

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE AMBIENTES
AQUÁTICOS CONTINENTAIS

DAIANE TREVISAN RUWER

**Uso de diatomáceas na reconstrução paleolimnológica em planície de
inundação**

Maringá
2017

DAIANE TREVISAN RUWER

**Uso de diatomáceas na reconstrução paleolimnológica em planície de
inundação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Liliana Rodrigues

Maringá
2017

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM, Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

R983u Ruwer, Daiane Trevisan, 1993-
Uso de diatomáceas na reconstrução paleolimnológica em planície de inundação /
Daiane Trevisan Ruwer.-- Maringá, 2017.
68 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2017.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Liliana Rodrigues.

1. Diatomáceas fósseis - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Planície de
inundação - Alto rio Paraná - Mudanças geomorfológicas. 3. Paleolimnologia. I.
Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -561.93509816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

DAIANE TREVISAN RUWER

**Uso de diatomáceas na reconstrução paleolimnológica em planície de
inundação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA:

Prof.^a Dr.^a Liliana Rodrigues
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Denise de Campos Bicudo
Instituto de Botânica/ São Paulo

Dr.^a Bárbara Dunck Oliveira
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 22 de fevereiro de 2017.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

*‘Dedico este trabalho à
minha família’.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à todas aquelas pessoas que contribuíram de alguma forma neste trabalho, desde contribuição científica até apoio moral. Este trabalho tem um pedaço de cada um de vocês. Obrigada à todos!

Agradeço à Prof.^a Dr.^a Liliana Rodrigues por ter me recebido de braços abertos, ter me dado a oportunidade de crescimento dentro da ciência e ecologia, por me ter incentivado e apoiado. Obrigado pelos imensos conhecimentos e conselhos profissionais e pessoais. Certamente este trabalho e esta experiência não seria o mesmo sem sua presença direta e essencial.

Agradeço à Prof.^a Dr.^a Sirlene Aparecida Felisberto (*in memoriam*) por ter me encorajado a encarar este mestrado e ter contribuído nos ensinamentos e por sempre ter acreditado no meu potencial.

Agradeço à minha família, principalmente aos meus pais Ademar, Marli, minha irmã Priscila, ao meu cunhado Fabiano, principalmente pela ajuda nas ilustrações, e ao meu companheiro de alegrias Juan. Obrigado por todo o apoio emocional e motivacional, e pelos momentos de descontração.

Tenho uma enorme gratidão ao pessoal do Laboratório de Ecologia de algas perifíticas Nicolli, Helivania, Andressa, Bárbara, Luciana, Ubirajara, Lorena, Maria Gabriela, obrigada pelos momentos bons de trabalho, pelos momentos de risadas, de gordices. Obrigada pela contribuição científica e pessoal.

Agradeço a boa companhia de todos os estudantes, professores, técnicos e servidores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos Continentais, do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura e do Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa, todos da Universidade Estadual de Maringá. Em especial agradeço à secretaria do PEA, à Aldenir Cruz Oliveira e Jocemara Celestino dos Santos pelas ajudas burocráticas e pelo apoio. Agradeço ao Laboratório de Limnologia, à Su Ellen Gomes pelo apoio no preparo do material para análise e ao Nupélia, pelo apoio logístico.

Agradeço ao Laboratório de sedimentologia e pedologia do Grupo de Estudos do Meio Ambiente (UEM), ao professor Dr. José Cândido Stevaux, à Dr.^a Isabel Leli, à Ms. Giliane Rasbold e à Dr.^a Alma Isabel pela ajuda com as técnicas e análises paleoambientais. Agradeço ao Laboratório de Geoquímica Orgânica da Universidade Federal Fluminense, ao professor Dr. Marcelo Corrêa Bernardes, pelo auxílio em análises.

Agradeço imensamente ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos Continentais pela a oportunidade, e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado. E por fim, agradeço aos membros da banca examinadora desta dissertação, por aceitarem fazer parte deste processo.

'Don't underestimate the value of what you are doing. If you are practicing sound science, then you are doing something worthwhile. Enthusiasm is an important catalyst, just as cynicism can be contagious.'
(John Smol)

Uso de diatomáceas na reconstrução paleolimnológica em planície de inundação

RESUMO

A geomorfologia da planície de inundação do alto rio Paraná depende diretamente do regime natural hidrológico. Esta relação é evidenciada por uma complexidade paisagística contínua, que resulta em novos ambientes, que alteram a composição e diversidade. Os organismos que respondem efetivamente à estas modificações e que apresentam grande afinidade com o *habitat* são os bioindicadores, como as diatomáceas. Estas por incorporarem e continuarem preservadas no sedimento com facilidade também são utilizadas como um importante grupo bioindicador de estudos paleolimnológicos. Utilizou-se as diatomáceas fósseis e atuais e relacionou sua sucessão e autoecologia com processos geomorfológicos ocorridos em uma ilha fluvial da Planície de inundação do alto rio Paraná. Sob a hipótese que comunidade de diatomáceas fósseis responderá as mudanças ambientais locais, constatando através das alterações da sua composição, riqueza, abundância e guildas ao longo do gradiente vertical do sedimento. Para isso foi coletado um testemunho em uma ilha localizada na zona central do canal principal do rio Paraná. Com contínuas camadas do testemunho foi possível confeccionar lâminas permanentes para a análise quantitativa e qualitativa das diatomáceas. Os resultados foram divididos em dois segmentos sendo o primeiro intitulado ‘Mudanças geomorfológicas temporais baseado na sucessão de diatomáceas fósseis’, no qual foi reportado que a composição, riqueza, abundância e guildas de diatomáceas modificaram de forma sucessional em relação os períodos geomorfológicos. O segundo segmento intitulado como ‘Comunidade de diatomáceas perifíticas e de sedimento: uma abordagem paleoecológica e taxonômica’ onde possibilitou a contribuição com informações da autoecologia e taxonômica das espécies ao longo das alterações ambientais. Todos os resultados apresentados demonstram que a flora de diatomáceas apresentam um grande potencial de biomonitoramento de mudanças ambientais e geomorfológicas. Outro aspecto é que o padrão florístico, distribuição e informação ecológica das espécies podem ser usados para inferir informações de base no passado para previsões de composições de espécies futuras.

Palavras-chave: Bioindicadores. Geomorfologia. Sucessão. Paleolimnologia.

Use of diatoms in paleolimnological reconstruction in floodplain

ABSTRACT

The geomorphology of the high Paraná River floodplain depends directly on the natural hydrological regime. This relationship is evidenced by a continuous landscape complexity, which results in new environments, which alter composition and diversity. The organisms that respond effectively to these modifications and that have great affinity with the *habitat* are the bioindicators, as the diatoms. These to be incorporated and to be preserved in the sediment easily are also used as an important indicator group of paleolimnological studies. Therefore, the aim of this work was to use the fossil and current diatoms and to relate their succession and autoecology to geomorphological processes occurring in a fluvial island of the Upper Paraná River floodplain. Hypothesizing that community of fossil diatoms will respond to local environmental changes, through changes in composition, richness, abundance and guilds along the vertical gradient of the sediment. For this, a record was collected on an island located in the central zone of the main channel of the Paraná River. With continuous layers of the record was possible to make permanent slides for the quantitative and qualitative analysis of the diatoms. The results of this study were divided into two segments, the first entitled 'Temporal geomorphological changes based on the succession of fossil diatoms', in which it was reported that the composition, richness, abundance and guilds of diatoms changed successively in relation to the geomorphological periods. In the second segment titled 'Community of periphytic diatoms and sediment: a paleoecological and taxonomic approach' it was possible to contribute with the autoecology and taxonomic information of the species along the environmental changes. In view of this, all the results presented demonstrate that the diatom flora presents a great biomonitoring potential of environmental and geomorphological changes. And that the floristic and distribution pattern and ecological information of the species can be used to infer background information in the past for predictions of compositions of future species.

Keywords: Bioindicators. Geomorphology. Succession. Paleolimnology.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas das publicações científicas *Journal of paleolimnology*. Disponível em: <http://link.springer.com/journal/10933> e *Cryptogamie Algologie*. Disponível em: <http://www.bioone.org/loi/crya>

SUMÁRIO

1 MUDANÇAS GEOMORFOLOGICAS TEMPORAIS BASEADO NA SUCESSÃO DE DIATOMÁCEAS FÓSSEIS	12
Resumo	12
1.1 INTRODUÇÃO	14
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	15
1.2.1 Área de estudo	15
1.2.2 Coleta e análise do testemunho	16
1.2.3 Análise geoquímica do testemunho	17
1.2.4 Análise de diatomáceas	17
1.2.5 Análise de dados	18
1.3 RESULTADOS	19
1.3.1 Cronologia e litologia	19
1.3.2 Geoquímica e variáveis limnológicas	21
1.3.3 Assembléia de diatomáceas	22
1.3.4 Análise de dados	24
1.3.5 Guildas de diatomáceas	27
1.4 DISCUSSÃO	28
REFERÊNCIAS	31
2 COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS E SEDIMENTO: UMA ABORDAGEM PALEOECOLOGICA E TAXONÔMICA	37
Resumo	37
2.1 INTRODUÇÃO	39
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	40
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
REFERÊNCIAS	58
3 DISCUSSÃO FINAL	64
APÊNDICE A - Biodiversidade de diatomáceas perifíticas e de sedimento de um ambiente da planície de inundação do alto rio Paraná	65

1 MUDANÇAS GEOMORFOLÓGICAS TEMPORAIS BASEADO NA SUCESSÃO DE DIATOMÁCEAS FÓSSEIS

Resumo As modificações geomorfológicas por fatores naturais resultam em novos ambientes que podem alterar a composição dos organismos. Sabendo disso, a análise geomorfológica de um ambiente juntamente com o estudo da mudança de composição e sucessão de organismos proxies, como as diatomáceas, são altamente importantes para avaliar a história de evolução de um ambiente. Portanto, o objetivo deste trabalho foi utilizar as diatomáceas fósseis e atuais e relacionar com processos geomorfológicos ocorridos em uma ilha fluvial da Planície de inundação do alto rio Paraná. Utilizamos como hipótese que a assembleia de diatomáceas responderá as mudanças ambientais locais constatando através das alterações da sua composição, riqueza, abundância e guildas ao longo do gradiente vertical do sedimento. Analisamos as características geomorfológicas através do sedimento e a comunidade de diatomáceas atuais perifíticas e fósseis de um testemunho de 2m, o qual foi dividido em camadas de 2,5cm com datação de 920 anos por ^{14}C . A interpretação paleoambiental obtida das camadas sedimentares caracterizou a história do ambiente em cinco períodos: canal, ressaco, lagoa, período de transição e pântano. A ausência de diatomáceas esteve associado ao período de canal, seguindo da presença de diatomáceas adaptadas à presença de fluxo e de perfil móvel (ressaco). Estas espécies foram substituídas pela abundância de táxons do gênero *Eunotia* no período de lagoa, indicadoras de aumento do nível da água. A sucessão de espécies de *Eunotia* para *Diadesmis* no período de transição sugeriu diminuição de profundidade e aumento da região litorânea. Os táxons encontrados no período de pântano e atual demonstraram a continuidade da presença da região litorânea. O aumento de espécies planctônicas no pântano e de espécies móveis no atual demonstraram zonas de instabilidade no ambiente. Infere-se portanto, que as modificações no ambiente direcionaram à criação de novos nichos, proporcionando a ocupação e substituição de novas espécies com diferentes características adaptativas em cada período. Demonstrando que a distribuição e informação ecológica das espécies podem ser usados para inferir informações de base para entender a história do ambiente.

