They also report that *S. inermis* has an apical pore field composed of a small

group of closed areolae. Morales (2001) elaborated on the “closed areolae” of Flower *et al.* (1996), demonstrating that the pores have a complex internal structure and are located within a much larger depression.



FIGURES 59–64. SEM: *Stauroforma atomus comb. nov.* from Brazil. Figs 59–60, 63–64. External view of valve showing head-pole (white arrow) and foot-pole (black arrow). Fig. 61. Detail of foot-pole with the poroids of the apical pore field (arrow) and areolae containing a slightly branched structure. Fig. 62. Detail of curved striae with different sizes at head-pole (arrow). Scale bars = 1 μm (Figs 59–60, 63–64), 0.5 μm (Figs 61–62).

Psammoneis pseudojaponica and *P. senegalensis* have prominent apical pore fields, formed by rows of rounded areolae (Sato *et al.* 2008). Thus, the apical pore field of *Stauroforma atomus* is most similar to *F. schulzii* than to any of the taxa in Table 1. Witkowski & Lange-Bertalot (1993) noted that for *F. schulzii* and *S. atomus*, the “Pore fields occur at both apices”. However, when we observed the poles of valves of *S. atomus* in SEM, the apical pore field occurred only at the foot-pole; the head-pole has striae similar to those that occur on the valve face. In contrast, the specimens of *F. schulzii* illustrated by Witkowski & Lange-Bertalot (1993) and Snoeijs *et al.* (1991) show an apical pore field present at the foot-pole, with the head-pole composed of only striae, such as observed in *S. atomus*.

Other features, such as the heteropolar valves, opposite striae, rounded (ovoid) areolae and narrow or non-existent axial area, are common in most of the taxa discussed above, with the exception of *P. pseudojaponica* and *P. senegalensis*.

Distribution and ecology:—*Stauroforma atomus* is cited widely in the literature, but is poorly known with respect to data derived from the electron microscope, which may have resulted in errors of identification. The Baltic Sea is the region where *S. atomus* has the highest number of records (Fig. 65, Table 2): mainly from Poland, Sweden and Finland (e.g. Bogaczewicz-Adamczak & Dziengo 2003, Busse & Snoeijs 2003, Ulanova & Snoeijs 2006, Andrén *et al.* 2007, Ulanova *et al.* 2009, Leśniewska & Witak 2011).

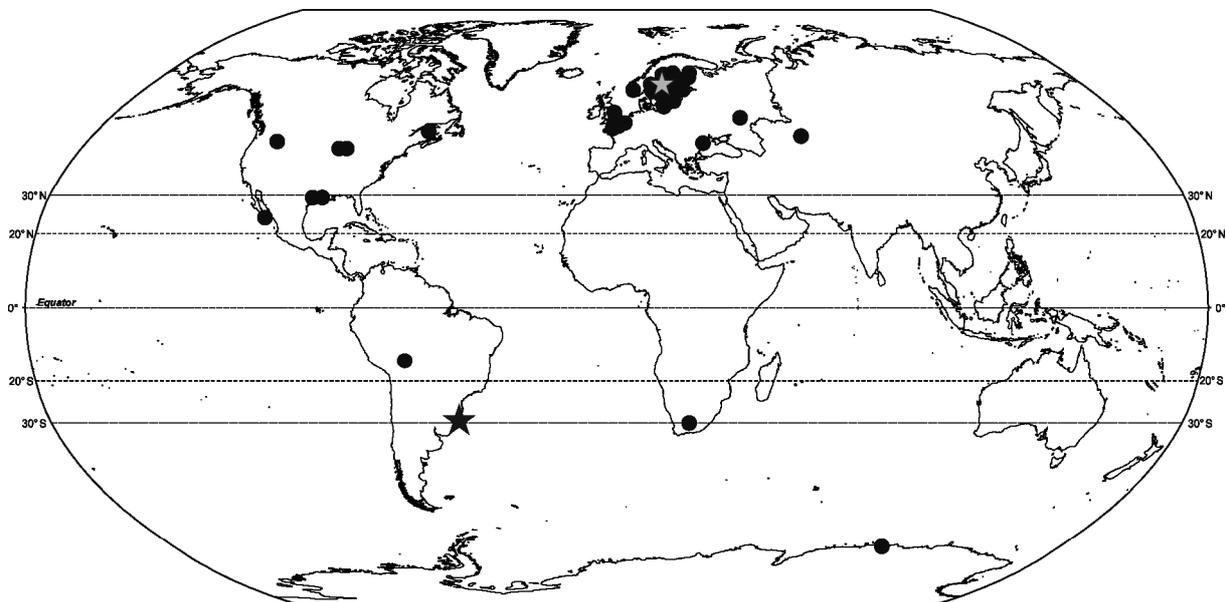


FIGURE 65. Global distribution of *Stauroforma atomus* as recorded in Table 2 (grey star = type locality; black star = population from Brazil; black dots = all other records).

For North America, Stoermer & Kreis (1978) mentioned *S. atomus* (recorded as *Fragilaria atomus*) in their checklist of diatoms from the Laurentian Great Lakes; Sullivan (1982) found *S. atomus* (as *Fragilaria atomus*) as a dominant element in the sediments and epiphytic material from the salt marshes of St. Louis Bay, Mississippi (USA); Poulin *et al.* (1984) found *S. atomus* (recorded as *Fragilaria virescens* var. *oblongella* f. *clavata* Grunow in Van Heurck 1881: pl. 44, fig. 4) in marine and estuarine benthic substrates in Québec (Canada); Burton *et al.* (1994) discovered *S. atomus* (recorded as *Fragilaria atomus*) on artificial substrates in river systems in northern Michigan (USA); Bahls (2004) mentioned *S. atomus* (recorded as *Fragilaria atomus*) as abundant in periphytic samples from Careless Creek, Musselshell River, central area of Montana (USA); Krayesky *et al.* (2009) and López Fuerte *et al.* (2010) include *S. atomus* (recorded as *Martyana atomus*) for the Mexican flora (Krayesky *et al.* 2009, noted it from the Gulf of Mexico; López Fuerte *et al.* 2010, noted it on sediments from the coastal region of southern Baja California).

The only record for South America, albeit doubtful since no illustration was presented, is for the Uyuni-Coipasa salt flats, Southern Bolivian Altiplano (Bradbury *et al.* 2001). It should be noted here that the record included in Sar (1996: 429, pl 5, figs 40–43) from Bahia San Antonio, Argentina is not *S. atomus* (see Table 2).

TABLE 2: Records for the global distribution (illustrated and non-illustrated) of *Stauroforma atomus*.

| Reference | Country | Locality | Page | Illustration | Type | Identified as |
|---------------------------------------|--------------|---|---------------|---|------------|---|
| Andrén <i>et al.</i> (2007) | Sweden | Järnavik bay (Blekinge archipelago) | 281 | no illustration | - | <i>Martyana atomus</i> |
| Antsiferova & Bogatyrëva (2009) | Russia | Voroninskiy State Nature Reserve | no page | no illustration | - | <i>Fragilaria atomus</i> |
| Austin <i>et al.</i> (2007) | Kazakhstan | Chernyshov Bay (western Aral Sea) | 389 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Bahls <i>et al.</i> (2004) | USA | Careless Creek (Montana) | 8 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Bąk <i>et al.</i> (2006) | Poland | Szczecin Lagoon, Baltic Sea | 301, 312 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Bogaczewicz-Adamczak & Dziengo (2003) | Poland | Puck Bay (southern Baltic Sea) | 139 | Pl. 1, fig. 5 | LM | <i>F. atomus</i> |
| Bradbury <i>et al.</i> (2001) | Bolivia | Salar de Uyuni-Coipasa (Southern Bolivian altiplano) | 281 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Burton <i>et al.</i> (1994) | USA | Ford River, Dickinson county (Lake Michigan drainage) | 609, 613, 618 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Busse & Snoeijs (2002) | Sweden | Bothnian Sea (northern Baltic Sea) | 516, 524 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Busse & Snoeijs (2003) | Sweden | Bothnian Sea (northern Baltic Sea) | 455, 458, 461 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Caraus (2002) | Romania | Danube River basin | 175 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Denys (1989) | Belgium | Western Belgian Coast | 25, 26 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Gibson <i>et al.</i> (2006) | Antarctica | Bunger Hills, East Antarctica | 698, 699 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Krayesky <i>et al.</i> (2009) | Mexico | Gulf of Mexico | 179 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Leśniewska & Witak (2008) | Poland | SW Gulf of Gdańsk, Southern Baltic Sea | 43, 49 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Leśniewska & Witak (2011) | Poland | SW Gulf of Gdańsk, Southern Baltic Sea | 70, 71 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| López Fuerte <i>et al.</i> (2010) | Mexico | El Conchalito-Sediments (Northwest Mexico) | 85 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Majewska <i>et al.</i> (2012) | Poland | Vistula River estuary | 5 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Partridge <i>et al.</i> (1993) | South Africa | Tswaing (Pretoria Saltpan) | 330 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Poulin <i>et al.</i> (1984) | Canada | Marine and estuarine areas of Quebec | 358, 361 | Figs 68–71 | SEM | <i>Fragilaria virescens</i> var. <i>oblongella</i> f. <i>clavata</i> Grunow in Van Heurck (1881)* |
| Ryves <i>et al.</i> (2004) | Denmark | Vejlerne Nature Reserve (Lakes Glombak) | 1994 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Sabbe & Vyverman (1995) | Netherlands | Westerschelde estuary | 246 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Sabbe (1997) | Netherlands | Westerschelde estuary | 74 | Figs 5–13, 5–14, 5–15, 5–16, 5–17, 38–6, 38–7, 38–8, 38–9, 39–1 | LM/ SEM | <i>Fragilaria</i> cf. <i>atomus</i> |
| Sar (1996) | Argentina | Provincia de Rio Negro | 401, 402 | Pl. 5, figs 40–43 | SEM | <i>F. atomus</i> ** |
| Snoeijs (1993) | Sweden | Baltic Sea | 67 | Plate 53 | LM/ SEM | <i>M. atomus</i> |

..... continued on the next page

TABLE 2 (continued)

| Reference | Country | Locality | Page | Illustration | Type | Identified as |
|---------------------------------------|--------------------|--|-------------------------|--------------------|--------|------------------|
| Snoeijs <i>et al.</i> (1991) | Sweden | Baltic Sea at Forsmark, Tviirminne and Tjmo | 166 | Figs 1–18, 23–25 | LM/SEM | <i>M. atomus</i> |
| Stockner & Lund (1970) | England | English Lake District | 50 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Stoermer & Kreis (1978) | USA | Great Lakes | 155 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Sullivan (1982) | USA | St. Louis Bay, Mississippi | 86, 87 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Ulanova & Snoeijs (2006) | Sweden | 2,000 km long coastline in the Baltic Sea | 668 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Ulanova <i>et al.</i> (2009) | Sweden | 2,000 km long coastline in the Baltic Sea | 60 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Verweij & Mertens (2008) | Netherlands | Schildmeer (Groningen provincie) | 50 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Vilbaste <i>et al.</i> (2000) | Estonia and Latvia | Gulf of Riga, Baltic Sea | 376, 379–381, 383 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Weckström & Juggins (2005) | Finland | Gulf of Finland | 26, 27, 29, 31 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Witak (2013) | Poland | Gulf of Gdańsk and Vistula Lagoon, Baltic Sea | 73, 74, 77, 78, 80, 85 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Witak & Dunder (2007) | Poland | Holocenic sediments - Gulf of Gdańsk, Baltic Sea | 9 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Witak & Jankowska (2005) | Poland | Vistula Lagoon, Gdansk Bay, Baltic Sea | 74 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Witak <i>et al.</i> (2005) | Poland | Vistula Lagoon, Gdansk Bay, Baltic Sea | 117, 120, 125, 128, 129 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Witkowski & Lange-Bertalot (1993) | Poland | Puck Bay, Baltic Sea | 62 | Fig. 2a–n | LM/SEM | <i>F. atomus</i> |
| Witkowski <i>et al.</i> (2000) | Poland | Gulf of Gdańsk, Baltic Sea | | Pl. 34, figs 32–39 | LM | <i>F. atomus</i> |
| Witkowski <i>et al.</i> (2009) | Poland | Rega River (Baltic Sea) | 163 | no illustration | - | <i>F. atomus</i> |
| Wulff <i>et al.</i> (2005) | Sweden | Gullmar Fjord, Swedish west coast | 122, 124 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Zgrundo & Bogaczewicz-Adamczak (2004) | Poland | Gulf of Gdańsk | 36, 37 | no illustration | - | <i>M. atomus</i> |
| Zgrundo <i>et al.</i> (2009) | Poland | Gulf of Gdańsk | 143, 145, 150 | Figs 12–14 | LM | <i>M. atomus</i> |

* Note also similarities with the figures 72–75 identified as *Fragilaria virescens* var. *subsalina* f. *oviformis* Cleve-Euler (1953).

** Correspond to *Trachysphenia* sp.

Stauroforma atomus has been recorded as common in oligohaline to mesohaline waters, in wide ranges of temperature (0–24 °C) and pH (6–8) (Bogaczewicz-Adamczak & Dziengo 2003, Zgrundo & Bogaczewicz-Adamczak 2004, Austin *et al.* 2007, Witak & Dunder 2007, Majewska *et al.* 2012). When Hustedt (1931) first described the species he noted that it occurred in fresh, brackish and marine coastal waters. In the Brazilian samples studied here, the salinity of the water ranged from between 0 and 5 ‰ (limnetic to oligohaline zone) and the temperature between 19 and 27 °C. Indeed, most of the taxa here compared to *S. atomus* (Table 1) were described from brackish waters with the exception of *S. exiguiformis* and *S. inermis*, both originally described from freshwater. Therefore, *S. atomus* is the only species of genus *Stauroforma* that occurs in brackish water.