Palavras-chaves alterações ambientais, guildas, paleolimnologia, nicho.

Abstract Geomorphological modifications by natural products resulting in new environments that can alter the composition of organisms. Knowing this, the geomorphological analysis of an environment together with the study of the change of composition and succession of proxies organisms, as diatoms, are highly important to evaluate the history of evolution of an environment. Therefore, the objective of this work is relate fossil and current diatoms to the geomorphological processes occurring in a fluvial island of the high Paraná River floodplain. As a hypothesis that the composition, richness, abundance, and guilds of diatoms will respond to local environmental changes in along the vertical gradient of the sediment. We analyzed the geomorphological characteristics through sediment and diatom assembly from periphyton and fossils of core of 2m divided in layers of 2.5cm and dating 760 years by ^{14}C . The paleoenvironmental interpretation obtained from the sedimentary layers characterized a history of the environment in five periods: channel, semi lotic environment, lake, transition period and swamp. The absence of diatoms was associated to the canal period, followed by the presence of diatoms adapted to the presence of flow and mobile profile in semi lotic period. These species were replaced by the abundance of taxa of the genus *Eunotia* in the lake period, indicative of increasing water level. The succession of species from *Eunotia* to *Diadlesmis* in the transition period suggested a decrease in depth and increase of the coastal region. The taxa found in the swamp and present period demonstrated the continuity of the presence of the coastal region. The increase of planktonic species in the swamp and of mobile species in the present period showed zones of instability in the environment. Therefore, inferred that the modifications in the environment directed to the creation of new niches, providing the occupation and replacement of new species with different adaptive characteristics in each period. Demonstrating that the distribution and ecological information of the species can be used to infer background information to understand the history of the environment.

Keywords Environmental changes, guilds, paleolimnology, niche

1.1 INTRODUÇÃO

Existem diversos fatores que proporcionam mudanças hidrológicas nos ambientes, os quais podem ser representados por efeitos naturais ou artificiais, como mudanças climáticas, atividades humanas e alterações geomorfológicas. Estes elementos apresentam potencial de alterar o nível de água, a hidroquímica, hidrodinâmica e a dissolução de nutrientes no ambiente (Fritz et al. 1999). Dentre os fatores naturais de mudanças hidrológicas, tem sido reportado a evolução geomorfológica do ambiente afetado pelas mudanças de descarga de água e a relação entre a carga de sedimentos e da capacidade de sedimentos que pode ser transportado pelo fluxo (Zhang et al. 2008).

Mudanças temporais na geomorfologia fluvial podem ser expressas de diferentes maneiras como a formação de barragens de sedimento no canal principal, migração do canal e isolamento de várzeas (Grabowski et al. 2014; Corradini et al. 2008; Fernandez et al. 1993). A forma em que esses processos alteram a dinâmica e limnologia dos ambientes aquáticos é através primeiramente da mudança de uma característica física do ambiente e por conseguinte a alteração limnológica, afetando algumas propriedades como pH, temperatura e turbidez da água.

Em vista disso, estas modificações constantes resultam em novos ambientes que podem alterar a composição dos organismos (Fritz et al. 1999), pois proporcionam uma maior disponibilidade de novos nichos para determinadas espécies. O conceito de nicho ecológico visa no contexto de que existem mecanismos que permitem a coexistência das espécies pela diferenciação na utilização dos recursos e distribuição de *habitat*. A teoria de nicho prediz que a similaridade da comunidade diminui com a distinção do ambiente como resultado de diferenças de espécies ao longo de gradientes ambientais (Tilman 1982).

Esta maior disponibilidade de novos nichos é indicado pela substituição das espécies e a grande diversidade que o local apresenta através do tempo. Isso reflete o fato de que a heterogeneidade das comunidades é induzido a uma escala local. E esta heterogeneidade para algas é direcionado principalmente por diferenças na luz, estágios de sucessão e a variação nas propriedades do substrato (Schneck et al. 2011; Biolo et al. 2011; Felisberto & Rodrigues 2012; Soininen 2004).

Os organismos que respondem efetivamente à estas modificações no ambiente são aqueles utilizados como bioindicadores, como as algas pertencentes ao grupo das

diatomáceas. Sabe-se que estas algas são sensíveis à uma grande variação limnológica e ambiental, e podem responder rapidamente à mudanças físicas, químicas e biológicas da água (Stevenson & Pan 1999; Kelly et al. 2008). Além disso, por estes organismos apresentarem composição silicosa, eles são frequentemente preservados em depósitos sedimentares, aspecto importante se tratando de estudo de mudanças geomorfológicas (Sierra-Arango et al. 2014). Por estas razões, as diatomáceas são frequentemente utilizadas como um importante grupo indicador de estudos de biomonitoramento e paleolimnológicos (Fritz et al. 1999; Dixit et al. 1992; Stoermer & Smol 1999).

Portanto, o nosso objetivo neste trabalho foi relacionar as diatomáceas fósseis e atuais com processos geomorfológicos ocorridos em uma ilha fluvial da Planície de inundação do alto rio Paraná. Para isto, nossa hipótese é que a assembleia de diatomáceas responderá as mudanças ambientais locais constatando através das alterações da sua composição, riqueza, abundância e guildas ao longo do gradiente vertical do sedimento. Produzimos predições relacionadas com a ocorrência temporal e seus correlações: espera-se que a composição de espécies seja menos similar entre camadas antigas e recentes. Portanto, as alterações da composição das espécies explicaria a mudança e disponibilidade de nicho ao longo do tempo.

1.2 MATERIAIS E METODOS

1.2.1 *Área de estudo*

A área de estudo foi em um pântano que situa-se em uma ilha fluvial do rio Paraná, na planície de inundação do alto rio Paraná, no trecho entre os reservatórios de Porto Primavera e Lago Itaipu. A ilha Mutum possui 15km de comprimento, com largura variável (períodos de seca e cheia) entre 0,5 a 1,20km e altura de 5,0m acima do nível médio do rio. Apresenta forma alongada, típica das ilhas fluviais, e suas áreas mais baixas são alagadas pelas águas do rio Paraná durante os períodos de cheia. O local da coleta do testemunho e da comunidade perifítica situa-se na região central do pântano (22°45' 31.98'' S e 53°17' 52.60'' O) (Figura 1).

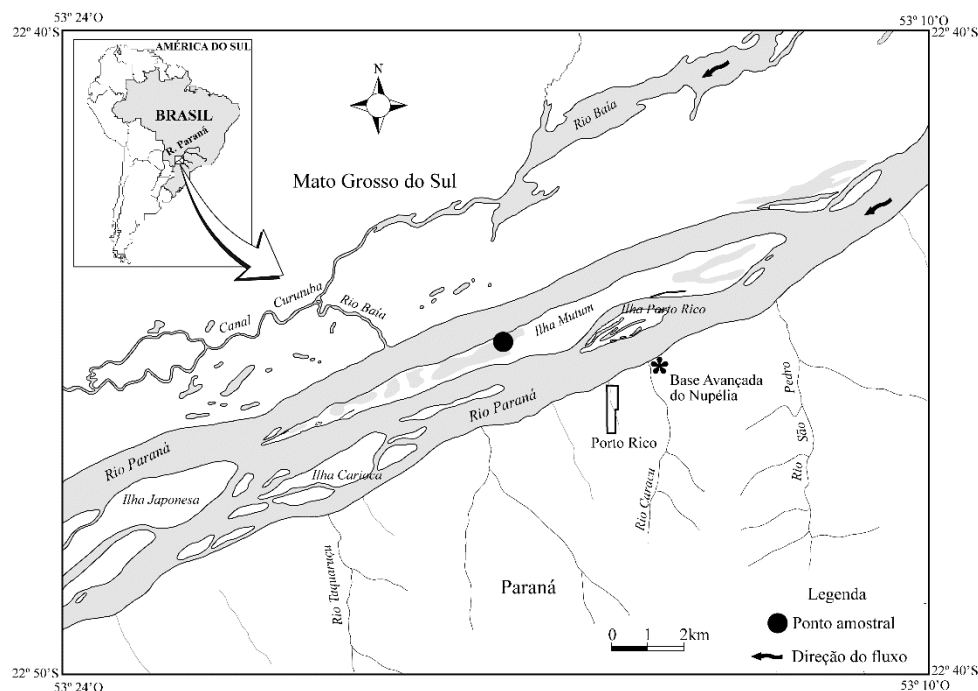


Figura 1. Mapa do ponto amostral na Ilha Mutum da Planície de Inundação do alto rio Paraná.

1.2.2 Coleta e análise do testemunho

A obtenção do testemunho foi feita com o auxílio de uma sonda vibratória acoplado em tubo de alumínio de 2m. O tubo foi serrado longitudinalmente e aberto em duas partes para a descrição sedimentar de acordo com a granulometria, estrutura, composição e coloração. Esta análise foi feita pelo laboratório Grupo de Estudos do Meio Ambiente (UEM). Através da litologia foram identificados cinco períodos sendo a superfície caracterizado pela presença de lama argilosa com precipitações irregulares de óxido de ferro (superfície a 33cm). Nas profundidades de 33cm a 80cm observaram a presença de lama argilosa com intercalações de coloração entre amarronzada e acinzentada. Enquanto que nas profundidades 80cm a 137cm encontraram argila rica em matéria orgânica com fragmentos de folhas e troncos, e presença de lama maciça com intercalações de areia fina (137cm a 185cm). Por fim, as últimas camadas de 185cm a 200cm apresentaram areia grossa com grânulos angulosos e intercalações de argila incipiente a maciça.

Da primeira metade do testemunho foi selecionado pequenas quantidades de sedimento situadas nas profundidades de 75cm, 140cm e 190cm, as quais foram datadas com o isótopo ^{14}C no laboratório BETA ANALYTIC, na Florida, Estados Unidos. A segunda metade do testemunho foi fatiada em intervalos de 5cm, desconsiderando os

primeiros 5cm. Foram obtidas da divisão das camadas sedimentares 41 amostras, sendo que em nove não foi encontrado um número suficiente de diatomáceas para análises, totalizando 32 amostras.

1.2.3 *Análise geoquímica do testemunho*

A determinação do carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) presentes na matéria orgânica dos sedimentos foram quantificados utilizando equipamento Perkin Elmer 2400 Elemental Analyzer. Após secagem em estufa a 40°C os sedimentos foram homogeneizados e então encapsulados em cápsulas de estanho (Elemental Microanálise 12x6mm). As análises foram realizadas a partir da combustão das amostras (924°C) e o produto transportado por hélio numa coluna de redução de (639°C) onde foram reduzidos em CO₂, N₂ e H₂O. Uma vez reduzidos, os gases foram passados na zona de mistura no qual, após a despressurização em uma coluna de separação, foram determinados com um detector de condutividade térmica (82 ± 0,05°C). Acetanilida foi usada como padrão de calibração e a precisão média foi de ± 0,1 mgC.g-1 para COT e ± 0,06 mgN.g-1 para NT. Esta análise foi realizada no Laboratório de Geoquímica orgânica da Universidade Federal Fluminense

1.2.4 *Análise de diatomáceas*

Para a análise da comunidade de diatomáceas do testemunho foi retirado 0,01g de cada camada dividida em 5cm para a confecção de lâminas permanentes, somando 32 amostras. A metodologia seguida foi proposta por Battarbee et al. (2001). Esta se baseia na oxidação do material sedimentar com auxílio de 5ml de peróxido de hidrogênio (30%) em banho maria (80°C) e adição de gotas de ácido clorídrico. Após esse processo, lâminas permanentes foram preparadas com resina Hyrax.

A amostragem da comunidade de diatomáceas perifíticas atual foi feita em abril de 2016 após um período de inundação. No local de coleta foram medidos com uma sonda multiparametro os seguintes parâmetros abióticos: oxigênio dissolvido (% de saturação e mg.L-1), pH, temperatura da água (°C), condutividade elétrica (µS/cm), turbidez (NTU), sólidos totais (g/L) e salinidade (ppt) (Mackareth et al. 1978; Wetzel & Likens 1981).

A réplica da amostra atual foi obtida através da coleta e raspagem de substratos de macrófita aquática, as quais foram condicionados em frascos de Wheaton de 150ml e mantidos no gelo até a remoção do biofilme perifítico. A remoção foi realizada com

lâmina de aço inoxidável envoltas em papel alumínio e jatos de água destilada. Depois de removido, o perifíton foi fixado e preservado com solução de Transeau (Bicudo & Menezes 2006). O material perifítico foi oxidado e limpo através da técnica de Simonsen (1974) modificada por Moreira-Filho & Valente-Moreira (1981) e preparado em lâminas permanentes com resina Naphrax.

A análise quantitativa foi realizada de acordo com o método de Battarbee et al. (1986) com a contagem de no mínimo 500 valvas em microscópio óptico. A abundância das diatomáceas foi expressa pela porcentagem relativa das espécies. Para todas as análises utilizamos apenas as espécies de diatomáceas com abundância relativa $\geq 10\%$. As amostras de água e sedimentos foram analisadas e comparadas seguindo o mesmo critério de quantificação para fins de comparação. A identificação dos táxons foi baseada em estudo populacional. As lâminas foram analisadas qualitativamente em microscópio óptico Zeiss Axioscop equipado com contraste-de-fase e sistema de captura de imagem, em aumento de 1000 $\times$. Para a análise dos espécimes em microscopia eletrônica de varredura (MEV), o material foi preparado de acordo com Ferrario et al. (1995). Adotou-se o sistema de classificação de Round et al. (1990), exceto para os gêneros posteriores a esta obra. A classificação ecológica das diferentes espécies foi feita a partir de literatura especializada.

Os táxons de diatomáceas foram agrupados em guildas ecológicas para facilitar na interpretação das mudanças do meio e da comunidade. Estes agrupamentos foram propostos por Passy (2007) e classificam as espécies em três guildas (baixo perfil, alto perfil e móveis) de acordo com sua forma de crescimento. O baixo perfil compreende espécies de baixo comprimento, incluindo prostrados (aderidas ao substrato, com a valva inteira na superfície), adnato (aderida paralelamente ao substrato), ereto (apical aderida perpendicularmente ao substrato), cêntricas solitárias e espécies com movimento lento. A guilda de alto perfil engloba espécies de comprimento maior, incluindo eretas, filamentosas, ramificadas, que formam cadeia, que formam tubo, coloniais e cêntricas. As móveis são aquelas que apresentam movimento expressivo, como espécies dos gêneros *Navicula*, *Nitzschia*, *Sellaphora* e *Surirella*.

1.2.5 Análise de dados

Foi feito uma análise multivariada de agrupamento ou dissimilaridade, CONISS (*Constrained incremental sum of squares cluster analysis*), pelo programa TILIA v.2.0.2

(Grimm 1991). Esta análise foi feita para analisar a similaridade entre a riqueza e composição de cada camada sedimentar. A diversidade beta foi avaliada pelo índice de Sorensen (bsor), descrevendo a variação da riqueza de espécies entre as amostras. Posteriormente, este índice foi particionado, como proposto por Baselga (2010), em turnover (bsim), substituição de espécies entre as amostras e aninhamento (bnes), diminuição subsequente na riqueza de espécies entre as amostras (Baselga 2010). Para esta análise utilizou-se os pacotes *vegan* e *betapart* no programa R.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Cronologia e litologia

A datação absoluta com isótopos de ^{14}C nas amostras de profundidades: 75cm, 140cm e 190cm, indicaram idades de 300 anos, 760 anos e 920 anos, respectivamente (Figura 3). A mudança da litologia do ambiente indica períodos de mudanças geomorfológicas do ambiente os quais são abordados nos trabalhos de Fernandez et al. (1993) e Steaouvix (1994). Nestes trabalhos discute-se que as ilhas fluviais na planície de inundação do alto rio Paraná são formadas por processos de coalescência de barras às ilhas. Esse processo se inicia com formação da ilha original através de um depósito de sedimento. Após seu estabelecimento permanente há a formação de uma barra lateral de sedimento na lateral da ilha original. A ilha original e a barra lateral serão separadas por um canal indicado pela profundidade de 185cm a 200cm (Zona 5), que devido ao fluxo de sedimento se transformará em um ressaco (137cm a 185cm; Zona 4) consequentemente em uma lagoa (80cm a 137cm; Zona 3), período de transição (33cm a 80cm; Zona 2) e ao final do processo será um pântano como é caracterizado o ambiente atual do estudo (superfície a 33cm; Zona 1) (Figura 2 e 3). A Zona 0 é representada pela comunidade perifítica do período atual (Figura 3). Todo este processo é intimamente influenciado pelo fluxo e deposição de sedimento local.

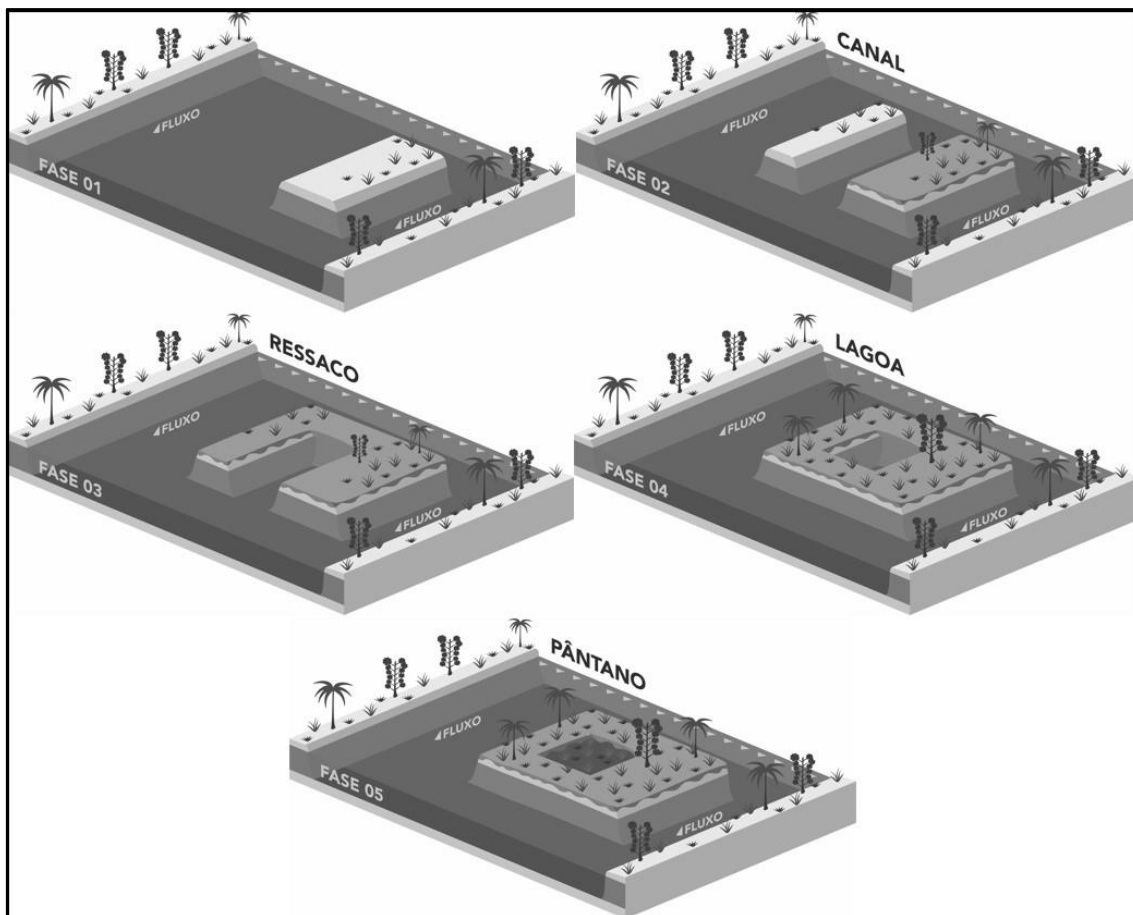


Figura 2. Esquema do processo de alteração geomorfológica na região lateral da ilha Mutum, na Planície de inundação do alto rio Paraná (Zona 1: Fase 05; Zona 3: Fase 04; Zona 4: Fase 03; Zona 5: Fase 02).