In the Baltic Sea, *S. atomus* was found with the following species: *Amphora pediculus* (Kütz.) Grunow in Schmidt (1875: pl. 26, fig. 99), *Catenula adhaerens* (Mereschk.) Mereschk. (1902: 103), *Cocconeis pediculus* Ehrenb. (1838: 194), *C. placentula* Ehrenb. (1838: 194), *Gomphonema parvulum* Kütz. (1849: 65), *Navicula gregaria* Donkin (1861: 10), *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Rabenh. (1860: no. 948), *N. frustulum* (Kütz.) Grunow in

Cleve & Grunow (1880: 98), *Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round & Bukht. (1996: 353) and *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams & Round (1987: 276). In this investigation and in the other studies from the Americas, the species was present together with the following species: *Anaulus balticus* Simonsen (1959: 74), *Catenula adhaerens*, *Cyclotella choctawhatcheeana* A.K.S. Prasad in Prasad *et al.* (1990: 419), *Desikaneis gessneri* (Hust.) A.K.S. Prasad in Prasad & Livingston (1993: 435), *Fallacia florinae* (M. Møller) Witkowski (1993b: 215), *N. frustulum*, *N. minutula* Grunow in Van Heurck (1881: pl. 69, fig. 5), *Placoneis sovereignae* (Hust.) Torgan & Donadel in Torgan *et al.* (2010: 113), *P. delicatulum*, *Tryblionella apiculata* W. Greg. (1857: 79) and diverse araphid diatoms.

This is the first time *S. atomus* has been recorded from South America including illustrations. It is possible that the species is widely distributed in salt marshes and coastal regions of the world. More studies carried out in these regions should corroborate this hypothesis.

Acknowledgements

We thank to CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for a doctoral grant to the first author. To Dr. César Serra Bonifácio Costa, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, for support and help in fieldwork. To the Centro de Microscopia Eletrônica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Karina Marckmann, and Leandro Baum for technical assistance during SEM sessions. We are also thankful to Dr. Jorge Ernesto de Araujo Mariath and Juliana Troleis, Laboratório de Anatomia Vegetal (LAVeg), Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, for LM support and, to Friedel Hinz, Alfred-Wegener-Institut für Polar-und Meeresforschung, Bremerhaven, for providing the Hustedt's lectotype material of *Fragilaria atomus*.

References

- Ács, É., Morales, E.A., Kiss, K.T., Bolla, B., Plenkovics-Moraj, A., Reskóné, M.N. & Ector, L. (2009) *Staurosira grigorszkyi* nom. nov. (Bacillariophyceae) as araphid diatom from Lake Balaton, Hungary, with notes on *Fragilaria hungarica* Pantocsek. *Nova Hedwigia* 89: 469–483.
<http://dx.doi.org/10.1127/0029-5035/2009/0089-0469>
- Andrén, T., Andrén, E., Berglund, B.E. & Yu, S.-Y. (2007) New insights on the Yoldia Sea low stand in the Blekinge archipelago, southern Baltic Sea. *GFF* 129: 277–285.
<http://dx.doi.org/10.1080/11035890701294277>
- Anonymous (1975) Proposals for standardization of diatom terminology and diagnoses. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 53: 323–354.
- Antsiferova, A. & Bogatyřeva S.N. (2009) Nizshie sinezelën' te i diatomov' te i vodorosli gosudarstvennofo prirodnofo zapovednika "Voroninski i". Emel'ianov (predsedatel'), V.V., Gudina, A.N., Egorov, A.A., Campdurova, L.E. Trud' i gosudarstvennofo prirodnofo zapovednika «Voroninski i» [Proceedings of the State Nature Reserve «Voroninskiy»] 1: 52–107.
- Austin, P., Mackay, A., Palagushkina, O. & Leng, M. (2007) A high-resolution diatom-inferred palaeoconductivity and lake level record of the Aral Sea for the last 1600 yr. *Quaternary Research* 67: 383–393.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2007.01.009>
- Bahls, L.L. (2004) Biological integrity of Careless Creek based on the structure and composition of the benthic algae community. Helena, Mont.: Montana Dept. of Environmental Quality: 18 pp.
<http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.24628>
- Bak, M., Witkowski, A. & Lange-Bertalot, H. (2006) Diatom flora diversity in the strongly eutrophicated and β -mesosaprobic waters of the Szczecin Lagoon, NW Poland, southern Baltic Sea. In: Ognajanova-Rumenova, N. & Manoylov, K. (eds.) *Advances in Phycological studies*. Pensoft Publishers & University Publishing House Sofia, Moscow, pp. 293–317.
- Barber, H.G. & Haworth, E.V. (1981) A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British freshwater genera. *Freshwater Biological Association Scientific Publication* 44: 1–112.
- Bogaczewicz-Adamczak, B. & Dziengo, M. (2003) Using benthic diatom communities and diatom indices to assess water pollution in the Puck Bay (southern Baltic Sea) littoral zone. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 32: 131–157.
- Bradbury, J.P., Grosjean, M., Stine, S. & Sylvestre, F. (2001) Full and late glacial lake records along the PEP1 Transect: Their role in developing interhemispheric palaeoclimate interactions. In: Markgraf, V. (ed.) *Interhemispheric Climate Linkages*. Academic Press, New York, pp. 265–291.
- Brockmann, C. (1950) Die Watt-Diatomeen der schleswig-holsteinischen Westküste. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, Frankfurt am Main* 478: 1–26.
- Burton, T.M., Oemke, M.P. & Molloy, J.M. (1994) Effects of stream order and alkalinity on the composition of diatom communities in

- two northern Michigan river systems. In Kociolek, J.P. (Ed.) *Proceedings of the Eleventh International Diatom Symposium*. California Academy of Sciences, San Francisco, pp. 609–620.
- Busse, S. & Snoeijs, P. (2002) Gradient responses of diatom communities in the Bothnian Bay, northern Baltic Sea. *Nova Hedwigia* 74: 501–525.
<http://dx.doi.org/10.1127/0029-5035/2002/0074-0501>
- Busse, S. & Snoeijs, P. (2003) Gradient responses of diatom communities in the Bothnian Sea (northern Baltic Sea), with emphasis on responses to water movement. *Phycologia* 42: 451–464.
<http://dx.doi.org/10.2216/i0031-8884-42-5-451.1>
- Caraus, I. (2002) The algae of Romania. A distributional checklist of actual algae. *Studii și Cercetări, Biologie*. Universitatea Bacău 7: 1–694.
- Cleve, P.T. & Grunow, A. (1880) Beiträge zur Kenntniss der Arctischen Diatomeen. *Kongliga Svenska-Vetenskaps Akademiens Handlingar* 17: 1–121.
- Cleve-Euler, A. (1953) Die Diatomeen von Schweden und Finnland. Part II, Arraphideae, Brachyraphideae. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, ser. 4, 4*: 1–158.
- Denys, L. (1989) Observations on the transition from Calais deposits to surface peat in the western Belgian Coastal plain. Results of a paleoenvironmental diatom study. *Professional Paper Belgische Geologische Dienst* 241: 20–43.
- Donkin, A.S. (1861) On the marine Diatomaceae of Northumberland with a description of several new species. *Quarterly Journal of Microscopical Science, new series, London* 1: 1–15.
- Ehrenberg, C.G. (1838) Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. Verlag von Leopold Voss, Leipzig. pp. 1–xvii, 1–548, pls 1–64. [two volumes: Text, Atlas]
- Ehrenberg, C.G. (1843) Mittheilungen über 2 neue asiatische Lager fossiler Infusorien-Erden aus dem russischen Trans-Kaukasien (Grusien) und Sibirien. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1843: 43–49.
- Flower, R.J., Jones, V.J. & Round, F.E. (1996) The distribution and classification of the problematic *Fragilaria (virescens v.) exigua* Grun./ *Fragilaria exiguiformis* (Grun.) Lange-Bertalot: a new species or a new genus? *Diatom Research* 11: 41–57.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1996.9705363>
- García, M. (2006) The transfer of *Fragilaria obtusa* Hustedt to the genus *Staurosira* Ehrenberg (Bacillariophyceae). *Phycological Research* 54: 87–93.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00412.x>
- Gibson, J.A.E., Roberts, D. & Van de Vijver, B. (2006) Salinity control of the distribution of diatoms in lakes of the Bunge Hills, East Antarctica. *Polar Biology* 29: 694–704.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00300-006-0107-8>
- Gregory, W. (1857) On the Post-Tertiary diatomaceous and of Glenshira. Part II. *Transactions of the Microscopical Society of London* 5: 67–88.
- Horton, B.P., Corbett, R., Culver, S.J., Edwards, R.J. & Hillier, C. (2006) Modern saltmarsh diatom distributions of the Outer Banks, North Carolina, and the development of a transfer function for high resolution reconstructions of sea level. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69: 381–394.
- Hustedt, F. (1931) Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In: Dr. L. Rabenhorst's *Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft. Band 7, Teil 2, Lief. 1: 1–176.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Fisher, Stuttgart 2 (3): 576 pp.
- Krauss, F. (1845) Pflanzen des Cap- und Natal-Landes, gesammelt und zusammengestellt. *Flora oder Botanische Zeitung, Regensburg* 28: 337–344.
- Krasyesky, D.M., Meave del Castillo, E., Zamudio, E., Norris, J.N. & Fredericq, S. (2009) Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. In: Felder, D.L. & Camp, D. K. (eds) *Gulf of Mexico: Its Origin, Waters, and Biota*. I. Biodiversity. Texas A & M University Press, United States of America, pp. 155–185.
- Kützing, F.T. (1849) *Species Algarum*. Lipsiae. F.A. Brockhaus, 922 pp.
- Leśniewska, M. & Witak, M. (2008) Holocene diatom biostratigraphy of the SW Gulf of Gdańsk, Southern Baltic Sea (part III). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 37: 32–52.
<http://dx.doi.org/10.2478/v10009-008-0017-x>
- Leśniewska, M. & Witak, M. (2011) Diatoms as indicators of eutrophication in the SW part of the Gulf of Gdańsk, the Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 40: 68–81.
<http://dx.doi.org/10.2478/s13545-011-0008-5>
- López Fuerte, F.O., Siqueiros Beltrones, D.A. & Navarro, J.N. (2010) *Benthic diatoms associated with mangrove environments in the northwest region of México*. CONABIO-UABCS-CICIMAR-IPN, Comité Editorial de CICIMAR-Oceánides. México, 206 pp.
- Lyngbye, H.C. (1819) Tentamen hydrophytologiae danicae continens omnia hydrophyta cryptogama Daniae, Holsatiae, Faeroae, Islandiae, Groenlandiae hucusque cognita, systematice disposita, descripta et iconibus illustrata, adjectis simul speciebus norvegicis. pp. i–xxxii, 1–248, 70 pls. Hafniae [Copenhagen]: typis Schultzianis, in commissis Librariae Gyldendaliae.
- Majewska, R., Zgrundo, A., Lemke, P. & De Stefano, M. (2012) Benthic diatoms of the Vistula River estuary (Northern Poland): Seasonality, substrata preferences, and the influence of water chemistry. *Phycological Research* 60: 1–19.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1835.2011.00637.x>

- Mereschkowsky, C. (1902) Sur *Catenula*, un nouveau genre de diatomées. *Scripta Botanica (Botanisches Zapiski, St. Petersburg)* 19: 93–116.
- Morales, E.A. (2001) Morphological studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Connecticut waters (U.S.A.). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 151: 105–120.
- Morales, E.A. (2002) Studies in selected fragilarioid diatoms of potential indicator value from Florida (USA) with notes on the genus *Opephora* Petit (Bacillariophyceae). *Limnologica* 32: 102–113.
- Morales, E.A. & Edlund, M.B. (2003) Studies in selected fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from Lake Hovsgol, Mongolia. *Phycological Research* 51: 225–239.
- Morales, E.A. & Manoylov, K.M. (2006) Morphological studies on selected taxa in the genus *Staurosirella* Williams et Round (Bacillariophyceae) from rivers in North America. *Diatom Research* 21: 343–364.
- Morales, E.A., Novais, M.H., Chávez, G., Hoffmann L. & Ector, L. (2012) Diatoms (Bacillariophyceae) from the Bolivian Altiplano: three new araphid species from the Desaguadero River draining lake Titicaca. *Fottea* 12: 41–58.
- Partridge, T.C., Kerr, S.J., Metcalfe, S.E., Scott, L., Talma, A.S. & Vogel, J.C. (1993) The Pretoria Saltpan: a 200000 year Southern African lacustrine sequence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 101: 317–337.
- Poulin, M., Bérard-Therriault, L. & Cardinal, A. (1984) Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 3. Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae). *Naturaliste Canadien (Revue d'Ecologie et de Systématique)* 111: 349–367.
- Poulin, M., Bérard-Therriault & Cardinal, A. (1986) *Fragilaria* and *Synedra* (Bacillariophyceae): a morphological and ultrastructural approach. *Diatom Research* 1 (1): 99–112.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1986.9704961>
- Prasad, A.K.S.K. & Livingston, R.J. (1993) Frustule morphology of the planktonic pennate diatom *Fragilaria gessneri* Hustedt (Bacillariophyta) from the Florida coast of the Gulf of Mexico, with a description of *Desikaneis* gen. nov. *Phycologia* 32: 434–443.
<http://dx.doi.org/10.2216/i0031-8884-32-6-434.1>
- Prasad, A.K.S.K., Nienow, J.A. & Livingston, R.J. (1990) The genus *Cyclotella* (Bacillariophyta) in Choctawhatchee Bay, Florida, with special reference to *C. striata* and *C. choctawhatcheeana* sp. nov. *Phycologia* 29: 418–436.
- Rabenhorst, L. (1860) Die Algen Sachsens resp. Mittel-Europa's. Decas 95–96. nos 943–953.
- Rosen, B.H. & Lowe, R.L. (1981) Valve ultrastructure of some confusing Fragilariaceae. *Micron* 22: 293–294.
- Round, F.E. (1984) The circumscription of *Synedra* and *Fragilaria* and their subgroupings. In: Mann, D.G. (ed.). *Proceedings of the Seventh International Diatom Symposium*, Koeltz, Koenigstein, pp. 241–253.
- Round, F.E. & Bukhtiyarova, L. (1996) Four new genera based on *Achnanthes* (*Achnanthidium*) together with a re-definition of *Achnanthidium*. *Diatom Research* 11: 345–361.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1996.9705389>
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990) *The Diatoms. Biology & morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 741 pp.
- Ryves, D.B., Clarke, A.L., Appleby, P.G., Amsinck, S.L., Jeppesen, E., Landkildehus, F. & Anderson, N.J. (2004) Reconstructing the salinity and environment of the Limfjord and Vejlerne Nature Reserve, Denmark, using a diatom model for brackish lakes and fjords. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 1988–2006.
<http://dx.doi.org/10.1139/f04-127>
- Sabbe, K. (1997) Systematics and ecology of intertidal benthic diatoms of the Westerschelde estuary (The Netherlands). Thesis, University of Ghent, Ghent.
- Sabbe, K. & Vyverman, W. (1995) Taxonomy, morphology and ecology of some widespread representatives of the diatom genus *Opephora*. *European Journal of Phycology* 30: 235–249.
<http://dx.doi.org/10.1080/09670269500651011>
- Sar, E. (1996) Flora diatomologica de Bahía San Antonio (Prov. de Rio Negro, Argentina). O. Pennales I. *Revista del Museo de La Plata* 14, *Botánica* 107: 309–432.
- Sato, S., Kooistra, W.H.C.F., Watanabe, T., Matsumoto, S. & Medlin, L.K. (2008) A new araphid diatom genus *Psammoneis* gen. nov. (Plagiogrammaceae, Bacillariophyta) with three new species based on SSU and LSU rDNA sequence data and morphology. *Phycologia* 47: 510–528.
<http://dx.doi.org/10.2216/08-04.1>
- Schmidt, A. (1875) *Atlas der Diatomaceen-kunde*. Aschersleben, Commissions-Verlag Von Ludwig Siever's Buchhandlung Series I (Heft 7): pls 25–28.
- Simonsen, R. (1959) Neue Diatomeen aus der Ostsee. I. *Kieler Meeresforschungen* 15: 74–83.
- Simonsen, R. (1987) *Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt*. J. Cramer, Berlin, Stuttgart. Vol: 1–3, 525 pp., 772 pls.
- Snoeijs, P.J.M. (Ed.) (1993) *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*, Vol. 1. Baltic Marine Biologists Publication No. 16a. Opulus Press, Uppsala, 129 pp.
- Snoeijs, P.J.M., Hällfors, G. & Leskinen, E. (1991) The transfer of two epipsammic diatom species to the genus *Martyana*. *Diatom Research* 6: 165–173.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1991.9705155>
- Stockner, J.G. & Lund, J.W.G. (1970) Live algae in postglacial lake deposits. *Limnology and Oceanography* 15: 41–58.