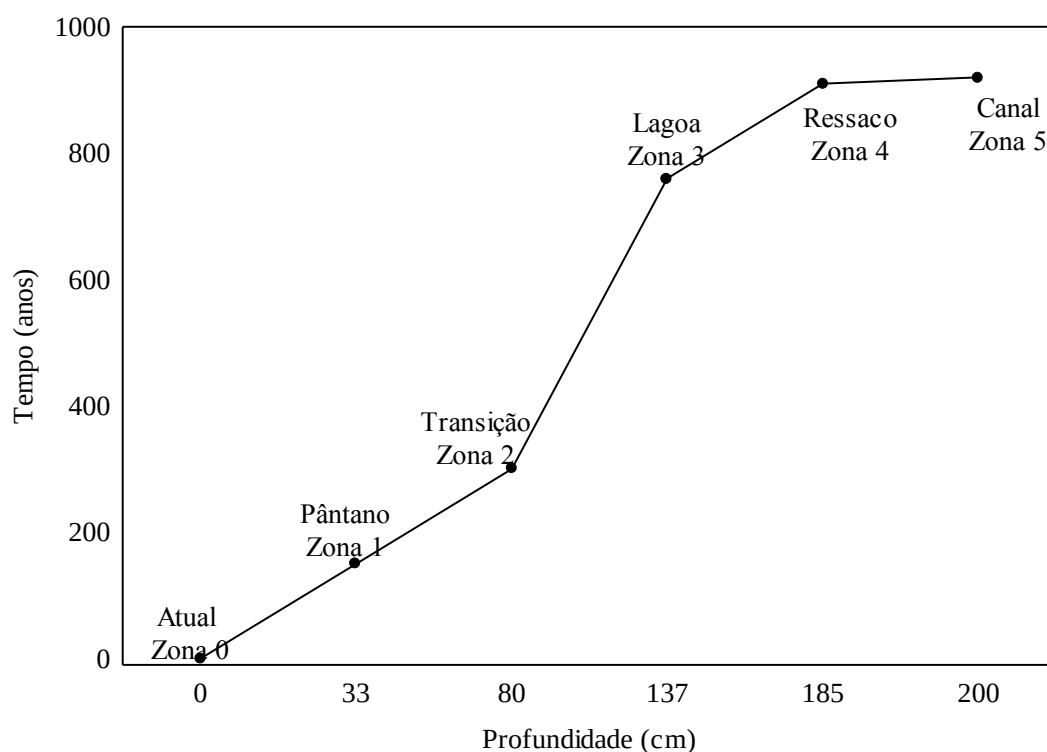


Figura 3. Figura representando as mudanças geomorfológicas do ambiente ao longo do tempo e da profundidade do testemunho.

1.3.2 Geoquímica e Variáveis Limnológicas

As concentrações de COT e NT apresentaram um perfil levemente paralelo. Ambos tiveram picos de concentração na penúltima fase entre a transição e lagoa (Zona 2 e 3), com um incremento maior durante o período de lagoa. A média mínima foi detectada no período de pântano. Os valores de COT foram maiores, apresentando uma maior variação de 1,26% a 16,94%, enquanto que NT foi de 0,05% a 1,12% (Figura 4). Razão de C/N não demonstrou grandes variações, no entanto apresentou maior pico no período de ressaco (Zona 4) (Figura 4).

O ambiente atual caracterizado como pântano apresentou temperatura relativamente alta, pH levemente ácido, baixa condutividade, baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta turbidez (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis abióticas do pântano localizado na Ilha Mutum da Planície de Inundação do alto rio Paraná em Abril de 2016.

Variáveis	Valores
Temperatura (°C)	27,92
pH	6,19
Condutividade (µS/cm)	0,112
Turbidez (NTU)	10,8
OD (mg/L)	2,33
OD (%)	30
TDS (g/L)	0,073
Salinidade (ppt)	0,1

1.3.3 *Assembléia de diatomáceas*

Foram identificados 329 táxons nas 34 amostras do testemunho e do perifíton, distribuídos em 51 gêneros, no entanto apenas 61 táxons apresentaram abundância relativa $\geq 10\%$. Estes estão distribuídos em 26 gêneros, sendo os mais representativos *Eunotia* Ehrenberg (16 táxons) e *Gomphonema* Ehrenberg (14 táxons). Foi observado preferências de diversos gêneros por períodos geomorfológicos diferentes. A Zona 0, representada pelo período atual, foi dominada pelos gêneros *Gomphonema* Ehrenberg, *Eunotia* Ehrenberg e *Nitzschia* Hassal. Enquanto que na Zona 1 os gêneros mais abundantes foram *Aulacoseira* Thwaites, *Luticola* Mann e *Fragilaria* Lyngbye. O gêneros mais dominantes dos períodos de transição, lagoa e ressaco foram *Diademesmis*, *Eunotia* e *Fragilaria* respectivamente (Figura 4).

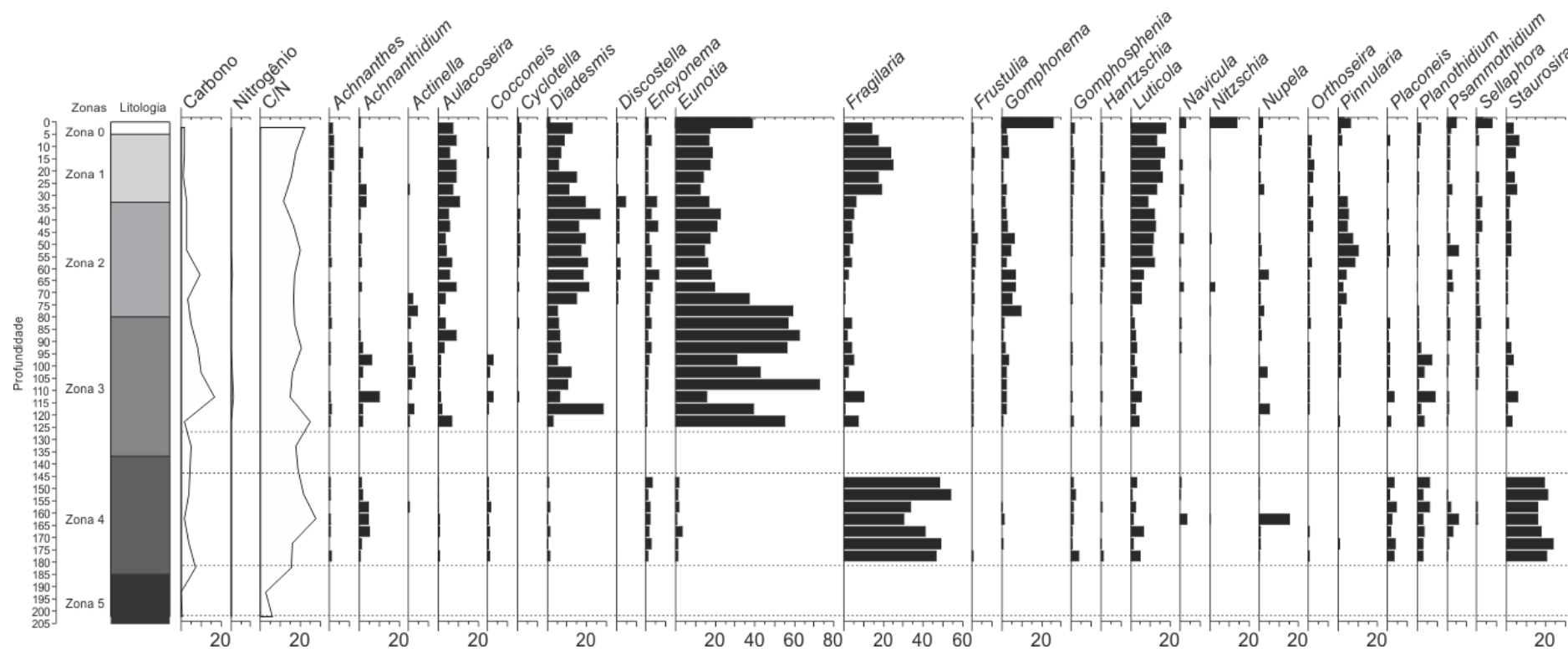


Figura 4. Variação no testemunho em % do Carbono (COT) e Nitrogênio (NT) total e a razão entre eles, e abundância relativa dos gêneros de diatomáceas (Linha pontilhada representando os períodos de ausência de diatomáceas; Zona 0: Ambiente atual; Zona 1: Pântano; Zona 2: Transição; Zona 3: Lagoa; Zona 4: Ressaco; Zona 5: Canal).

1.3.4 Análise de dados

Através da análise de agrupamento (CONISS) utilizando a abundância e ocorrência das diatomáceas ao longo do testemunho foi identificado cinco zonas (Figura 5) que conferiram com os períodos geomorfológicos da formação da extensão da ilha: atual, indicada pela comunidade perifítica (Zona 0), pântano (Zona 1), transição (Zona 2), lagoa (Zona 3) e ressaco (Zona 4) e canal (Zona 5) com ausência de diatomáceas.

Zona 4 – Fase denominada como ressaco, dominada quase exclusivamente pelos gêneros *Stausosira* e *Fragilaria*. Com grande representatividade também de espécies do gênero *Planothidium* e das espécies *Placoneis ovillus*, *Cocconeis* cf. *placentula*, *Encyonema exuberans*, *Gomphosphenia lingulatiformis* e *Nupela* cf. *bicapitata*. Ausência de táxons planctônicos ou do gênero *Eunotia* como é ocorrente nas outras zonas. Neste período inicia-se a presença de determinados táxons como *Luticola simplex*, *Achnantheidium exigum* e *Achnantheidium exigum* var. *constricta*. Ao final deste período e início da Zona 3 há o desaparecimento das diatomáceas.

Zona 3 – Período caracterizado pelo aumento abrupto de táxons pertencentes ao gênero *Eunotia* e diminuição representativa dos táxons da família Fragilariaceae (Figura 4). Fase dominada pelos táxons *Eunotia pseudosudetica* e *Eunotia camelus*. Nesta zona observa-se o aumento da abundância de *Diadlesmis confervaceae* e *Aulacoseira italica*, e o aumento de espécies do gênero *Gomphonema* (Figura 4). Zona com representatividade de *Cocconeis placentula*, *Nupela* cf. *pardinhoensis*, *Achnantheidium exigum*, *Achnantheidium exigum* var. *constricta* e *Planothidium lanceolatum*.

Zona 2 – Neste período ocorre uma nítida substituição de táxons com a diminuição dos dominantes da lagoa *Eunotia pseudosudetica* e *Eunotia camelus* e o aumento de *Diadlesmis confervaceae* e *Diadlesmis contenta*. Ocorre um aumento da abundância das espécies do gênero *Luticola*, *Pinnularia* e *Gomphonema* (Figura 4) e da espécies *Sellaphora fusticulus*, *Encyonema silesiacum* e *Aulacoseira granulata*. Neste mesmo período foi observado o aumento da abundância de espécies planctônicas como *Aulacoseira italica*, *Orthoseira roeseana* e *Cyclotella meneghiana* e o início do aumento de espécies pertencentes a família Fragilariaceae (Figura 4).

Zona 1 – Este período caracterizado como pantanoso apresenta o retorno da abundância de espécies pertencentes à família Fragilariaceae. Esta zona foi evidenciada pelo aumento representativo da abundância de *Achnanthes inflata*, *Luticola simplex*,

Aulacoseira italica, *Luticola aequatorialis*, *Cyclotella meneghiana*, e um pequeno aumento de *Orthoseira roeseana*. Como também é observado a diminuição de *Diadismis contenta* e *Eunotia camelus*.

Zona atual – Período caracterizado por apresentar a menor biodiversidade, com apenas 26 táxons presentes, e um exclusivo. Esta zona foi dominada por *Eunotia naegelli* e *Gomphonema* sp.1, e grande representatividade de *Gomphonema gracile*, *Gomphonema lagenula*, *Nitzschia palea* e *Sellaphora* sp.1.