- Stoermer, E.F. & Kreis, R.G.Jr. (1978) Preliminary checklist of diatoms (Bacillariophyta) from the Laurentian Great Lakes. *International Association for Great Lakes Research* 4: 149–169.
- Sullivan, M.J. (1982) Similarity of an epiphytic and edaphic diatom community associated with *Spartina alterniflora*. *Transactions of the American Microscopical Society* 101: 84–90.
- Torgan, L.C., Donadel, L. & Gonçalves da Silva, J. (2010) A transferência de *Navicula sovereignae* Hustedt para o gênero *Placoneis* Mereschkowsky (Bacillariophyta). *Iheringia, Série Botânica, Porto Alegre* 65: 107–114.
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2006) Examination of the type material of *Synedra rumpens*=*Fragilaria rumpens*, Bacillariophyceae. *Phycological Research* 54: 99–103.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00414.x>
- Tuji, A. & Williams, D.M. (2008) Examination of types in the *Fragilaria pectinalis-capitellata* species complex. In: Likhoshway Y. (ed.). Proceedings of the 19th International Diatom Symposium, Listvyanka, Russia, 2006. Biopress Limited, Bristol, U.K. pp. 125–139.
- Ulanova, A. & Snoeijs, P. (2006) Gradient responses of epilithic diatom communities in the Baltic Sea proper. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68: 661–674.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2006.03.014>
- Ulanova, A., Busse, S. & Snoeijs, P. (2009) Coastal diatom-environment relationships in the brackish Baltic Sea. *Journal of Phycology* 45: 54–68.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00628.x>
- Van Heurck, H. (1881) Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. Ducaju & Cie., Anvers. pls 31–77.
- Verweij, G. & Mertens, A. (2008) Prepareermethoden onder de loep. *Diatomededelingen* 32: 45–51.
- Vilbaste, S., Sundbäck, K., Nilsson, C. & Truu, J. (2000) Distribution of benthic diatoms in the littoral zone of the Gulf of Riga, the Baltic Sea. *European Journal of Phycology* 35: 373–385.
<http://dx.doi.org/10.1080/09670260010001735981>
- Weckström, K. & Juggins, S. (2005) Coastal diatom-environment relationships from the Gulf of Finland, Baltic Sea. *Journal of Phycology* 42: 21–35.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1529-8817.2006.00166.x>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1987) Revision of the genus *Fragilaria*. *Diatom Research* 2: 267–288.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1987.9705004>
- Williams, D.M. & Round, F.E. (1988) *Fragilarifoma*, nom. nov., a new generic name for *Neofragilaria* Williams & Round. *Diatom Research* 3: 265–267.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1988.9705039>
- Witak, M. (2013) Diatom biofacies in the SW Gulf of Gdańsk and the Vistula Lagoon (the southern Baltic Sea) as indicators of the basin evolution in the Middle and Late Holocene. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 42: 70–88.
<http://dx.doi.org/10.2478/s13545-013-0052-4>
- Witak, M. & Jankowska, D. (2005) The Vistula Lagoon evolution based on diatom records. *Baltica* 18: 68–76.
- Witak, M., Boryn, K. & Mayer, A. (2005) Holocene environmental changes recorded by diatom stratigraphy in the Vistula Lagoon. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 34: 111–113.
- Witak, M. & Dunder, J. (2007) Holocene diatom biostratigraphy of the SW Gulf of Gdańsk, Southern Baltic Sea (part II). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 36: 3–20.
<http://dx.doi.org/10.2478/v10009-007-0021-6>
- Witkowski, A. (1993a) *Fragilaria gedanensis* sp. nov. (Bacillariophyceae), a new epipsammic diatom species from the Baltic Sea. *Nova Hedwigia* 56: 497–503.
- Witkowski, A. (1993b) *Fallacia florinae* (Moeller) comb. nov., a marine, epipsammic diatom. *Diatom Research* 8: 215–219.
<http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.1993.9705254>
- Witkowski, A. & Lange-Bertalot, H. (1993) Established and new diatom taxa related to *Fragilaria schulzii* Brockmann. *Limnologica* 23: 59–70.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (1996) The diatom species *Fragilaria martyi* (Heribaud) Lange-Bertalot, identity and ecology. *Archiv für Protistenkunde* 146: 281–292.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. & Metzeltin, D. (2000) Diatom flora of marine coasts I. *Iconographia Diatomologica* 7: 1–925.
- Witkowski, A., Cedro, B., Kierzek, A. & Baranowski, D. (2009) Diatoms as a proxy in reconstructing the Holocene environmental changes in the south-western Baltic Sea: the lower Rega River Valley sedimentary record. *Hydrobiologia* 631: 155–172.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-9808-7>
- Wulff, A., Vilbaste, S. & Truu, J. (2005) Depth distribution of photosynthetic pigments and diatoms in the sediments of microtidal fjord. *Hydrobiologia* 534: 117–130.
- Zgrundo, A. & Bogaczewicz-Adamczak, B. (2004) Applicability of diatom indices for monitoring water quality in coastal streams in the Gulf of Gdansk Region, northern Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 33: 31–46.
- Zgrundo, A., Dziengo-Czaja, M., Bubak, I. & Bogaczewicz-Adamczak, B. (2009) Studies on the biodiversity of contemporary diatom assemblages in the Gulf of Gdańsk. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 37, Supplement 2: 139–153.

***Seminavis recta* comb. nov. et stat. nov.: morphology and distribution in salt marshes from southern Brazil**

Dávia TALGATTI¹, Lucielle M. BERTOLLI¹ & Lezilda C. TORGAN^{1,2}

¹*Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves nº 9500, Campus do Vale, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil; e-mail: daviatalgatti@gmail.com*

²*Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais, Rua Doutor Salvador França, 1427, Jardim Botânico, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS, Brazil*

Abstract: *Cymbella (Encyonema) grossestriata* var. *recta* was studied based on analysis of the type material from Argentina and newly collected material from southern Brazil. In light microscopy the taxon presents dorsiventral valves, asymmetric and expanded central area, striae slightly radiate at the ends, becoming strongly radiate, and sigmoid in the center of valve. In scanning electron microscopy it is possible to observe features that are similar to the *Navicula* genus, such as slit-like areolae, accessory rib in the primary side, which is wider (expanded) at the center and valves with a marked virgae. Beyond these features the presence of two chloroplasts per cell definitively excludes the taxon from the Cymbellales group and allows us to transfer it to the genus *Seminavis*. *Seminavis recta* comb. et stat. nov. was found associated to *Spartina* and *Scirpus* species and living in the sediment of salt marshes in oligo to mesohaline zones, in a wide range of temperature and pH. This species is rare, and has been reported only to South America until now.

Key Words: brackish water, *Cymbella (Encyonema) grossestriata* var. *recta*, diatom, epiphyton, *Navicula norae*, sediment

INTRODUCTION

Seminavis, described by Mann in ROUND et al. (1990) has valves semi-lanceolate and strongly dorsiventral. This genus is different from *Amphora* EHRENBERG ex KÜTZING *sensu lato* by containing two elongated plastids of unequal size and uniseriate striae, which have apically elongate areolae (slit-like). *Cymbella* C. AGARDH *sensu lato* and *Encyonema* KÜTZING *sensu lato* present the same valvar shape. However, *Seminavis* has

neither stigmata nor pore fields and it has both proximal and distal raphe ends dorsally deflected.

The morphology of the plastids, the internal raphe sternum with lateral fissure, the presence of accessory rib, and slit-like areolae are the main features that approach *Seminavis* to *Navicula* BORY “*sensu stricto*”, both genera are separated by dorsiventral lateral symmetry (COX & REID 2004).

After the initial description of *Seminavis*, eighteen species were combined and discovered in this genus occurring in marine and brackish waters (ROUND et al. 1990, DANIELIDIS & MANN 2002 & 2003, COX & REID 2004, DANIELIDIS et al. 2006, GARCIA 2007, WACHNICKA & GAISER 2007, WITKOWSKI et al. 2000). Up to now, the species recorded from Brazil are *S. atlantica* GARCIA by GARCIA (2007) and SOUZA-MOSIMANN et al. (2011), *S. robusta* DANIELIDIS & MANN (as *Amphora angusta* GREGORY and *Amphora angusta* var. *ventricosa* (GREGORY) CLEVE) by MOREIRA-FILHO (1959), MOREIRA-FILHO & KUTNER (1962) and FERNANDES et al. (1990), and *S. strigosa* (HUSTEDT) DANIELIDIS & ECONOMOU-AMILLI by SILVA et al. (2010).

The low number of *Seminavis* species found in Brazil is probably related to the few taxonomic studies performed on the coast and probably due to the little attention given to rare taxa. The review of similar genera like *Amphora* and *Cymbella* can increase the species number and contribute to delimitate the *Seminavis* genus (DANIELIDIS & MANN 2003, COX & REID 2004).

Cymbella (Encyonema) grossestriata O. MÜLLER var. *recta* FRENGUELLI was originally illustrated by FRENGUELLI (1938, plate I, fig 20) based on material from the Matanza river estuary (Argentina). METZELTIN et al. (2005) found this variety in Laguna Rocha (Uruguay) and proposed a new name to the taxon (*Navicula norae*

METZELTIN, LANGE-BERTALOT & GARCIA-RODRIGUEZ), justifying that this variety could not be combined intra-specifically with *Cymbella grossestriata* O. MÜLLER since it does not belong to the genera *Cymbella* C. AGARDH or *Encyonema* KÜTZING. The epithet “*recta*” was not used because it was already established as the species *Navicula recta* BRUN & HERIBALD. Afterwards the taxon was recorded as *Cymbella grossestriata* by SILVA et al. (2010) for southern Brazil. However, when specimens found in salt marshes from Brazil and the type material of *Cymbella (Encyonema) grossestriata* var. *recta* from Dr. J. Frenguelli Collection (LP, Museo de La Plata, Argentina) were analyzed in light and electron microscopy, we observed that both do not belong either to *Cymbella* (or *Encyonema*) or to *Navicula*, but rather to the *Seminavis* genus. Therefore, the transfer of this taxon to *Seminavis* is proposed.

MATERIAL AND METHODS

Samples were gathered from superficial sediment and from stems of herbaceous plants (see list in Table 1) in three sites located in the salt marshes of the Patos lagoon estuary (31°57’S–52°06’W) in southern Brazil (Fig. 1). The sampling was carried out in September 2010 (winter) and February 2011 (summer).

For the analysis of the epipelton the superficial sediment was collected with a core (10 cm of diameter; 2 cm of depth) and at the same time the pH, salinity and temperature were measured in the interstitial water using pH meter (PHTEK[®]), salinometer (YSI[®] 30) and thermometer (Incoterm[®]). In laboratory, live motile diatoms were isolated from sediment by the “Trapping method” adapted from Eaton & Moss (1966) and Laudares-Silva & Cimardi (1989).

Epiphyton was scraped from plant stems using a metal blade. The scraped sections corresponded to the 5 cm portions of the stem adjacent to the ground which were submerged at the moment of sampling. The material was fixed with formaldehyde (4%) after collection.

Epipelagic and epiphytic samples were processed using nitric acid and mounted on slides using Naphrax[®]. For light microscopy (LM) analysis we used a Zeiss Axioplan LM with a Axiocam ERc 5s camera. For scanning electron microscopy (SEM) a Jeol JSM-5200 (20 mm working distance, 15 kV) and a Jeol JSM-6060 (10 mm working distance, 20 kV) were used. Permanent slides are held at the Diatom Collection of Herbarium HAS (accession numbers 6242–6264; 6497–6517), Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

The investigated material included five slides and raw material from the type of *Cymbella (Encyonema) grossestriata* var. *recta* from the Herbarium of the División Ficología of the Facultad de Ciencias Naturales y Museo (LP), collection Dr. J. Frenguelli (series 403). The slides were observed using a Leica DM 2500 with DIC (Differential Interference Contrast) and camera Leica DFC 420 C located at the Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, Argentina. Small portion of raw sample were prepared and mounted on stubs to observe under SEM.