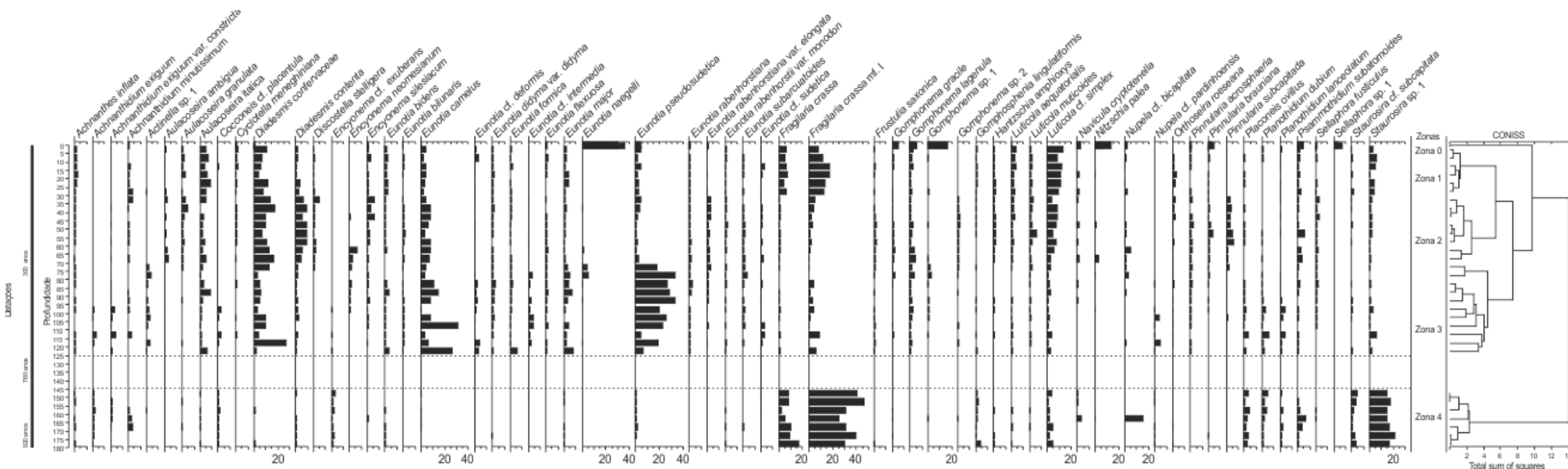


Figura 5. Zonas representadas pela análise de agrupamento CONISS com a representação da variação da abundância relativa das diatomáceas (Zona 0: Ambiente atual; Zona 1: Pântano; Zona 2: Transição; Zona 3: Lagoa; Zona 4: Ressaco).

1.3.5 Guildas de diatomáceas

Em relação às guildas de diatomáceas, a maioria dos táxons pertencem ao grupo do alto perfil, que representam espécies de alto comprimento valvar e com formas de aderência do tipo pedunculadas, com tubo de mucilagem ou filamentosas, ramificadas, que formam cadeia, coloniais e cêntricas. Apesar desta primeira guilda ter apresentado uma maior dominância ao longo do tempo, apresentou picos entre as amostras das profundidades de 67,5cm a 122,5cm que representam os períodos finais da transição e o período de lagoa (Zona 2 e Zona 3). Com a queda da abundância das espécies de alto perfil no começo do período de ressaco (Zona 4) há o aumento das espécies de baixo perfil, que representam espécies de baixo comprimento, principalmente com o tipo prostrado de aderência. Espécies de perfil móvel apresentaram o maior pico de abundância no período atual (Zona 0) e com pequenos aumentos no período de transição e ressaco (Zona 3 e 4). Os táxons móveis apresentaram total ausência no final do período de ressaco (Figura 6).

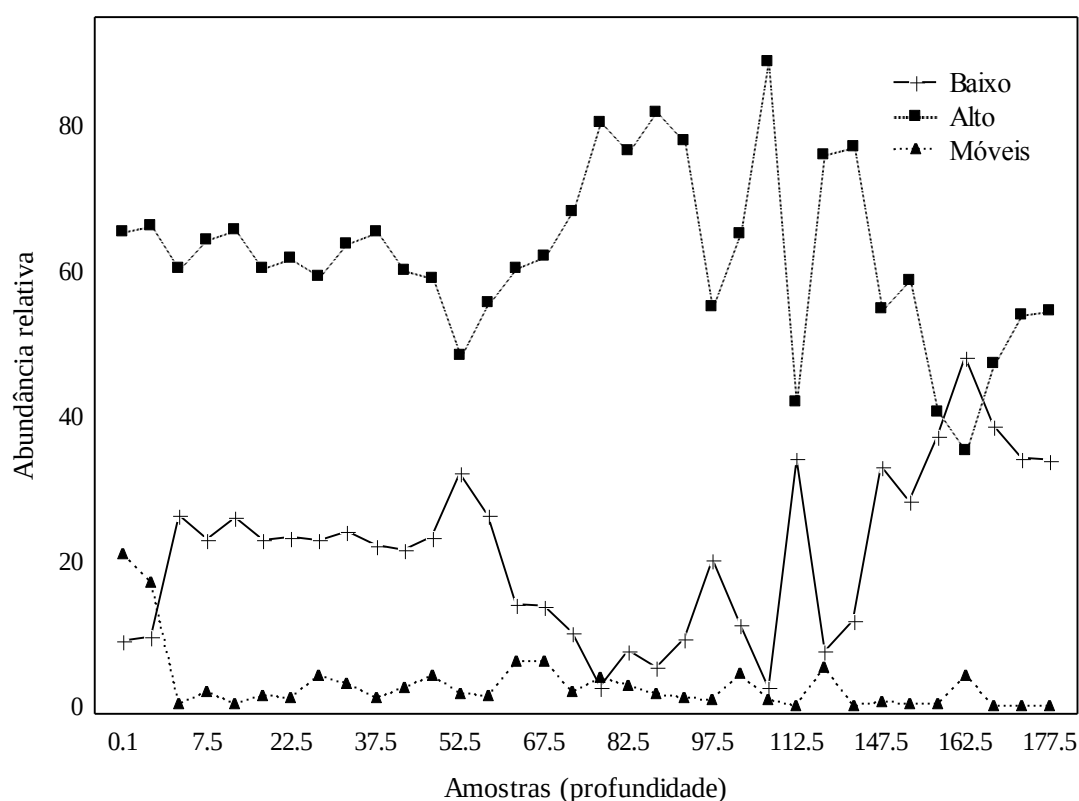


Figura 6. Abundância relativa das espécies pertencentes aos três grupos de guildas (baixo perfil, alto perfil e móveis), em relação às amostras sedimentares (Zona 0: 0 a 1cm; Zona

1: 0,1cm a 33cm; Zona 2: 33cm a 80cm; Zona 3: 80cm a 137cm; Zona 4: 137,5cm a 177,5cm).

1.4 DISCUSSÃO

Nossos resultados reportaram à modificação da composição, riqueza e abundância de diatomáceas em relação a mudança geomorfológica do ambiente localizado no canal principal do rio Paraná (Figura 2). Infere-se também, neste trabalho, que as mudanças geomorfológicas resultaram na criação de novos habitats que levam à partição de novos nichos, proporcionando a ocupação e substituição de novas espécies em cada período.

A variação ambiental local foi mais importante no processo de diversificação e ocorrência da comunidade reforçando, portanto, a teoria de nicho (Soininen 2007). As perturbações devido as variações do nível da água, diferença na estabilidade e limitação da luz foram os principais aspectos que mostraram suporte como estruturadores na comunidade das diatomáceas o que é recorrente em outros trabalhos (Cantonati et al. 2009; Leira et al. 2015).

As zonas geomorfológicas foram destacadas na análise de CONISS, separando as cinco zonas (Figuras 5). A interpretação de zonas pelas diatomáceas começa após o período de canal nos últimos 960 anos. Devido ao canal estar diretamente ligado ao rio principal, indicado pelo sedimento arenoso e granuloso, sugere um período de baixa deposição e alto distúrbio, impedindo a ocorrência de diatomáceas durante este intervalo (Zona 5). Após o período de canal há o surgimento dos primeiros táxons de diatomáceas, período o qual é representado pela fase de ressaco (Figuras 4 e 5). O aparecimento destes organismos sugere a diminuição do fluxo e velocidade da água, proporcionando uma maior taxa de deposição e acumulação de matéria orgânica, indicado pelo aumento de concentração de COT e a presença de lama maciça com areia fina (Figura 4).

Apesar da diminuição do fluxo, a presença de *Encyonema* cf. *exuberans* e *Placoneis ovillus* indica um ambiente ainda com fluxo de água, mas menos veloz que o período de canal, devido a estas espécies terem sido apenas encontradas em ambientes lóticos no Brasil. A maior representatividade de *E. cf. exuberans* e *Gomphosphenia lingulatiformis* pode estar relacionado com a resistência destes organismos à presença de correnteza, isto porque apresentam poros apicais para a produção de pedúnculo de mucilagem para aderência ao substrato (Tremarin et al. 2011; Bartozek et al. 2013).

Espécies pedunculadas apresentam vantagem adaptativa em ambientes com algum distúrbio físico, menor disponibilidade luminosa e de nutrientes (Round et al. 1990).

Apesar de o ressaco ser um ambiente com maior região limnética foi o período com menor abundância de espécies planctônicas, o que pode ser explicado pelo fitoplankton ser mais suscetível a variações e distúrbio no meio (Crossetti et al. 2013). Esta explicação também justifica o desaparecimento de espécies móveis ao final do período do ressaco. Os táxons desta guilda apresentam a capacidade física de selecionar o *habitat* mais adequado para sua ocorrência, portanto, estão menos presentes em ambientes com alta perturbação e níveis baixos de nutrientes (Passy 2007). Isso também explica o aumento de espécies de baixo perfil neste período, as quais são mais resistentes a perturbações de corrente (Passy 2007; Leira et al. 2015). Diferentemente das espécies planctônicas, os táxons do gênero *Fragilaria*, dominantes neste período, apresentam afinidade à mudanças contínuas e à sistema instável (Haworth 1976). Lotter e Bigler (2000) sugere que espécies de *Fragilaria* são r-estrategistas, portanto, capazes de colonizar *habitat* que sofrem alterações ambientais frequentes.

Ao final do período de ressaco (Zona 4) e início do período de lagoa (127,5cm a 142,5cm) há o desaparecimento das diatomáceas. É provável que o sedimento foi exposto a processo de erosão, impedindo a deposição de frústulas neste período, indicado pelas baixas taxas de COT (Vélez et al. 2005). Após este período há o retorno da comunidade de diatomáceas com o aumento abrupto de táxons de *Eunotia*, o que sugere um período com aumento da profundidade da água, diminuição do pH e da concentração de nutrientes (Vélez et al. 2005). O aumento da vazão de água proporciona uma maior estabilidade, permitindo uma maior deposição de sedimentos e decomposição de matéria orgânica e consequentemente uma maior concentração de carbono total no sistema (Figura 4). Isto esclarece a grande abundância de espécies de alto perfil, que apresentam adaptações para captação melhor de nutrientes e luz (Passy 2007; Leira et al. 2015). Estas características conferem ainda mais com o que é esperado da composição e variáveis limnológicas em um ambiente referente à uma lagoa.