Morphological terminology follows ANONYMOUS (1975), BARBER & HAWORTH (1981), ROUND et al. (1990) and DANIELIDIS & MANN (2002). All figures were assembled using Corel Designer X6[®].

RESULTS AND DISCUSSION

Seminavis recta (FRENGUELLI) TALGATTI & TORGAN *comb. et stat. nov.* (Figs 3–44)

Basionym: *Cymbella* (*Encyonema*) *grossestriata* O. MÜLLER var. *recta* FRENGUELLI 1938. *Revista del Museo de La Plata*, nueva serie 1, Paleontologia 5, p. 303, lam. I, fig. 20.

Synonym: *Navicula norae* METZELTIN, LANGE-BERTALOT & GARCÍA-RODRÍGUEZ 2005. *Diatoms of Uruguay*, *Iconographia Diatomologica*, Volume 15, p.138, figs 43: 1–5.

Type locality: Argentina, Matanza river estuary in Buenos Aires, 12 February 1928 (LP 403).

Original description: “*Valvis asymmetricice lanceolatis, apicibus rectis, subcuneato-rotundatis; 90–93 μ longis, 20 μ latis: striis transversis transverse lineolatis, validis, radiantibus, in valvae medio 4–5, ad apices 7 in 10 μ , lineolis 16–17 in 10 μ . Ceterum ut in typo.*”

Morphology

Light microscopy: The valves are dorsiventral, semilanceolate with dorsal margin arched and ventral margin slightly convex. The ends are rounded to cuneate and slightly arched to straight towards the center of the valve (Figs 3–35). The cell contains two plastids, one lying along each side of the girdle, which in valvar view shows long strips next to the border of the dorsal and ventral side; the dorsal plastid is larger than the

ventral (Fig. 8). The central area is expanded and asymmetric, from circular to elliptic (Figs 17, 20) or not expanded but widening on the dorsal side following the axial area and on the ventral side it is rounded (half circle) (Figs 15, 28, 35). The striae are slightly radiate at the ends, becoming strongly radiate, and sigmoid in the center of the valve (Figs 7b, 13, 16, 32, 35). In some specimens at the valve center there are one or two shortened striae that can be at the dorsal or ventral side (Figs 7b, 11, 16, 18). Length 61.8–110.94 μm , width 12.5–18.3 μm . Dorsal central striae 5–7 in 10 μm , ventral central striae 5–8 in 10 μm , at the ends 7–8 in 10 μm .

Electron microscopy: In external view, the raphe is filiform and straight until near the middle of the valve, where it is slightly deflected to the ventral side (Fig. 38). The proximal and distal raphe ends are dorsally deflected to secondary side, where the Voigt fault is. (Figs 36–40). The proximal raphe ends are slightly expanded and drop-like (Fig. 38). The distal raphe ends are strongly hooked onto the secondary side (Figs 40, 42). The axial area is narrow and slightly raised (Fig. 38, 39). The areolae are apically elongate, slit-like (22–24 in 10 μm) starting on the mantle margin and following until the axial area, except at in the center of dorsal and ventral side where shortened striae are usually found (Figs 39, 41, 44).

In internal view, the proximal raphe ends appear continuous. The distal raphe ends terminate in the helictoglossa (Fig. 43). The raphe canal is accompanied by an accessory rib in the primary side, which is wider (expanded) at the center and is not interrupted (Fig. 44). A simple pore is observed at the apices (Fig. 43). The valves have a marked virgae (Fig. 44). The areolae are elliptical, occluded and together with vimines are strongly lower than the virgae (Fig. 44).

Comparison with the type material

FRENGUELLI (1938) when described *C. grossestriata* var. *recta* compared this taxon with other varieties of the species and concluded that the differences between them were the apices and the ventral side shapes. *Cymbella grossestriata* var. *obtusiuscula* Müller and *C. grossestriata* var. *javanica* Hustedt have oblique apices and ventral side with straight or gibbous edges, whereas *C. grossestriata* var. *recta* has apices gradually cuneate (never rostrate) and convex edge in ventral side (Figs 3–35).

The rare specimens found in the sample number 403 from Frenguelli Collection (Figs 3–7c) were broken, but it was possible to relate them to the authors's drawing (Fig. 2). We also found smaller specimens in this Collection (Table 2), with a higher number of the striae and lineolae than those recorded by FRENGUELLI (1938). Such specimens have similar dimensions and shape to those of Brazilian (Figs 8–35) and Uruguayan material (Table 2). However, some specimens from the Frenguelli Collection have shortened striae at the center of the valve, like the specimens from the Brazilian salt marsh, which can be viewed using light microscope (Figs 5b, 7b, 11, 16, 18). In the specimens showed by METZELTIN et al. (2005, Plate 43, figs. 1–4) the presence of these shortened striae is not clear. The observation of these striae probably is related with the position of the valve on the slide, nevertheless during the analysis of the individuals on SEM it was possible to visualize that these shortened striae are on the valve mantle (Fig. 41). Our efforts to observe unmounted material from the type collection of *C. grossestriata* var. *recta* in SEM was unsuccessful because the material was rare in the sample, as mentioned also by FRENGUELLI (1938).

Comparison with similar taxa

Cymbella grossestriata MÜLLER differs morphologically from *Seminavis recta* by shorter length, greater breadth, ventral side with gibbous edge, dorsal and ventral striae strongly divergent and poles narrowly rounded (Table 2).

Cymbella pusilla GRUNOW (*in* SCHIMIDT 1874–1959) was illustrated in electronic microscopy by COX (1979), and it was transferred to *Seminavis* by COX & REID (2004) based on a cladistic analysis. *Seminavis pusilla* (GRUNOW) COX & REID and *S. recta* have a similar shape, however the first one shows smaller dimensions and more delicate striations (Table 2).

Seminavis atlantica GARCIA can be distinguished from *S. recta* by denser striae and areolae and a different valve outline (see GARCIA 2007, fig. 10). In *S. atlantica* the ventral margin is slightly concave and the dorsal margin is convex-linear, while in *S. recta* the ventral margin is slightly convex and the dorsal margin is strongly arched.

Seminavis robusta DANIELIDIS & MANN presents smaller dimensions and higher striae density (16–19.3 striae in 10 µm) than *S. recta*. Furthermore, *S. robusta* has a broad axial area at the dorsal side and internally does not have expanded accessory rib at the center of the valve (see DANIELIDIS & MANN 2002, figs. 49, 51).

Seminavis strigosa (HUSTEDT) DANIELIDIS & ECONOMOU-AMILLI presents shorter dimensions and has a higher striae and areolae density than *S. recta* (Table 2). Furthermore, the first species shows a straight ventral margin and central area more expanded.

Ecology and distribution

Seminavis recta occurred concomitantly in the epipelon and epiphyton (Table 1). The species was found alive in temperatures between 15.4 °C and 29 °C, pH between 6.6 and 8.6, and in oligo to mesohaline zone (salinity between 1.5 and 15) (Table 1). It is important to point out that *S. recta* did not show specificity with any kind of plant, occurring in association with *Spartina alterniflora* Loisel., *S. densiflora* Brongn. and *Scirpus maritimus* L. (Table 1).

Seminavis recta from Brazilian salt marshes was found in sediment composed by sand and clay. In the estuary of Matanza river (Argentina) where the species was first described, and in Laguna Rocha (Uruguay) a shallow lagoon with a wide salinity range (METZELTIN & GARCÍA-RODRIGUEZ 2003) the sediment is also composed by clay and sand.

Afterwards, SILVA et al. (2010) recorded *S. recta* (as *Cymbella grossestriata*) for the salt marshes of Patos Lagoon estuary. The authors found this species in summer and autumn, in the oligohaline zone (salinity= 5), with temperature ranging between 24.1 °C and 27.1 °C and the pH between 5.3 and 7.3 (personal communication).

The occurrence of living individuals of *S. recta* in a wide range of salinity and simultaneously in the epipelon and epiphyton should be related to the system's dynamics. The salt marshes of the Patos Lagoon estuary endure a constant variation of the water level and of salinity which depends on the meteorological conditions (direction of wind and pluviosity) in the region.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for a doctoral grant to the first and second authors. To César Serra Bonifácio Costa, Instituto de Oceanografia, Laboratório de Ecologia Vegetal Costeira, Universidade Federal do Rio Grande, for support and help in fieldwork and to the Centro de Microscopia Eletrônica at the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) for SEM support. We are also thankful to Dr. Martha E. Ferrario and Lic. José María Guerrero, División Ficología, Collection of the Dr. Joaquín Frenguelli of the Museo de La Plata (Argentina) for providing the Frenguelli's type material of *Cymbella* (*Encyonema*) *grossestriata* var. *recta*, to Dr. Eugenia A. Sar and Dr. Inês Sunesen, División Ficología, Universidad Nacional de La Plata (Argentina) for technical support. We appreciate Dr. H. D. Laughinghouse IV and R. M. Fischer for reviewing the English text.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1975): Proposals for standardization of diatom terminology and diagnoses. *Nova Hedwigia*, Beiheft 53: 323–354.
- BARBER, H.G. & HAWORTH, E.V. (1981): A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British freshwater genera-Freshwater Biological Association Scientific Publication 44: 1–112.
- COSTA, C.S.B. (1998): Irregularly flooded marginal marshes. – In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J. P. (eds): Subtropical convergence environments: the coast and sea in the Southwestern Atlantic. 72–77, Berlin, Springer-Verlag.

- COX, E.J. (1979): Symmetry and valve structure in naviculoid diatoms. *Nova Hedwigia*, Beiheft 64: 193–206.
- COX, E.J. & G. REID. (2004): Generic relationships within the Naviculineae: A Preliminary Cladistic Analysis. IN: POULIN, M. (ED), Proceedings of the 17th International Diatom Symposium, Ottawa, Canada, August 2002. Biopress Limited, Bristol, U.K. pp. 49–62.
- DANIELIDIS, D.B. & MANN, D.G. (2002): The systematics of *Seminavis* (Bacillariophyta): the lost identities of *Amphora angusta*, *A. ventricosa* and *A. macilenta*. *Eur. J. Phycol.* 37: 429–448.
- DANIELIDIS, D.B. & MANN, D.G. (2003): New species and new combinations in the genus *Seminavis* (Bacillariophyta). *Diatom Res.* 18 (1): 21–39.
- DANIELIDIS, D.B., FORD, K. & KENNETT, D. (2006): Transfer of *Amphora eulensteinii* Grunow to the genus *Seminavis* D. G. Mann. *Diatom Res.* 21 (1): 71–80.
- EATON, J.W. & MOSS, B. (1966): The estimation of numbers and pigment content in epipelagic algal populations. *Limnol. Oceanogr.* 11: 584–595.
- FERNANDES, L.F., SOUZA-MOSIMANN, R.M. & FERNANDES, G.F. (1990): Diatomáceas (Bacillariophyceae) do Rio Ratonas, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil I- baixo curso e estuário. *Ínsula* 20: 11–112.
- FRENGUELLI, J. (1938): XIII Contribución al conocimiento de las diatomeas argentinas. Diatomeas del Querandinense Estuarino del Río Matanza em Buenos Aires. *Rev. Mus. La Plata (n.s.)* 1, Paleontología 5: 291–314.
- GARCIA, M. (2007): *Seminavis atlantica* Garcia, a new psammic diatom (Bacillariophyceae) from southern Brazilian sandy beaches. *Braz. J. Biol.* 67 (4): 765–769.

- LAUDARES-SILVA, R. & CIMARDI, J.M. (1989): Nota sobre a utilização do “Trapping Method” no estudo das diatomáceas epipélicas do manguezal de Ratonés – Florianópolis – SC. *Ínsula* 19: 299–304.
- METZELTIN, D. & GARCÍA-RODRIGUEZ, F. (2003): *Las Diatomeas Uruguayas*. – 207 pp., D.I.R.A.C. Ediciones, Faculdade de Ciências, Montevideo.
- METZELTIN, D., LANGE-BERTALOT, H. & GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. (2005): Diatoms of Uruguay. *Iconogr. Diatomol.* 15: 1–736.
- MOREIRA-FILHO, H. (1959): Diatomáceas do Paraná – I. A flora diatomológica no Sargassum. *Boletim do Instituto de História Natural* 1 (2): 1–22.
- MOREIRA-FILHO, H. & KUTNER, M. (1962): Contribuição para o conhecimento das diatomáceas do manguesal de Alexandra. *Boletim da Universidade do Paraná, Bot. Curitiba* 4: 1–24.
- MÜLLER, O. (1905): Bacillariaceen aus dem Nyassaland und einigen benachbarten Gebieten. III Folge, Naviculoideae-Naviculeae-Gomphoneminae-Gomphocymbellinae-Cymbellinae. Nitzschioideae-Nitzschieae. (Engler's) *Botanische Jahrbucher für Systematik, Pflanzengeschichte, und Pflanzengeographie* 36: 137–206.
- ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M. & MANN, D.G. (1990): *The Diatoms. Biology & morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 741 pp.
- SCHMIDT, A. (1874–1959): *Atlas der Diatomaceen-Kunde*, Leipzig.
- SILVA, J.G., TORGAN, L.C. & CARDOSO, L.C. (2010): Diatomáceas (Bacillariophyceae) em marismas no sul do Brasil. *Acta Bot. Bras.* 24 (4): 935–947.

SOUZA-MOSIMANN, R.M., LAUDARES-SILVA, R., TALGATTI, D. & D'AQUINO-ROSA, V.

(2011): The diatom flora in Conceição Lagoon, Florianópolis, SC, Brazil.

Ínsula 40: 25–54.

WACHNICKA, A. & GAISER, E. (2007): Characterization of *Amphora* and *Seminavis*

from south Florida, U.S.A.. *Diatom Res.* 22 (2): 387–455.

WITKOWSKI, A., LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (2000): Diatom flora of

marine coasts I. *Iconogr. Diatomologica* 7: 1–925.