Além do gênero *Eunotia* apresentar espécies planctônicas como *Eunotia camelus* (Moro & Fürstenberger 1997; Ortiz-Lerín & Cambra 2007), este grupo apresenta táxons perifíticos que se aderem ao substrato por pé de mucilagem formando colônias como *Eunotia pseudosudetica*. Sendo assim, o aumento da abundância de *Eunotia pseudosudetica* no período de lagoa e surgimento de espécies perifíticas como *Cocconeis*

cf. *placentula* e *Planothidium lanceolatum*, que se aderem ao substrato de forma prostrada e preferencialmente em plantas (Krammer & Lange-Bertalot 1986, 1991), indica a presença de uma zona litorânea abrangente com presença de vegetação e macrófitas.

A possível abrangência desta zona litorânea entre o período de lagoa para o de transição (Zona 3 e Zona 2) pode explicar o aumento da abundância de *Diademesmis confervacea* e *Diademesmis contenta*. São espécies bentônicas e perifíticas que formam longas cadeias, presentes em águas pouco profundas, ambientes úmidos e pantanosos (Torgan & Santos 2008). Portanto, a dominância destes táxons, como também a presença de espécies do gênero *Luticola*, sugerem a diminuição da profundidade. Uma das espécies do gênero *Luticola*, *Luticola muticoides*, abundante nesta fase, frequentemente é encontrada em líquens e hábitos terrestres úmidos, sendo portanto um bom indicador de condições pantanosas, como o encontrado na Zona 2 (Lakatos et al. 2004; Fontana et al. 2009). Os trabalhos de Kuhn et al. (1981) e Cantonati et al. (2009) relatam a relação de desenvolvimento máximo das algas perifíticas com águas rasas, altas concentrações de nutrientes disponíveis e baixo distúrbio.

A mudanças destas condições de profundidade da água seria uma das explicações da substituição e diminuição das espécies de *Eunotia* nesta fase. Outra razão seria a mudança do estado trófico e do pH da água. Espécies com aumento representativo da abundância nesta fase de transição, *Cyclotella meneghiana* e *Aulacoseira granulata*, indicam ambientes eutróficos, por estas espécies estarem associadas a altas concentrações de nutrientes (Van Dam et al. 1994; Moro & Furstenberger 1997; Yang et al. 2008).

A última subzona sedimentológica, o pântano, foi dominada por espécies pertencentes a família Fragilariaceae como no período de ressaco. Apesar destas zonas apresentarem estes táxons em comum, o pântano difere-se apresentando uma abundância maior de espécies planctônicas como *Aulacoseira italica* e *Orthoseira roeseana* (Moro & Furstenberger 1997). Como também neste período ainda há uma grande representatividade de *Diademesmis confervaceae* e *Luticola* cf. *simplex*, ambas espécies de ambientes rasos e pantanosos. Sugere-se que neste período haveria presença de distúrbios como por exemplo cheias, proporcionando um ambiente estável e instável, favorecendo organismos resistentes e não resistentes à mudanças no meio como táxons pertencentes à guildas de alto e baixo perfil, a família Fragilariaceae e de hábito planctônico.

Apesar da dissimilaridade entre os períodos sedimentológicos, a comunidade atual foi a que apresentou a maior diferença, por apresentar menor biodiversidade. Este período foi dominado por espécies de hábito perifítico e indicadoras de ambiente eutrófico. Os menores níveis de água desse período também favorece o desenvolvimento de formas móveis que são mais susceptíveis ao movimento das massas de água (Algarte et al. 2016) e à concentração de nutrientes. A presença de grande representatividade de espécies do gênero *Gomphonema* está relacionado principalmente na forma de hábito desses organismos, que se aderem fortemente ao substrato por pedúnculos de mucilagem. Este tipo de aderência permite às algas alcançarem a interface da água, onde existe maior disponibilidade de luz, representando uma vantagem num ambiente aquático com 10,8NTU de turbidez. Como a comunidade perifítica foi coletada após um período de cheia esperava-se uma maior turbidez pelo processo de dissolução do sedimento e nutrientes, e pela decomposição maior. Se tratando que antes esse período era considerado como pantanoso, já era esperado a dominância de espécies perifíticas pela disponibilidade de substratos aquáticos.

Em vista disso, todos os resultados apresentados demonstram que a flora de diatomáceas apresentam um grande potencial de biomonitoramento de mudanças ambientais e geomorfológicas. Também mostra que o uso das guildas de diatomáceas podem auxiliar no entendimento sobre os diferentes níveis de distúrbio (Berthon et al. 2011). O padrão florístico e de distribuição e informação ecológica das espécies podem ser usados para inferir informações de base no passado para previsões de composições de espécies futuras.

REFERÊNCIAS

- Algarte VM, Dunck B, Leandrini JA, Rodrigues L (2016) Periphytic diatom ecological guilds in floodplain: Ten years after dam. *Ecological Indicators* 69: 407-414
- Bartozek ECR, Ludwig TAV, Tremarin PI, Nardelli MS, Bueno NC, Rocha ACR (2013) Diatoms (Bacillariophyceae) of Iguaçu National Park, Foz do Iguaçu, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 27(1): 108-123
- Battarbee RW (1986) Diatom analysis. In: Berglund BE (ed) *Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohydrology*. Wiley & Sons, London, pp. 527–570

- Battarbee RW, Jones VJ, Flower RJ, Cameron NG, Bennion H (2001) Diatoms. In: Smol, JP, Birks HJB, Last WM (eds) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments.*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 382
- Berthon V, Bouchez A, Rimet F (2011) Using diatom life-forms and ecological guilds to assess organic pollution and trophic level in rivers: a case study of rivers in south-eastern France. *Hydrobiologia* 673: 259-271
- Bicudo CEM, Menezes M (2006) *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições.* RiMa, São Carlos
- Biolo S, Rodrigues L (2011) Composição de algas perifíticas (exceto Bacillariophyceae) em distintos substratos naturais de um ambiente semilótico, planície de inundação do Alto rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 34(3): 307-319
- Cantonati M, Scola S, Angeli N, Guella G, Frassanito R (2009) Environmental controls of epilithic diatom depth distribution in an oligotrophic lake characterized by marked water-level fluctuations. *European Journal of Phycology* 44(1): 15-29
- Corradini FA, Stevaux JC, Fachini MP (2008) Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na ilha mutum, rio Paraná - PR/MG. *Geociências (UNESP)* 27: 345-354
- Crossetti LO, Stenger-Kovács C, Padisák J (2013) Coherence of phytoplankton and attached diatom-based ecological status assessment in Lake Balaton. *Hydrobiologia* 716: 87-101
- Dixit SS, Smol JP, Kingston JC, Charles DF (1992) Diatoms: powerful indicators of environmental change. *Environmental Science & Technology* 26(1): 22-33
- Fernandez OVQ, Santos ML, Stevaux JC (1993) Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, região de Porto Rico (PR). *Boletim de Geografia (UEM)* 1: 5-15
- Ferrario ME, Sar EA, Sala SE (1995) Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. In: Alvear K, Ferrario ME (eds) *Manual de métodos ficológicos.* Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, pp. 863
- Felisberto AS, Rodrigues L (2012) Dinâmica sucessional de comunidade de algas perifíticas em um ecossistema lótico subtropical. *Rodriguésia* 63(2): 463-473

Fontana L, Albuquerque ALS, Brenner M, Bonotto DM, Sabaris TPP, Pires MAF Cotrim MEB, Bicudo DC (2014) The eutrophication history of a tropical water supply reservoir in Brazil. *Journal of Paleolimnology* 51: 29-43

Fritz SC, Cummings BC, Gasse F, Laird KF (1999) Diatoms as a indicator of hydrologic and climate change in saline lakes. In: Stoermer EF, Smol JP (eds) *The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 41-73

Grabowski RC Surian N Gurnell AM (2014) Characterizing geomorphological change to support sustainable river restoration and management. *WIREs Water* 1: 483-512

Grimm EC (1991) *TILIA and TILIAGRAPH*. Illinois State Museum, Springfield, 1991

Haworth EY (1976) Two Late-Glacial (Late Devensian) Diatom Assemblage Profiles from Northern Scotland. *New Phytologist* 77: 227-256

Kelly M, Juggins S, Guthrie R, Pritchard S, Jamieson J, Rippey B, Hirst H, Yallop M (2008) Assessment of ecological status in U.K. rivers using diatoms. *Freshwater Biology* 53: 403-422

Krammer K, Lange-Bertalot H (1986) Bacillariophyceae 1 teil: Naviculaceae. In: Ettl H, Gerloff J, Heyning H, Mollenhauer, D (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fisher, Stuttgart, pp. 876

Krammer K, Lange-Bertalot H (1991) Bacillariophyceae 4. teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Linolatae) und Gomphonema. In: Ettl H, Gerloff J, Heyning H, Mollenhauer, D (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fisher, Stuttgart, pp. 437

Kuhn DL, Plafkin JL, Cairns JJr, Lowe RL (1981) Qualitative Characterization of Aquatic Environments Using Diatom Life-Form Strategies. *Transactions of the American Microscopical Society* 100(2): 165-182

Lakatos M, Lange-Bertalot H, Büdel B, (2004) Diatoms living inside the thallus of the green algal lichen *Coenogonium linkii* in neotropical lowland rain forests. *Journal of Phycology* 40: 70-73

- Leira M, Filippi ML, Cantonati M (2015) Diatom community response to extreme water-level fluctuations in two Alpine lakes: a core case study. *Journal of Paleolimnology* 53: 289-307
- Lotter A, Bigler C (2000) Do diatoms in the Swiss Alps reflect the length of ice-cover? *Aquatic Sciences* 62: 125-141
- Mackereth FYH, Heron JG, Talling J (1978) Water analysis: some revised methods for limnologist. *Freshwater Biological Association* 36: 1-120
- Moreira-Filho H, Valente-Moreira IM (1981) Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim Museu Botânico Municipal* 47: 1-17
- Moro RS, Fürstenberger CB (1997) Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Editora UEPG, Ponta Grossa
- Ortiz-Lerín R, Cambra J (2007) Distribution and taxonomic notes of *Eunotia* Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnetica* 26 (2): 415-434
- Passy SI (2007) Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany* 86: 171-178
- Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990) *The Diatoms Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, London
- Schneck F, Schwarzbald A, Melo AS (2011) Substrate roughness affects stream benthic algal diversity, assemblage composition, and nestedness. *Journal of the North American Benthological Society* 30(4): 1049-1056
- Sierra-Arango OR, Souza PA, Velázquez RCA (2014) Taphonomic signatures and paleoecological implications of Holocene diatom assemblages in the Llano Grande Basin, from the FrontinoPáramo, northwestern Andes Cordillera, Colombia. *Revista Brasileira de Paleontologia* 17(2): 123-140
- Simonsen R (1974) The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R/V "Meteor". *Meteor-forschungsberichte Reihe D-Biologie* 19: 1-66