Table 1. Distribution of the *Seminavis recta* on epipelon and epiphyton along the sites (IP= Ilha da Pólvora, SS= Saco do Silveira and SJN= São José do Norte) in winter 2010 and summer 2011, and physical and chemical data of the sediment.

| Samples | Epipelon | Epiphyton | Salinity | Temperature | pH | Plants |
|---------------|----------|-----------|----------|-------------|-----|--------------------------------------|
| winter | | | | | | |
| IP 1A | X | X | 3.4 | 16.7 | 7.3 | <i>Scirpus maritimus</i> L. |
| IP 1B | X | X | 3 | 15.4 | 7.2 | <i>Spartina densiflora</i> Brongn. |
| IP 1C | X | X | 1.5 | 15.9 | 6.8 | <i>S. maritimus</i> |
| SS 2A | 0 | 0 | 0.1 | 20.6 | 8.8 | <i>Juncus kraussii</i> Hochst. |
| SS 2B | 0 | 0 | 0.3 | 21.2 | 7.8 | <i>J. kraussii</i> |
| SS 2C | 0 | 0 | 0.3 | 20.4 | 7.1 | <i>S. densiflora</i> |
| SJN 3A | 0 | 0 | 1.2 | 17 | 7.2 | <i>Spartina alterniflora</i> Loisel. |
| SJN 3G | 0 | 0 | 1.9 | 19.1 | 7.7 | <i>S. alterniflora</i> |
| SJN 3i | 0 | 0 | 1.9 | 21.5 | 7.7 | <i>S. densiflora</i> |
| summer | | | | | | |
| IP 1A | X | X | 14 | 28 | 8.6 | <i>S. alterniflora</i> |
| IP 1C | X | X | 8 | 29 | 6.6 | <i>S. maritimus</i> |
| IP 1K | 0 | 0 | 19.5 | 25 | -- | <i>S. alterniflora</i> |
| SS 2A | 0 | 0 | 15 | 27 | 7.9 | <i>J. kraussii</i> |
| SS 2D | 0 | 0 | 16 | 25 | 7.5 | <i>J. kraussii</i> |
| SS 2F | 0 | 0 | 15 | 26 | 6.8 | <i>S. densiflora</i> |
| SJN 3D | 0 | 0 | 35 | 27 | 7.3 | <i>S. alterniflora/ J. kraussii</i> |
| SJN 3G | 0 | 0 | 30 | 27 | -- | <i>S. alterniflora</i> |
| SJN 3i | X | X | 15 | 28 | 7.4 | <i>S. alterniflora</i> |

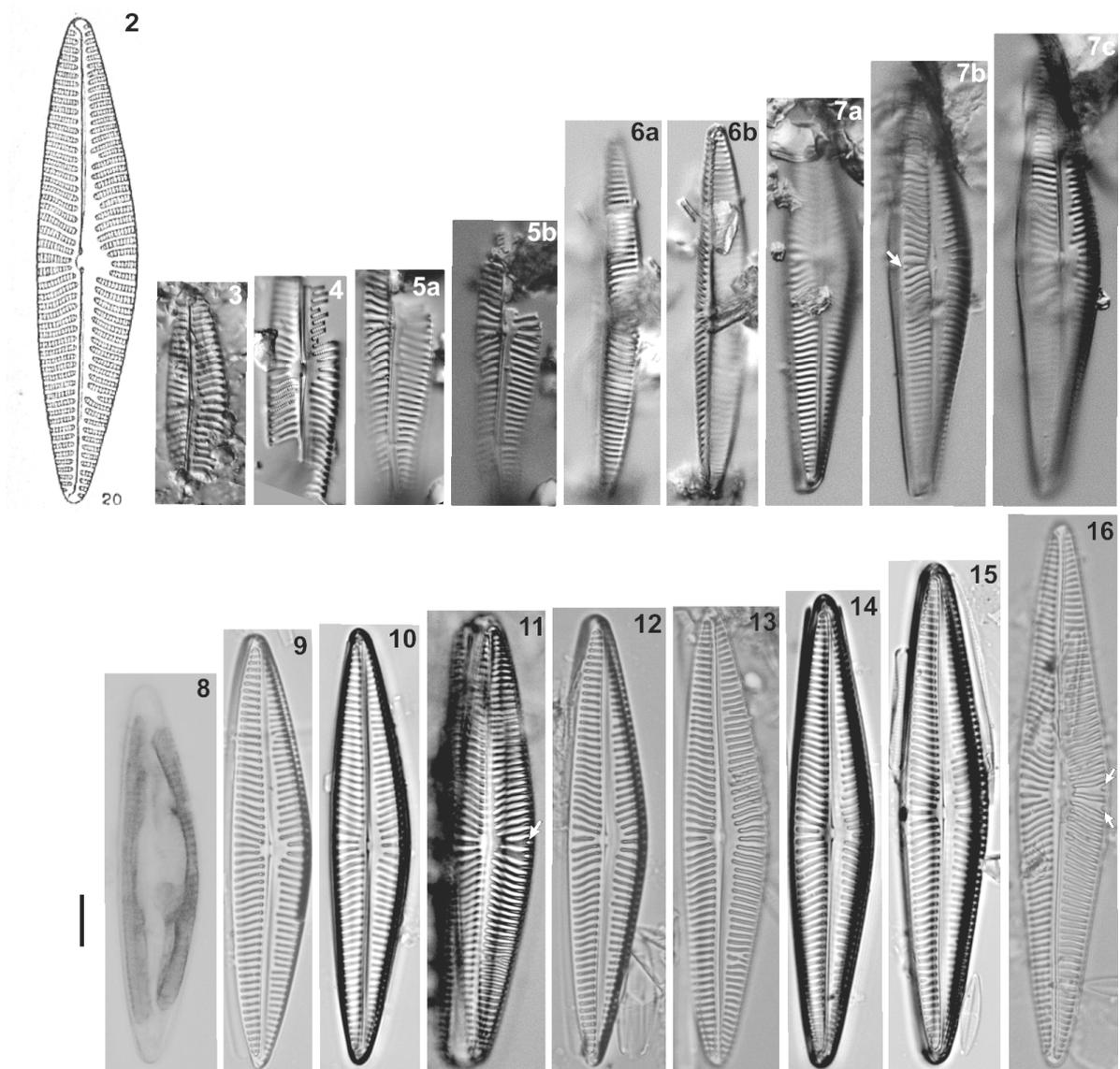
Table 2. Morphometric features of *Seminavis recta* (new and type material) and comparison with similar taxa of *Cymbella* and *Seminavis*.

| Features | <i>Cymbella grossistriata</i> | <i>Cymbella (Encyonema) grossistriata</i> var. <i>recta</i> | <i>Navicula norae</i> | <i>Cymbella pusilla</i> | <i>Seminavis atlantica</i> | <i>Seminavis recta</i> | <i>Seminavis robusta</i> | <i>Seminavis strigosa</i> | |
|-----------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | MÜLLER (1905) | FRENGUELLI (1938) | FRENGUELLI Collection (n=5) | METZELTIN et al. (2005) | SCHMIDT (1874–1959) | GARCIA (2007) | This study (n=35) | DANIELIDIS & MANN (2002) | DANIELIDIS & MANN (2003) |
| Length (µm) | 58 | 90–93 | 69.09–96 | 86–107.5 | 30–36* | 64.5–100 | 61.8–110.94 | 34–68 | 21–38 |
| Breadth (µm) | 22 | 20 | 13.6–16.2 | 17.5–20 | 6–7.5* | 7–12 | 12.5–18.3 | 6.5–9.5 | 3.5–6.2 |
| Dorsal striae /10 µm | 5 | 4–5 | 6 | 4–5 | 12–13* | 11–14 | 5–7 | 17–20.7 | 17.5–24.5 |
| Ventral striae /10 µm | 3–4 | 4–5 | 6–7 | 4–5 | 13–14* | 11–14 | 5–8 | 16–19.3 | 16–23 |
| Poles striae /10 µm | 8–9 | 7 | 8 | 6 | 14* | 11–14 | 7–8 | -- | 20–35* |
| Arcolae/10 µm | -- | 16–17 | 22–24 | 18 | -- | 60–70* | 18–24 | 20–24 | ~50–70* |

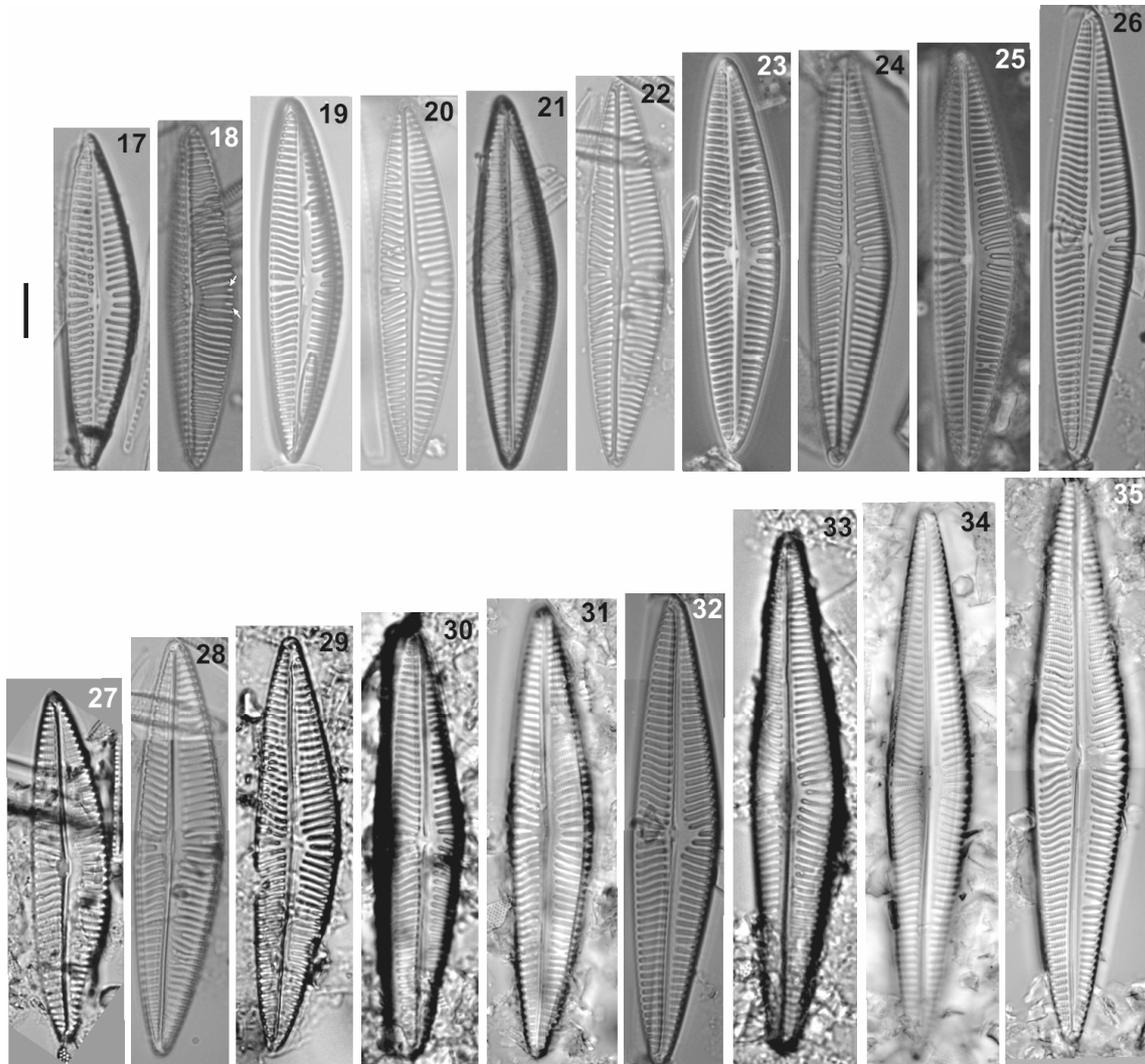
* measured in the illustrations.



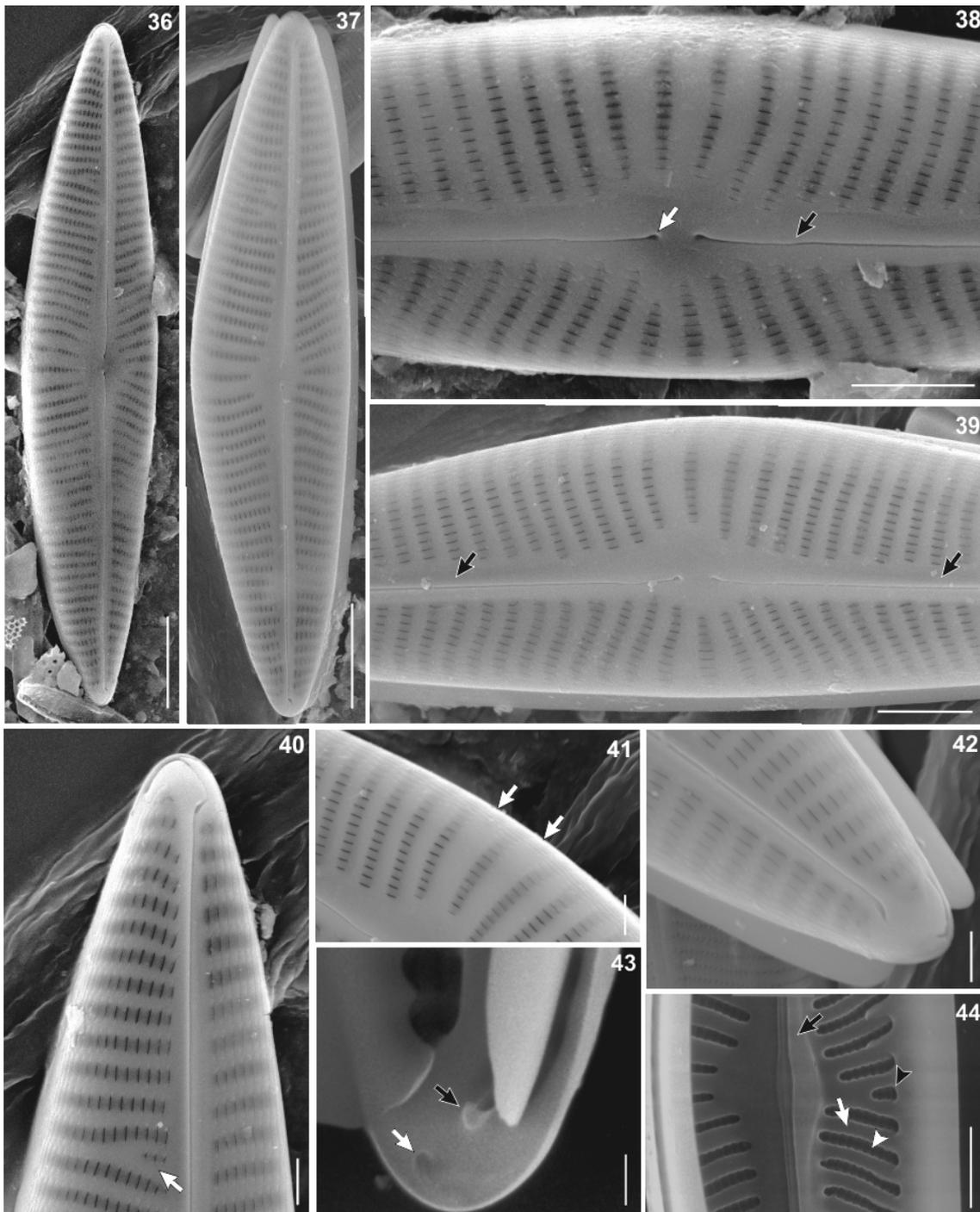
Fig. 1. Location of sampling sites (SS= Saco do Silveira; IP= Ilha da Pólvora and SJN= São José do Norte) in salt marshes at Patos lagoon estuary, southern Brazil. Modified from COSTA (1998).



Figs 2–16. LM images of *Seminavis recta* comb. nov et stat. nov.; (2). Iconotype of the *Cymbella grossestriata* var. *recta* by Frenguelli (1938, fig. 20) showing specimen in valvar view; (3–7c). Images of specimens from the Frenguelli Collection (type, sample 403, LP); (7b). Arrows indicate shortened striae in ventral side; (8–16). Epipelagic specimens from Brazilian salt marshes; (8). Image showing cell containing two plastids. (11). Arrows indicate shortened striae in dorsal side; Scale bar 10 μ m.



Figs 17–35. LM images of *Seminavis recta* comb. nov et stat. nov.; (17–35). Specimens from Brazilian salt marshes; (17–26). Images of the specimens from the epipelon; (17). Arrows indicate shortened striae in ventral side; (27–35). Images of the specimens from the epiphyton. Scale bar 10 μ m.



Figs 36–44. SEM images of *Seminavis recta* comb. nov. et stat. nov. (material from Brazilian salt marshes); (36, 37). External view of the valve; (38). External view of the center of the valve showing the raphe slightly deflected to ventral side (black arrow) and proximal raphe ends slightly expanded and drop-like (white arrow); (39). Shape of central area, striae pattern and axial area slightly raised (black arrow); (40) Apice of valve showing distal raphe ends strongly hooked onto secondary side and Voigt fault (white arrow); (41). Detail of the center of the dorsal side showing two shortened striae onto the valve mantle (white arrow); (42). Detail of distal raphe ends deflected to dorsal side; (43, 44). Internal view of the valve; (43). Distal raphe ends terminated in helictoglossae (black arrow) and apical simple pore (white arrow); (44). Center of valve showing accessory rib expanded to ventral side and no interrupted (black arrow), a thickened virgae (white arrow), vimines (white arrow head) and shortened stria in the ventral side (black arrow head). Scale bars 10 μm (36, 37); 5 μm (38, 39, 41); 2 μm (40, 42); 1 μm (43, 44).

***Haslea sigma* (Naviculaceae, Bacillariophyta) a new sigmoid species from Southern Brazil**

DÁVIA TALGATTI^{1*}, EUGENIA SAR² & LEZILDA C. TORGAN^{1,3}

¹*Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves nº 9500, Campus do Vale, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil (Corresponding author: daviatalgatti@gmail.com)*

²*División Ficología “Dr. Sebastián A. Guarrera”, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Paseo del Bosque s/n, 1900, La Plata, Argentina*

³*Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Museu de Ciências Naturais, Rua Salvador França, 1427, Jardim Botânico, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS, Brazil*

Abstract

A new sigmoid diatom species *Haslea sigma sp. nov.* was found alive in sediment composed by clay and silt in salt marshes in southern Brazil. The species is morphologically distinctive by the following combination of characters: 1) sigmoid valve, 2) thickened virgae forming a pseudostauros, 3) central raphe fissures almost straight and 4) terminal raphe fissures slightly curved. It was analyzed in light and electron microscopy and compared with the sigmoid *Haslea nipkowitzii* and with other spindle-shaped *Haslea* taxa presenting pseudostauros.

Key words: diatoms, benthic species, brackish water, *Haslea sigma sp. nov.*, taxonomy

Introduction

The genus *Haslea* was described by Simonsen (1974: 46) and interpreted as a link between the section Fusiformes Cleve (1894) of *Navicula* Bory (1822: 128), similar in outline and structure, and some species of *Gyrosigma* Hassall (1845: 435) and *Pleurosigma* W. Smith (1852: 2), similar in the central nodule morphology. In the protologue the genus was characterized as having “outline spindle-shaped, with acute ends and convex sides rarely parallel in the middle”, *Haslea ostrearia* (M. B. Gaillon) Simonsen (1974: 47) was designated as generotypus, and eleven species of *Navicula* were transferred to erected genus, two new species were described.

Subsequently, Poulin *et al.* (2004) transferred *Gyrosigma nipkowii* Meister (1932: 43) to *Haslea* under the name *Haslea nipkowii* (Meister) Poulin & Massé (*in* Poulin *et al.* 2004: 184) based on ultrastructural features, hydrocarbons and molecular analysis, thus the genus began to include species with sigmoid outline.

On the basis of criteria given by Simonsen (1974), Round *et al.* (1990), Massé *et al.* (2001), Poulin *et al.* (2004), and Cox & Williams (2006) *Haslea* can be characterized by presenting: two chloroplasts per cell with more than one pyrenoid per chloroplast (axially located); areolae square to rectangular internally occluded by hymenes and externally overlain by longitudinal strip usually continuous from pole to pole and an accessory rib along the raphe-sternum. Only some species of the genus present a pseudostauros (thickening of the central virgae).

So far, twenty-six taxa of the *Haslea* are known, most of which are marine planktonic, with fusiform cells. Although, *Haslea ostrearia* produces marennine (water soluble blue pigment), only one other newly described species (*Haslea karadagensis* Davidovich, Gastineau & Mouget *in* Gastineau *et al.* 2012: 472) has this ability.

In the South Atlantic, three species of *Haslea* are known: *Haslea crucigera* (Wm. Smith) Simonsen (1974: 47) and *Haslea wawrikan* (Hustedt) Simonsen (1974:

48) were cited from the Brazilian coast (Torgan *et al.* 1999, Procopiak *et al.* 2006, Tremarin *et al.* 2009, Eskinazi-Leça *et al.* 2013) and *Haslea spicula* (Hickie) Lange-Bertalot (1997: 75) was cited from the Uruguayan coast (Metzeltin *et al.* 2005).

The aim of this study is to describe a new sigmoid and benthic diatom belonging to *Haslea* from salt marshes of South America and compare it with related taxa.

Materials and methods

Samples were collected from superficial sediments in May 2013 from the salt marsh of Pólvora Island (32°01'14.424"S–52°05'59.095"W) located in the Patos Lagoon estuary (31°57'S–52°06'W) in southern Brazil (Fig. 1).

The superficial sediment was collected by a core (10 cm of diameter; 2 cm of depth) and at the same time pH, salinity and temperature of interstitial water were measured using a pH meter (PHTEK[®]), a salinometer (YSI[®] 30) and a thermometer (IncoTerm[®]). In the laboratory, live motile diatoms were isolated from sediment using the “Trapping method” (Eaton & Moss 1966, adapted by Laudares-Silva & Cimardi 1989).

The diatoms trapped in the Whatman[®] 105 paper (2x2 cm) were processed using nitric acid (1:1) and mounted in Naphrax[®].

The material was analyzed with light microscopy (LM) using a Leica DM 2500 equipped with DIC (differential interference contrast) with a Leica DFC 420 C camera and a Zeiss Axioplan with an Axiocam ERc 5s camera. The analysis with scanning electron microscopy (SEM) was made using a JEOL JSM-5200 (20 mm working distance, 15 kV) and a Jeol JSM-6060 (10 mm working distance, 20 kV). Permanent slides are deposited at the Prof. Dr. Alarich Rudolf Holger Schultz Herbarium (HAS) under the numbers 6698 and 6699, Museu de Ciências Naturais- Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil and at the Herbarium of the División

Ficologia “Dr. Sebastián A. Guarrera”, Facultad de Ciencias Naturales Y Museo, Argentina.

The morphometric measurements were performed on 25 valves. Morphological terminology follows Anonymous (1975), Ross *et al.* (1979), Barber & Haworth (1981) and Round *et al.* (1990). All LM and SEM images were assembled using Corel Designer X6[®].

Taxonomic treatment

Haslea sigma Talgatti, Sar & Torgan *sp. nov.* (Figs 2–35)

Diagnosis:—*Haslea sigma* differs from *Haslea nipkowii* (Meister) Poulin & Massé (*in* Poulin *et al.* 2004: 184), by presenting thickened virgae forming a pseudostauros, central raphe fissures almost straight (not overlapping), and terminal raphe fissures slightly curved (not T-shaped).

Description in LM:—The cells have two apically elongated chloroplasts (in valvar view) with pyrenoids axially located (Figs 2–8). The frustule is delicate, the striation is inconspicuous and it is possible to visualize only the raphe sternum, the pseudostauros and the valve sides (Figs 9–23). The valves are sigmoid, lanceolate, with almost parallel sides in the middle (Figs 2–23). The ends are curved towards opposite sides with cuneate apices. Raphe and raphe sternum are sigmoid.

Description in SEM:—*External view:* The central raphe fissures are almost straight, slightly bent towards primary side of the valve and drop-shaped (Figs 32, 33). The terminal raphe fissures are slightly curved bent to opposite sides towards the concave side of the valve and a little expanded (Figs 26–28). Valve surface has straight, parallel and longitudinal strips of silica, which cover the striae and are separated by narrow slits (Figs 24, 27, 32, 33). Two of these slits go to the end of valve and come together at the

far tip of the pole (Fig. 26). The cingulum seems composed by two open, plain bands: valvocopula and copula (Figs 25, 28).

Internal view: The central raphe endings are coaxial, simple, straight and unexpanded (Figs 29, 31), whereas the polar raphe endings are expanded and terminated in a raised and straight helictoglossa (Figs 34, 35). On the primary side there is an accessory rib that accompanies the raphe to close to the helictoglossa, which is raised and overlaps the raphe sternum. In the center, this rib merges with one thickened virga that almost reaches to the valve margin (Figs 25, 29–31). On the secondary side there is also an accessory rib, however it is shorter than that of the primary side, it is raised, but does not overlap the raphe sternum, and in the center this rib merges with one or two thickened virgae (Figs 29–31). These thickened virgae form pseudostauros that can be visible in LM (Figs 9–23). Striae uniseriate, parallel, formed by quadrate areolae occluded by hymenes (Figs 31, 34) and crossed at a right angle by a longitudinal pattern.

Valve dimensions: 55.8–70 μm long, 5.8–7.2 μm wide. 30–40 transapical striae in 10 μm , and 35–40 longitudinal striae in 10 μm .

Holotype:—BRAZIL. Rio Grande do Sul State, Rio Grande city, Pólvora Island (32°01'14.424"S–52°05'59.095"W), benthic sample, collected by D. Talgatti and L. Bertolli, May 17, 2013. Circled specimen on slide *HAS 6699* (*Museu de Ciências Naturais-Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil*), **here designated**. Figure 12 corresponds to the holotype specimen.

Isotype:—BRAZIL. Rio Grande do Sul State, Rio Grande city, Pólvora Island (32°01'14.424"S–52°05'59.095"W), benthic sample, collected by D. Talgatti and L. Bertolli, May 17, 2013. Circled specimen on slide *LPC XXXXX* (*Herbarium of the*

División Ficología “Dr. Sebastián A. Guarrera”, Facultad de Ciencias Naturales Y Museo, Argentina), here designated.

Etymology:—The specific epithet refers to the valve shape that resembles the an “S” (σίγμα in Greek).

Environmental conditions:—*Haslea sigma* was found as the second most species abundant (14.79%) and the only unique representative of the genus on the sediment surface on Pólvora Island. This sediment was composed mainly by clay (79%) and silt (13%). The taxon was found alive in oligohaline zone (salinity 3.0), at temperature 20 °C and pH 7.1.

Discussion

Haslea sigma sp. nov. resembles *H. nipkowitzii* (Meister) Poulin & Massé in outline, both are the only species of the genus that have sigmoid valves. Differences may be summarized as follows: the new species presents pseudostauros, and terminal raphe fissures curved and bent to opposite sides, whereas *H. nipkowitzii* lacks pseudostauros and has T-shaped terminal raphe fissures (see Poulin *et al.* 2004: 189, figs 30, 31). Furthermore, *H. sigma* has a smaller size and a higher striae density than *H. nipkowitzii*.