- Soininen J (2004) Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. *Aquatic Ecology* 38: 495-501
- Soininen J (2007) Environmental and Spatial Control of Freshwater Diatoms - A Review. *Diatom Research* 22(2): 473-490
- Stevenson RJ, Pan Y (1999) Assessing ecological conditions in rivers and streams with diatoms. In: Stoermer EF, Smol JP (eds.) *The diatoms: applications to the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 40
- Stevaux JC (1994) The upper Paraná river (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International* 21: 143-161
- Stoermer EF, Smol JP (1999) *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge
- Tilman D (1982) *Resource competition and community structure*. Princeton University Press, Princeton
- Torgan LC, Santos CB (2008) *Diadesmis confervacea* (Diadesmiaceae-Bacillariophyta): morfologia externa, distribuição e aspectos ecológicos. *Iheringia Série Botânica* 63(1): 171-176
- Tremarin PI, Wetzel CE, Ludwig TAV, Ector L (2011) *Encyonema exuberans* sp. nov. (Bacillariophyceae) from southern Brazilian lotic systems. *Nova Hedwigia* 92: 107-120
- Van Dam H, Mertens A, Sinkeldam J (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Aquatic Ecology* 28: 117-133
- Vélez MI, Berrío, JC, Hooghiemstra H, Metcalfe S, Marchant R. (2005) Palaeoenvironmental changes during the last ca. 8590 calibrated yr (7800-radiocarbon yr) in the dry forest ecosystem of the Patía Valley, Southern Colombian Andes: a multiproxy approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 216: 279-302
- Wetzel RG, Likens GE (1981) *Limnological analyses*. Springer-Verlag, New York
- Yang X, Anderson NJ, Dong X, Shen JI (2008) Surface sediment diatom assemblages and epilimnetic total phosphorus in large, shallow lakes of the Yangtze floodplain: their

relationships and implications for assessing long-term eutrophication. *Freshwater Biology* 53: 1273-1290

Zhang S, Lu XX, Higgitt DL, Chen C-TA, Han J, Sun H (2008) Recent changes of water discharge and sediment load in the Zhujiang (Pearl River) Basin, China. *Global and Planetary Change* 60: 365-380

2 COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS E SEDIMENTO: UMA ABORDAGEM PALEOECOLÓGICA E TAXONÔMICA

Resumo: As diatomáceas (Bacillariophyta) apresentam uma variedade de estratégias de vida, com preferências ecológicas específicas, e curto ciclo de vida que permite uma rápida resposta destes organismos a mudanças ambientais. Estas características permitem que sejam efetivos paleo-indicadores. Portanto, este trabalho teve por objetivo contribuir taxonomicamente e ecologicamente para o conhecimento da composição de diatomáceas perifíticas e fósseis buscando ampliar o entendimento da variação da biodiversidade deste grupo sobre mudanças ambientais ao longo de uma escala temporal. Para isto foram coletadas amostras de sedimento e perifíticas de um pântano localizado em uma ilha fluvial do rio Paraná, na planície de inundação do alto rio Paraná. As amostras de sedimento foram obtidas através da coleta de um testemunho de 2m, fatiado em camadas de 5 cm, totalizando 40 amostras com 920 anos de datação. Duas amostras perifíticas foram obtidas da raspagem de macrófitas coletadas em abril de 2016 após um período de inundação. Para a análise qualitativa das amostras foram feitas lâminas permanentes para a contagem de no mínimo 500 valvas por lâmina. Neste trabalho apresentamos as espécies com mais de 20% de abundância relativa e com $p < 0,05$ para análise de Indval. Totalizou-se 30 táxons, distribuídos em 14 gêneros. A composição das espécies indicou as mudanças geomorfológicas (ressaco, lagoa, transição e pântano) para a extensão das ilhas fluviais do rio Paraná já relatado em outros trabalhos. As condições dos períodos atual, pântano e transição favoreceram espécies de diferentes gêneros e maioria de hábito perifítico. Dentre estas, a maioria dominante dos períodos de transição e pântano indicaram ambientes de águas rasas, solos úmidos e ambientes pantanosos. Já a ocorrência de espécies das famílias Eunotiaceae e Fragilariaceae para lagoa e ressaco respectivamente, sugere mudanças nas características limnológicas, nível e fluxo de água no ambiente.

Palavras-chaves: bioindicadores, paleolimnologia, taxonomia.

Abstract: Diatoms (Bacillariophyta) have a variety of life strategies, with specific ecological preferences, and short life cycle that allows quick response of these organisms to environmental changes. These features allow them to be an effective paleo-indicator. Therefore, this study aimed to contribute taxonomically and ecologically to the knowledge of periphytic and fossils diatom composition. We sought to expand the understanding of the variation of the biodiversity of this group to environmental changes over a time scale. Samples of sediment and periphyton were collected from a swamp located on a river island in the Paraná River in the Upper Paraná River floodplain. The sediment samples were obtained by collecting a record of 2m, sliced into layers of 5cm, totaling 40 samples with 920 years of dating. Two periphyton samples were obtained from macrophyte collected in April 2016 after a period of flooding. For qualitative analysis, permanent slides were made for the counting of at least 500 valves per slide. We present the species with more than 20% relative abundance and $p < 0.05$ for IndVal analysis. The species composition indicated geomorphological changes ('ressaco'- lake connected, lake, transition and swamp) of the river islands of the Paraná River already reported. The conditions of the transition, swamp and actual periods favored species of different genera with periphytic habit. The most dominant species of transition and swamp environments indicate shallow water, moist soils and marshy environments. The incidence of species of Eunotiaceae and Fragilariaceae diatom families to lake and 'ressaco' respectively, suggests changes in limnological characteristics, level and flow of water.

Key words: bioindicators, paleolimnology, taxonomy.

2.1 INTRODUÇÃO

As diatomáceas (Bacillariophyta) são organismos unicelulares, eucariontes, autotróficos que se caracterizam por apresentar uma parede celular de sílica (Round *et al.*, 1990). São cosmopolitas, e algumas endêmicas para específicas regiões. Encontram-se na comunidade perifítica e planctônica de ambientes marinhos e continentais. São abundantes, diversas, e são um importante componente da comunidade de algas (Kelly, 1998; Potapova & Charles, 2003). Desempenham papel fundamental na estrutura da cadeia alimentar aquática devido a influência do seu tamanho no fluxo de energia para níveis tróficos superiores, como também auxiliam no ciclo de carbono dos ecossistemas (Stevenson *et al.*, 1996; Flower *et al.*, 1997).

A estrutura da comunidade de diatomáceas é controlada por múltiplos fatores prevalecendo em diferentes escalas temporais e espaciais (Lim *et al.*, 2001; Potapova & Charles, 2002; Pan *et al.*, 2004; Resende *et al.*, 2005; Tan *et al.*, 2014). Estes fatores incluem química da água (particularmente pH, condutividade e concentração de nutrientes), tipo de substrato, velocidade de corrente, intensidade luminosa e temperatura, como também mudanças geológicas, climáticas, uso da terra e interações biológicas (Biggs *et al.*, 1998; Stoermer & Smol, 1999; Anderson, 2000; Potapova & Charles, 2003; Pan *et al.*, 2004; Bere & Tundisi 2010). Sendo assim, as espécies de diatomáceas apresentam preferência e tolerância por determinados *habitat*, fazendo com que o número de espécies varie em resposta a distúrbios, estresse e mudanças ambientais.

Estudos paleolimnológicos apresentam um valor especial no processo de análise de dados seguros para a detecção de mudanças ambientais recentes. Os resultados dos estudos utilizando multi-proxy têm fornecido evidências para esclarecer mudanças ambientais no passado e têm ajudado a compreender o estado recente das águas (Smol, 1992). Dentre os proxies utilizados com mais frequência estão as diatomáceas. São abundantes, ecologicamente diversas e a sua parede celular de natureza silicosa faz com que sempre estejam bem preservadas nos sedimentos aquáticos. Além disso, apresentam uma variedade de estratégias de vida, com preferências ecológicas específicas e curto ciclo de vida, o que permite uma rápida resposta destes organismos a mudanças ambientais. Coletivamente, estas características permitem que as diatomáceas sejam um efetivo paleo-indicador de mudanças ambientais (Douglas & Smol, 1999).

A obtenção do testemunho foi feita com o auxílio de uma sonda vibratória acoplado em tubo de alumínio de 2m. O tubo foi serrado longitudinalmente e aberto em duas partes para a descrição sedimentar de acordo com a granulometria, estrutura, composição e coloração. Da primeira metade do testemunho foi selecionado pequenas quantidades de sedimento situadas nas profundidades de 0,75m, 1,40m e 1,90m, as quais foram datadas com o isótopo ^{14}C no laboratório BETA ANALYTIC, na Florida, Estados Unidos. A segunda metade do testemunho foi fatiada em intervalos de 5cm, desconsiderando os primeiros 5cm. Foram obtidas da divisão das camadas sedimentares 41 amostras, sendo que em nove não foi encontrado um número suficiente de diatomáceas para análises (78307UPCB a 78310UPCB, 78318UPCB a 78322UPCB).

Para a análise da comunidade de diatomáceas do testemunho, foi retirado 0,01g de cada camada dividida em 5cm para a confecção de lâminas permanentes. A metodologia seguida foi proposta por Battarbee *et al.* (2001). Esta se baseia na oxidação do material sedimentar com auxílio de 5ml de peróxido de hidrogênio (30%) em banho maria (80°C) e adição de gotas de ácido clorídrico. Após esse processo, lâminas permanentes foram preparadas com resina Hyrax.

A amostragem da comunidade de diatomáceas perifíticas atual foi feita em abril de 2016 após um período de inundação. Foram medidos com uma sonda multiparâmetro os seguintes parâmetros abióticos: oxigênio dissolvido (% de saturação e mg.L^{-1}), pH, temperatura da água (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$), turbidez (NTU), sólidos totais (g/L) e salinidade (ppt) (Mackareth *et al.*, 1978; Wetzel & Likens, 1981).

As amostras foram obtidas através da coleta e raspagem de substratos de macrófitas aquáticas, totalizando duas amostras, as quais foram condicionados em frascos de Wheaton de 150 ml e mantidos no gelo até a remoção do biofilme perifítico. A remoção foi realizada com lâmina de aço inoxidável envoltas em papel alumínio e jatos de água destilada. Depois de removido, o perifíton foi fixado e preservado com solução de Transeau (Bicudo & Menezes, 2006). O material perifítico foi oxidado e limpo através da técnica de Simonsen (1974), modificada por Moreira-Filho & Valente-Moreira (1981) e preparado em lâminas permanentes com resina Naphrax.

A análise quantitativa foi realizada de acordo com o método de Battarbee *et al.* (1986) com a contagem de no mínimo 500 valvas em microscópio óptico. As amostras de água e sedimentos foram analisadas e comparadas seguindo o mesmo critério de

quantificação para fins de comparação. A identificação dos táxons foi baseada em estudo populacional. As lâminas foram analisadas qualitativamente em microscópio óptico Zeiss Axioscop equipado com contraste-de-fase e sistema de captura de imagem, em aumento de 1000×. Para a análise dos espécimes em microscopia eletrônica de varredura (MEV), o material foi preparado de acordo com Ferrario *et al.* (1995).