The presence of the pseudostauros is an important feature to delimit groups in *Haslea*. The new species presents pseudostauros, such as *H. crucigera* (Wm. Smith) Simonsen (1974: 47), *H. crucigeroides* (Hustedt) Simonsen (1974: 47), *H. salstonica* Massé, Rincé & Cox (Massé *et al.* 2001: 619), *H. spicula* (Hickie) Lange-Bertalot and *Navicula quarnerenoides* Hustedt (1961: 49). Massé *et al.* (2001) discussed the structure of the pseudostauros when comparing *H. salstonica* with *H. crucigera*, and they observed that in *H. crucigera* the development of the pseudostauros might be variable. Pseudostauros shape varied in the specimens of *H. sigma* examined during this study, some individuals have one thickened virga on each valve side and in others there

is one virga on the primary side and two on the secondary side (Figs 29, 31). Although the presence of pseudostauros is a characteristic of benthic species of *Haslea*, some of them lack pseudostauros as well (e.g. *H. nipkowitzii*, *H. pseudostrearia* Massé, Rincé & Cox in Massé et al. 2001: 622, *H. ostrearia*, *H. karadagensis*). The new species presents an accessory rib along the raphe sternum on the primary side, a shorter rib on the secondary side of the valve and straight helictoglossae, such as *H. crucigera*, and *H. salstonica*. It could not be compared with *H. crucigeroides*, *H. sulcata*, *H. spicula* and *N. quarnerensoides*, which were not analyzed with SEM despite to the fact that some of these species seem to present accessory rib along the raphe sternum.

Haslea sigma differs from all the species with pseudostauros in the valve outline, they show linear to lanceolate valve outline. An accessory rib and shorter accessory rib were features observed in *H. sigma*, *H. crucigera*, *H. nipkowitzii* and *H. salstonica*, and were not yet described for *H. crucigeroides*, *H. sulcata* (Cleve) Simonsen (1974: 47), *H. spicula* and *N. quarnerensoides*.

Acknowledgements

We thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for a doctoral grant to the first author and CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for a productivity research grant to the third author. To Dr. César Serra Bonifácio Costa, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, for support and help in fieldwork and to the Centro de Microscopia Eletrônica at the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) for SEM support. We are also thankful to Dr. Inés Sunesen, División Ficológia “Dr. Sebastián A. Guarrera”, Universidad Nacional de La Plata (Argentina) for LM support. We appreciate Dr. H. D. Laughinghouse IV and R. M. Fischer for reviewing the English text.

References

- Anonymous (1975) Proposals for standardization of diatom terminology and diagnoses. *Nova Hedwigia, Beiheft* 53: 323–354.
- Barber, H.G. & Haworth, E.V. (1981) A guide to the morphology of the diatom frustule with a key to the British freshwater genera. *Freshwater Biological Association Scientific Publication* 44: 1–112.
- Bory de Saint-Vincent, J.B.M. (1822) Bacillariées. *Dictionnaire Classique d'Histoire Naturelle*, 2: 127–129.
- Cleve, P.T. (1894) Synopsis of the naviculoid diatoms. Part 1. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar* 26: 1–194.
- Cox, E. & Williams, D.M. (2006) Systematics of naviculoid diatoms (Bacillariophyta): a preliminary analysis of protoplast and frustule characters for family and order level classification. *Systematics and Biodiversity* 4: 385–399.
<http://10.1017/S1477200006001940>
- Eaton, J.W. & Moss, B. (1966) The estimation of numbers and pigment content in epipellic algal populations. *Limnology and Oceanography* 11: 584–595.
- Eskinazi-Leça, E., Cunha, M.G.G.S., Santiago, M.F., Borges, G.C.P., Lima, J.C., Silva, M.H., Ferreira, L.C., Aquino, E. & Menezes, M. (2013) *Bacillariophyceae*. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available from: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB98515> (accessed: 10 February 2014).
- Gastineau, R., Davidovich, N., Bardeau, J., Caruso, A., Leignel, V., Hardivillier, Y., Jacquette, B., Davidovich, O., Rince, Y., Gaudin, P., Cox, E. & Mouget, J. (2012) *Haslea karadagensis* (Bacillariophyta): a second blue diatom, recorded from the Black Sea and producing a novel blue pigment. *European Journal of Phycology* 47: 469–479.
<http://dx.doi.org/10.1080/09670262.2012.741713>
- Hassall, A.H. (1845) A history of the British Freshwater Algae, including descriptions of the Desmidiaceae and Diatomaceae with upwards of one hundred plates. I. Text. S. Highley & N. Bailliere, London, Edinburgh, Paris & Leipzig, 462 pp.
- Hustedt, F. (1961) Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed.), *Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Akademische Verlagsgesellschaft m.b.h. Leipzig 7(Teil 3, Lief. 1): 1–160.
- Laudares-Silva, R. & Cimardi, J.M. (1989) Nota sobre a utilização do “Trapping Method” no estudo das diatomáceas epipéllicas do manguezal de Ratonés - Florianópolis - SC. *Ínsula* 19: 299–304.

- Lange-Bertalot, H. (1997) *Frankophila*, *Mayamaea* und *Fistulifera*: drei neue Gattungen der Klasse Bacillariophyceae. *Archiv für Protistenkunde* 148: 65–76.
- Massé, G., Rincé, Y., Cox, E.J., Allard, G., Belt, S.T. & Rowland, S.J. (2001) *Haslea salstonica* sp. nov. and *Haslea pseudostrearia* sp. nov. (Bacillariophyta), two new epibenthic diatoms from the Kingsbridge estuary, Unired Kingdom. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la vie/Life Sciences* 324: 617–626.
- Meister, F. (1932) *Kieselalgen aus Asien*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 56 pp.
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. (2005) Diatoms of Uruguay. *Iconographia Diatomologica* 15: 1–736.
- Poulin, M., Massé, G., Belt, S.T., Delavault, P., Rousseau, F., Robert, J.M. & Rowland, S.J. (2004) Morphological, biochemical and molecular evidence for the transfer of *Gyrosigma nipkowii* Meister to the genus *Haslea* (Bacillariophyta). *European Journal of Phycology* 39: 181–195.
<http://dx.doi.org/10.1080/0967026042000202136>
- Procopiak, L.K., Fernandes, L.F. and Moreira Filho, H. (2006) Marine and estuarine diatoms (Bacillariophyta) from Paraná, southern Brazil: check-list with emphasis on harmful species. *Biota Neotropica* 6 (3). Available from: <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?inventory+bn02306032006> (accessed: 10 february 2014).
- Ross, R., Cox, E.J., Karayeva, N.I., Mann, D.G., Paddock, T.B.B., Simonsen, R. & Sims, P.A. (1979) An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia, Beiheft* 64: 513–533.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990) *The Diatoms. Biology & morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 741 pp.
- Smith, W. (1852) Notes on the Diatomaceae with descriptions of British species included in the genus *Pleurosigma*. *The Annals and Magazine of Natural History, 2nd series* 9: 1–12.
- Simonsen, R. (1974) The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V 'Meteor' 1964–1965, 'Meteor' Forschungsergebnisse Reihe D 19: 1–107.
- Tremarin, P., Freire, E.G., Bertolli, L.M & Ludwig, T.V. (2009) Catálogo das diatomáceas (Ochrophyta-Diatomeae) continentais do estado do Paraná. *Iheringia, Série Botânica* 64: 79–107.
- Torgan, L.C., Becker, V. & Prates, H.M. (1999) Checklist das diatomáceas (Bacillariophyta) de ambientes de águas continentais e costeiras do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 52: 89–144.

Legends table and plates

TABLE 1. Morphological and morphometric features of *Haslea sigma sp. nov.* in comparison with similar taxa of *Haslea* and *Navicula* genus. nd= no data.

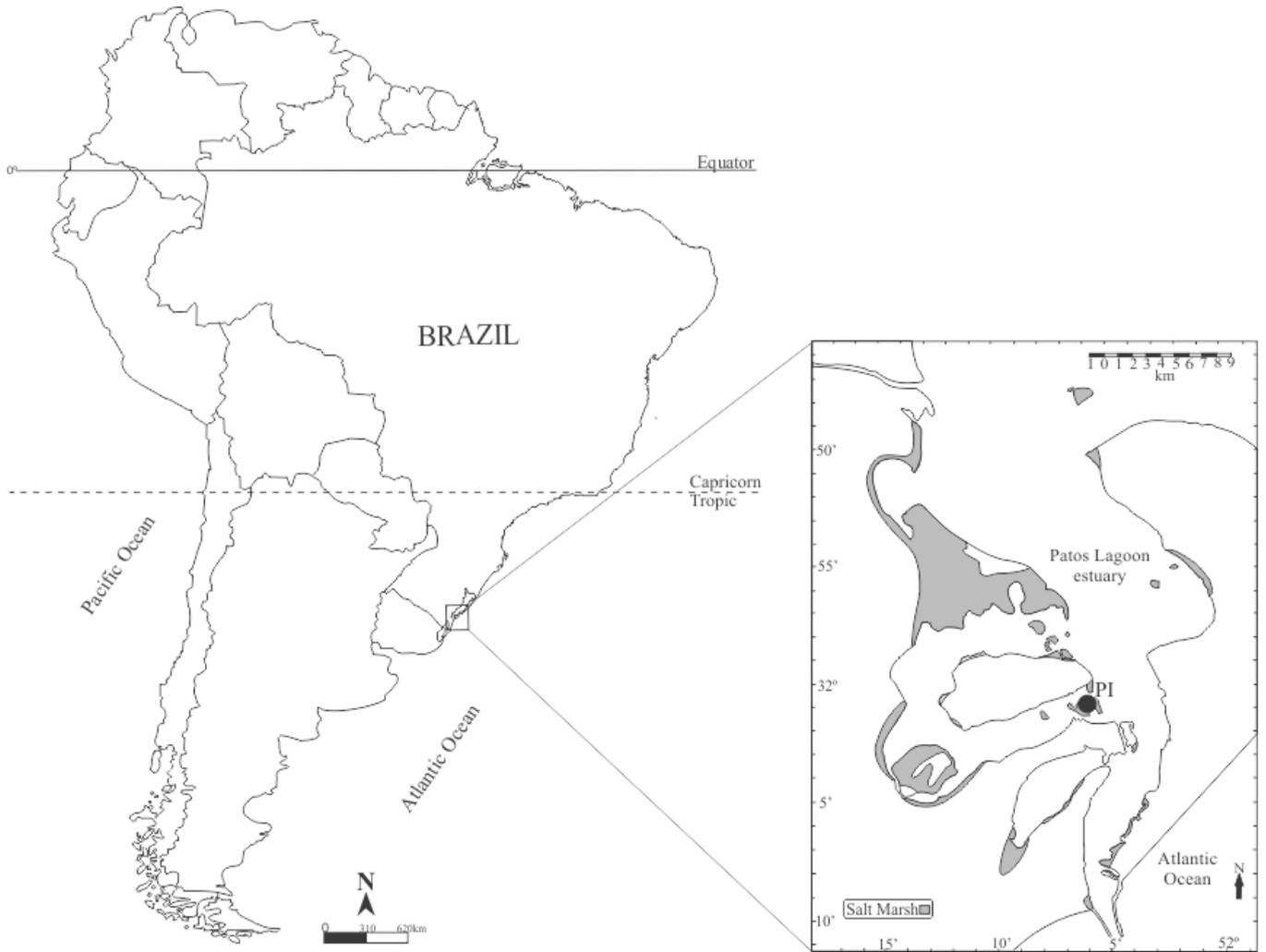
FIGURE 1. Location of Pólvora Island (PI) in salt marshes at Patos Lagoon estuary, southern Brazil. Modified from COSTA (1998).

FIGURES 2–23. LM: *Haslea sigma sp. nov.*. Figs 2–16. DIC. Figs 17–23. Brightfield. Figs 2–8. Cells in valvae view showing two apically elongated chloroplasts (in valvar view) with pyrenoids axially located (arrow). Figs 9–23. Frustules and valves. Fig. 12. Holotype. Scale bar = 10 μm .

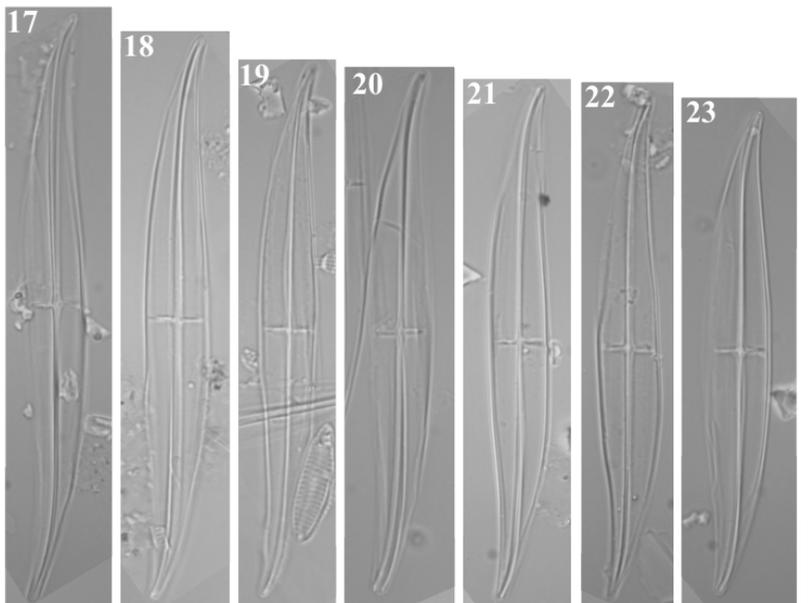
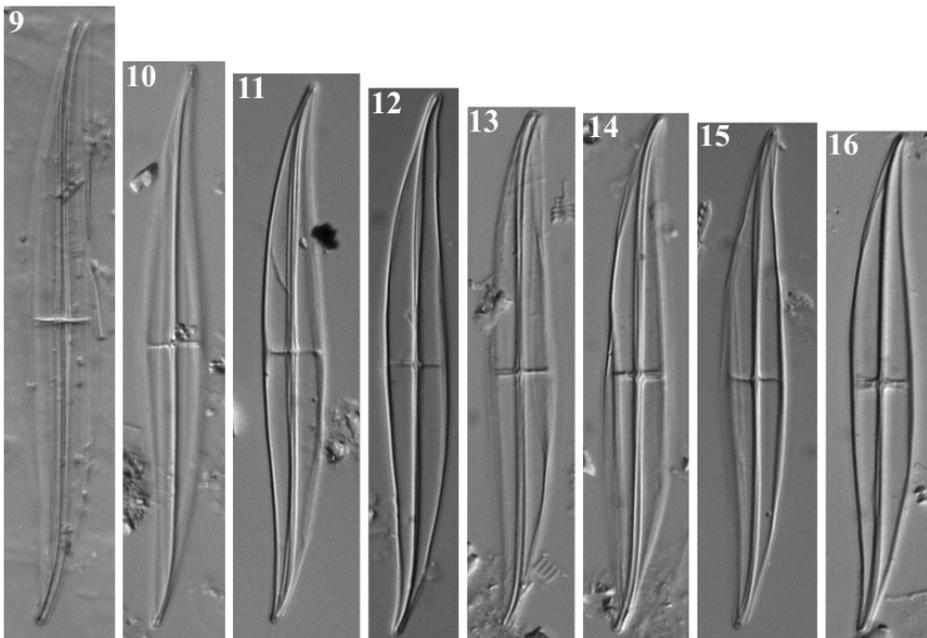
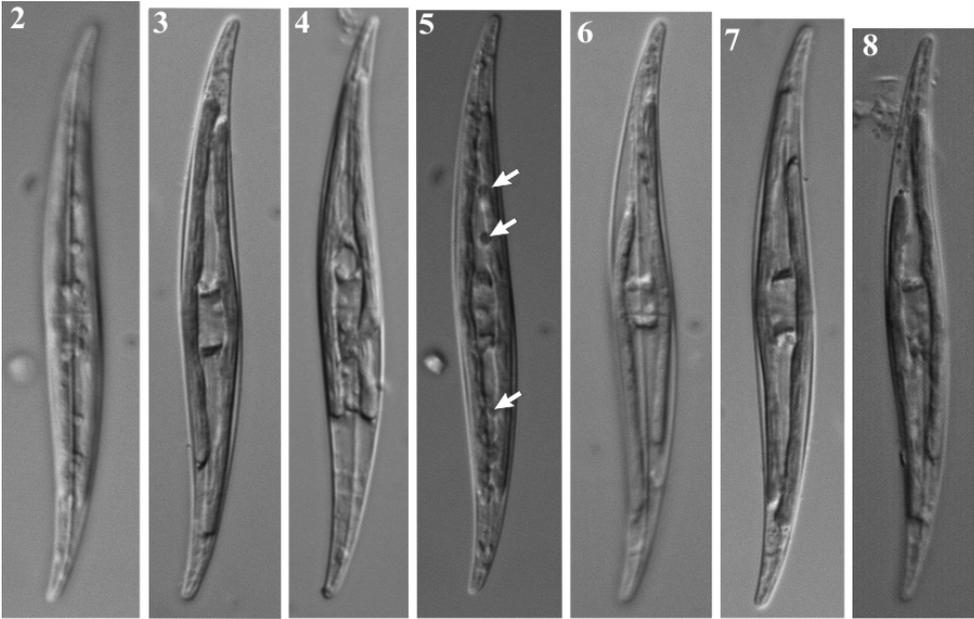
FIGURES 24–35. SEM: *Haslea sigma sp. nov.*. Figs 24, 26–28, 32, 33. *External view*. Fig. 24. General view showing the outline of the valve. Fig. 26. Detail of two slits forming a wedge-like structure and detail of terminal raphe fissure slightly curved. Fig. 27. Apice of valve showing the valve surface with straight, parallel and longitudinal strips (black arrow) separated by narrow slits (white arrow). Fig. 28. Detail of open valve showing cingulum composed by valvocopula (black arrow) and one copula (white arrow). Figs 25, 29–31, 34, 35. *Internal view*. Fig. 25. General view showing the outline of the valve. Fig. 29. Valve center presenting raphe ending (black arrow), and a pseudostauros formed on primary side (ps) by one thickened virga (black arrow-head) and on secondary side (ss) by two thickened virgae (white arrow-head). Fig. 30. Center of valve showing on primary side part of accessory rib (black arrow), on secondary side the short accessory rib (white arrow) and the pseudostauro (black arrow-head). Fig. 31. Center of valve with pseudostauro, note that on primary and secondary sides the pseudostauro is formed by only one thickened virga. Figs 32, 33. Longitudinal strips and slits, and central raphe fissures drop-like, bent to primary side. Figs 34, 35. Apices showing heligtoglossa (black arrow), quadrate areolae (white arrow) and end of accessory rib (arrow-head) on the primary side. Scale bars = 10 μm (Figs 24, 25), 5 μm (Fig. 30), 2 μm (Fig. 27), 1 μm (Figs 28, 29, 31–34), 0.5 μm (Figs 26, 35).

| | <i>Haslea sigma</i> sp. nov. | <i>H. crucigera</i> | <i>H. crucigeroides</i> | <i>H. nipkowii</i> | <i>H. salstonica</i> | <i>H. sulcata</i> | <i>H. spicula</i> | <i>N. quarnerensoides</i> |
|----------------------------------|--|---|---------------------------------|--|---|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Features | This study | Massé <i>et al.</i> (2001) | Hustedt (1961) | Poulin <i>et al.</i> (2004) | Massé <i>et al.</i> (2001) | Cleve (1894) | Cleve (1894) | Hustedt (1961) |
| Chloroplast (shape and location) | Apically elongated with pyrenoids axially located | Band-like lie against the girdle on each side of cell | nd | Apically elongate lie along each margin extending lightly under the valve face | Apically elongated lie against the girdle each side of cell | nd | nd | nd |
| Valve outline | Sigmoid with almost straight margins in the center of valve | Lanceolate to linear-lanceolate | Lanceolate with rostrate apices | Sigmoid, linear to slightly linear-lanceolate | Naviculoid rhombic | Linear with subacute ends | Narrow lanceolate with subacute ends | Fusiform with acute ends |
| Length (µm) | 55.8–70 | 95–97 | 94 | 131–191 | 60–65 | 88–109 | 50–130 | 66–124 |
| Breadth (µm) | 5.8–7.2 | 11–12 | 12 | 15.5–20 | 17 | 8–9 | 4–13 | 9–13 |
| Transapical striae in 10 µm | 30–40 | 15 | 22 | 23–25 | 17 | 21 | 25–29 | 26–32 |
| Longitudinal striae in 10 µm | 35–40 | 20 | 22 | 31–34 | 25 | 13–14 | nd | 22 (28) |
| Pseudostauro | Present formed by two or three virgae thickened | Present formed by two or three virgae thickened | Present | Absent | Present formed by two or three virgae thickened | Present | Present | Present |
| Accessory rib | Present | Present | nd | Present | Present | nd | nd | nd |
| Shorter accessory rib | Present | Present | nd | Present | Present | nd | nd | nd |
| Central raphe endings | Straight | Straight | nd | Straight | Straight | nd | nd | nd |
| Central raphe fissures | Almost straight, slightly bent towards primary side of valve | Slightly expanded and turned to the same side | nd | Slightly deflected toward the same side and gently overlapping | Enlarged and curved, unilaterally deflected | nd | nd | nd |
| Terminal raphe endings | Straight helictoglossa | Straight helictoglossa | nd | Straight helictoglossa | Straight helictoglossa | nd | nd | nd |
| Terminal raphe fissures | Slightly curved, bent to opposite sides | Sharply deflected to the same side | nd | T-shaped | Strongly deflected to same side | nd | nd | nd |

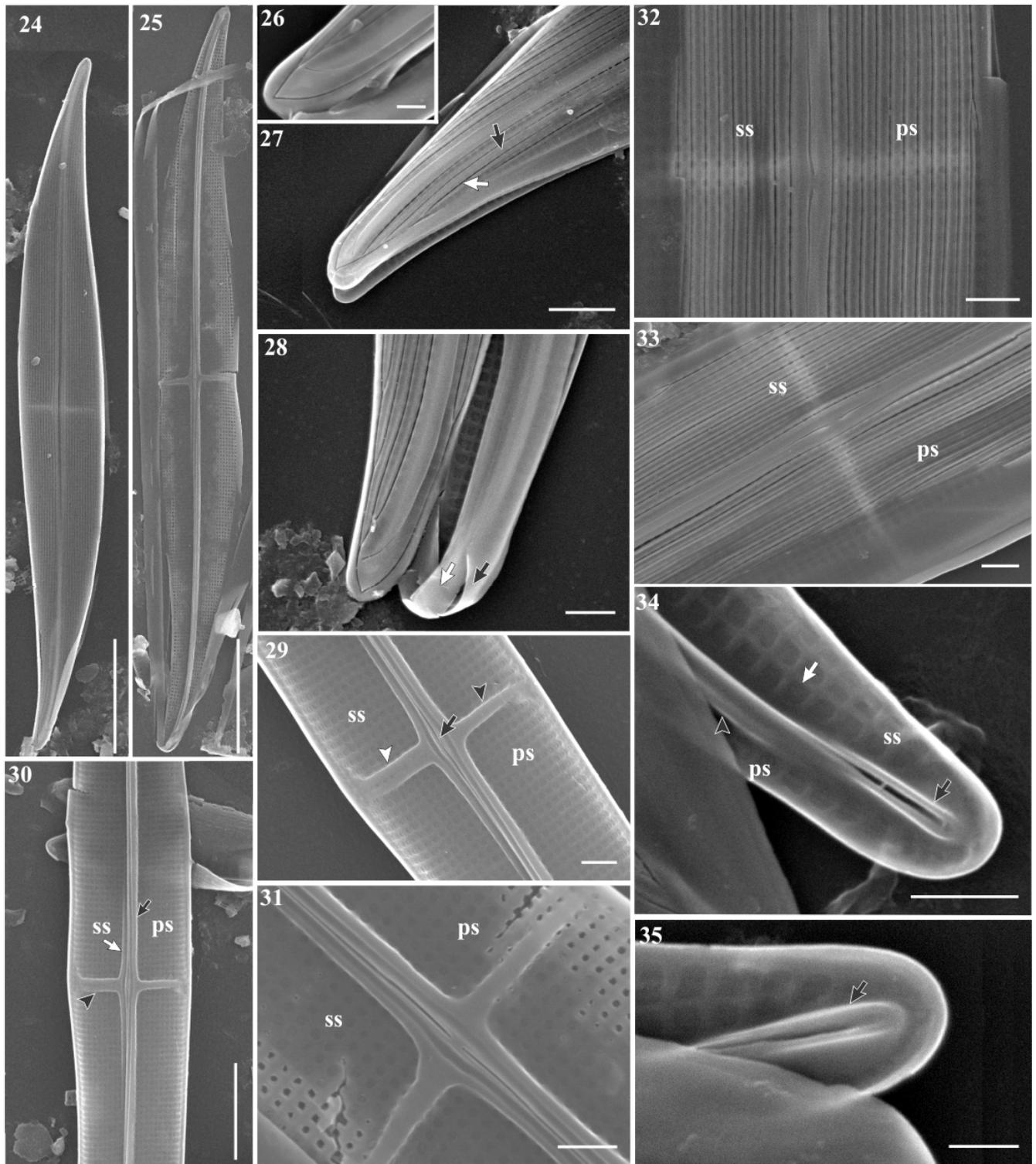
FIGURE 1



FIGURES 2–23



FIGURES 24–35



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A flora de diatomáceas bentônicas das marismas do sul do Brasil mostrou-se rica (um total de 171 táxons foram inventariados), no entanto pouco conhecida. Um elevado número de táxons não puderam ser identificados ao nível específico, em parte, devido a necessidade de análises mais detalhadas de populações com o uso de microscópio eletrônico fato que necessitaria mais tempo para o estudo, como também devido a escassa literatura existente sobre taxonomia de diatomáceas de sistema mixohalino e marinho. Acreditamos que grande número de táxons, principalmente pertencentes ao gênero *Navicula* são novos registros para a Ciência.

O “Trapping method”, um método publicado em 1966, e pouco difundido na comunidade científica, mostrou-se adequado no estudo das diatomáceas bentônicas em regiões de marismas, pelo fato que nesses locais predominam espécies birrafídeas, as quais através do movimento em busca de luz, são capturadas por esse método. A primeira vantagem na utilização desta metodologia é a possibilidade da observação de espécies que estão vivas no sedimento, garantindo desta maneira o conhecimento mais preciso das relações dos organismos com as condições ambientais. A segunda vantagem consiste na eliminação da influência de material alóctone, sem vida e, em terceiro a separação natural das diatomáceas do sedimento, facilitando a preparação da amostra e o estudo taxonômico dos espécimes. A única desvantagem está relacionada justamente a seleção de espécies móveis e exclusão de diatomáceas cêntricas ou arrafídeas, que são na realidade pouco representativas na comunidade bentônica.

Levantamentos florísticos confiáveis exigem análises cautelosas das espécies e de suas populações. Alguns gêneros como *Navicula*, *Nitzschia* e *Tryblionella* destacaram-se por serem mais representativos em número de espécies nas marismas do sul do Brasil. Futuras pesquisas abordando especificamente esses gêneros são realmente necessárias para o conhecimento da flora desta região.

O presente estudo permitiu ampliar a coleção de referência de diatomáceas de águas continentais e marinhas do Rio Grande do Sul, que se encontra depositada no Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz, do Museu de Ciências Naturais-Fundação

Zoobotânica do Rio Grande do Sul, instituição considerada como fiel depositária de representantes da flora de Estado.

O conhecimento da composição florística de diatomáceas na região de marismas no sul do Brasil associado às condições ambientais prevalecentes no presente poderão servir de base para estudos da evolução deste ecossistema durante o Holoceno. Além deste enfoque paleoambiental, as informações produzidas nesta tese nos parecem ser também valiosas para o planejamento de ações de preservação da biodiversidade na zona costeira, frente aos novos cenários delineados pelas mudanças climáticas globais.

O presente estudo fez parte do edital CAPES-PNADB nº 17/2009 que teve por meta apoiar pesquisa utilizando-se de recursos humanos e de infraestrutura disponíveis em Instituições de Ensino Superior, possibilitando a pesquisa interdisciplinar voltada ao estudo da Botânica, para incremento da formação de Recursos Humanos na Pós-Graduação no Brasil. Concluindo, podemos considerar que essa meta foi alcançada, pois o estudo desenvolvido com diatomáceas nas marismas do sul do Brasil teve o apoio de pesquisadores da Universidade de Rio Grande, que forneceram a infraestrutura para a realização das expedições científicas, bem como, o acesso a informações e conhecimento sobre a dinâmica do ecossistema, tendo em vista a valiosa experiência em pesquisa na área de estudo.