Adotou-se o sistema de classificação de Round *et al.* (1990) para táxons subordinais, exceto para os gêneros posteriores a esta obra. A classificação ecológica das diferentes espécies foi feita a partir de literatura especializada. As amostras foram depositadas no acervo do Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná (78280UPCB a 78322UPCB). Dos 329 táxons do estudo, são apresentados neste trabalho apenas os táxons que ocorreram com abundância relativa $\geq 20\%$ e com valores de $p < 0,05$ para a análise de Indval.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ambiente atual, caracterizado como pântano, apresentou temperatura relativamente alta, pH levemente ácido, baixa condutividade, baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta turbidez (Tabela 1). A datação absoluta com isótopos de ^{14}C nas amostras de profundidades: 0,75m, 1,40m e 1,90m, indicaram idades de menos de 300 anos cal. A.P., 760 anos cal. A.P. e 920 anos cal. A.P., respectivamente.

Tabela 1. Variáveis abióticas do pântano localizado na Ilha Mutum da Planície de Inundação do alto rio Paraná em Abril de 2016.

Variáveis	Valores
Temperatura (°C)	27,92
pH	6,19
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,112
Turbidez (NTU)	10,8
OD (mg/L)	2,33
OD (%)	30
TDS (g/L)	0,073
Salinidade (ppt)	0,1

De acordo com os trabalhos de Fernandez *et al.* (1993) e Steaunx (1994) as ilhas fluviais na planície de inundação do alto rio Paraná são formadas por processos de coalescência de barras às ilhas. Esse processo se inicia com formação da ilha original através de um depósito de sedimento. Após seu estabelecimento permanente há a formação de uma barra lateral de sedimento na lateral da ilha original. A ilha original e a barra lateral serão separadas por um canal, que devido ao fluxo de sedimento se transformará em um ressaco, conseqüentemente em uma lagoa, período de transição e ao final do processo será um pântano como é caracterizado o ambiente atual do estudo. Cada período foi reconhecido no testemunho através das características peculiares de cada fase no material sedimentológico. No entanto, o período de canal (920 anos) não apresentou diatomáceas.

Dos 329 táxons encontrados nas 35 amostras, 30 espécies apresentaram abundância relativa $\geq 20\%$. A comunidade foi representada por 14 gêneros dentre os quais os mais representativos foram *Eunotia* Ehrenberg (8), *Gomphonema* Ehrenberg (3) e *Luticola* D.G. Mann (3).

Bacillariophyta

Coscinodiscophyceae

AULACOSEIRALES

AULACOSEIRACEAE

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen, Bacillaria, 2: 58. 1979.

(Prancha 1, Figura 2)

Diâmetro: 8-17 μm ; altura do manto: 14-30 μm ; 9-14 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78285UPCB, 78287UPCB - 78296UPCB, 78300UPCB, 78305UPCB, 78312UPCB, 78315UPCB).

Informação ecológica: Espécie geralmente de hábito planctônico, mas também encontrada na comunidade perifítica, dominante em lagos rasos, águas mesotróficas a eutróficas, alcalinas e toleram temperaturas de 15 a mais de 30°C (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Taylor *et al.*, 2007; Estepp & Reavie, 2015). Esta espécie ocorreu em 52% das amostras, apresentando maiores abundância nos períodos de transição e pântano, com o pico maior de abundância entre estes dois períodos.

Aulacoseira italica (Ehrenberg) Simonsen, Bacillaria, 2: 60. 1979.

(P. 1, Figs. 3-4; P. 3, Fig. 69)

Diâmetro: 9-20 µm; altura do manto: 12-24 µm; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78288UPCB, 78290UPCB - 78311UPCB, 78313UPCB - 78315UPCB, 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie geralmente de hábito planctônico, mas também encontrada na comunidade perifítica, dominante em lagos rasos, ocorrente em águas oligotróficas a eutróficas, toleram temperaturas de 0 a 30°C (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Estep & Reavie, 2015). Esta espécie ocorreu em 85% das amostras. Apresentando maiores abundância nos períodos de transição e pântano, com o pico alto de abundância entre o período de transição e lagoa.

Bacillariophyceae

FRAGILARIALES

FRAGILARIACEAE

Fragilaria crassa D. Metzeltin & H. Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, 5: 89. 1998.

(P. 1, Figs. 7-8; P. 3, Fig. 70)

Eixo apical: 36-87,8 µm; eixo transapical: 10-10,1 µm; 5-6 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78296UPCB, 78299UPCB - 78302UPCB, 78304UPCB, 78306UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie epipsâmica (Ribeiro *et al.*, 2008), ocorrente em 82% das amostras com valores maiores de abundância durante o período de pântano e ressaco. Para o Brasil foi registrada como *Staurosirella crassa* por Dunck *et al.* (2012) em um ambiente lântico, oligotrófico a mesotrófico e por Ribeiro *et al.* (2010) para amostras de sedimento de uma zona litorânea.

***Fragilaria crassa* mf. I** D. Metzeltin & H. Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, 5: 89. 1998.

(P. 1, Figs. 5-6)

Eixo apical: 14,1-58 µm; eixo transapical: 4,8-9 µm; 5-8 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78296UPCB, 78298UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Estes espécimes diferem de *F. crassa* deste estudo por apresentar extremidades rostradas a rostradas-arredondadas em vez de apenas arredondadas. Espécie epipsâmica (Ribeiro *et al.*, 2008), ocorrente em 91% das amostras com valores maiores de abundância durante o período de pântano e ressaco.

Staurosira cf. subcapitata (Frenguelli) Morales, Diatom Research, 21: 343. 2006.

(P. 1, Fig. 9)

Eixo apical: 18-22,5 µm; eixo transapical: 4,5-5 µm; 8 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78283UPCB, 78285UPCB, 78287UPCB - 78289UPCB, 78291UPCB, 78293UPCB, 78298UPCB, 78300UPCB - 78302UPCB, 78306UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Ocorreu em 58% das amostras, com maior abundância no período de ressaco como *F. crassa*. Os membros deste gênero são comuns em ambientes lóticos e lênticos.

Staurosira sp. 1

(P. 1, Figs. 10-12)

Eixo apical: 12-17,1 µm; eixo transapical: 3,2-4,8 µm; 12-14 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78296UPCB, 78298UPCB, 78300UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Táxon ocorrente em 88% das amostras. Apesar de estar presente constantemente em todos os períodos, apresentou valores altos de abundância durante o período de ressaco.

COCONEIDALES

ACHNANTHIDIACEAE

Planothidium dubium (Grunow) Round & Bukhtiyarova, Diatom Research, 11: 352. 1996.

(P. 1, Figs. 13-16; P. 3, Fig. 71)

Eixo apical: 12-16 µm; eixo transapical: 6-8 µm; 12-16 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78283UPCB, 78292UPCB - 78293UPCB, 78295UPCB, 78297UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie bentônica, de ambientes lóticos ou lênticos, alcalinos e eutróficos (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997). Esteve presente em 64% das amostras, com maiores valores de abundância durante os períodos de lagoa e ressaco.

Psammothidium subatomoides (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, Diatom Research, 11: 13. 1996.

(P. 1, Figs. 17-18, P. 3, Figs. 72-73)

Eixo apical: 5-12 µm; eixo transapical: 3,1-5,3 µm; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78292UPCB, 78294UPCB - 78299UPCB, 78301UPCB - 78302UPCB, 78304UPCB - 78306UPCB, 78312UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie bentônica, prostrada, de ambientes ácidos (Moro & Fürstenberger, 1997). No trabalho de Schneck *et al.* (2007) indicou águas eutróficas e impactadas. Esteve presente em 88% das amostras, no entanto apresentou maior abundância no período de ressaco e atual.

EUNOTIALES

EUNOTIACEAE

Eunotia bidens Ehrenberg, Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 413. 1843.

(P. 1, Figs. 19-21)

Eixo apical: 20-72 µm; eixo transapical: 7-11 µm; 9-14 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78294UPCB, 78298UPCB - 78313UPCB, 78315UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie perifítica de ambiente lêntico, ocorrente em águas ácidas, oligotróficas a mesotróficas, tolerante a temperaturas altas (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Lange-Bertalot *et al.*, 2011), encontrada associada a briófitas em ambientes pantanosos (Furey *et al.*, 2011). Apresentou 76% de frequência, e apesar de estar presente durante os períodos de lagoa e transição, sua abundância foi maior durante o pântano.

Eunotia camelus Ehrenberg, Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 413. 1843.

(P. 1, Figs. 22-27, P. 3, Figs. 74-76)

Eixo apical: 17,5-85 µm; eixo transapical: 4-7 µm; estrias: 8-12 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78311UPCB, 78313UPCB - 78315UPCB).

Informação ecológica: Espécie planctônica de ambientes lênticos e lóticos, ácidos, mas pode ser encontrada em ambientes alcalinos. Toleram temperaturas de 15 a mais de 30°C (Moro & Fürstenberger, 1997; Ortiz-Lerín & Cambra, 2007). Frequente em 91%, esteve presente em todos os períodos, mas apresentou maior abundância durante o período de lagoa.

Eunotia formica Ehrenberg, Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 414. 1843.

(P. 1, Figs. 28-29; P. 3, Fig. 77)

Eixo apical: 30-110 µm; eixo transapical: 7-11 µm; 10-12 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78284UPCB, 78286UPCB - 78293UPCB, 78295UPCB - 78306UPCB).

Informação ecológica: Espécie com ampla distribuição geográfica, pouco tolerante a poluição (Bere & Mangadze, 2014), de hábito bentônico, presente em ambientes lênticos e úmidos, ocorrente em águas oligotróficas a mesotróficas, ácidas, tolerando temperaturas de 15 a 30°C (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Ortiz-Lerín & Cambra, 2007; Taylor *et al.*, 2007). Ocorreu em 64% das amostras, presentes durante o período de pântano e transição, mas com maiores abundâncias durante o período de lagoa.

Eunotia cf. intermedia (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot in Lange-Bertalot, Bibliotheca Diatomologica, 27: 32. 1993.

(P. 1, Figs. 30-31; P. 3, Figs. 78-79)

Eixo apical: 10-18,5 µm; eixo transapical: 2,2-2,4 µm; 12-18 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78288UPCB, 78292UPCB - 78294UPCB, 78297UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB - 78312UPCB).

Informação ecológica: Espécie ocorrente em ambientes oligotróficos e ácidos (Van Dam *et al.*, 1994; Ortiz-Lerín & Cambra, 2007). Presente em 44% das amostras com maior abundância no período de lagoa.

Eunotia naegelii Migula, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Deutsch-Österreich und der Schweiz: 203. 1905.

(P. 1, Figs. 32-34)

Eixo apical: 20-85 µm; eixo transapical: 2,7-4,2 µm; 20 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78289UPCB, 78294UPCB, 78296UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB, 78305UPCB).

Informação ecológica: Apresenta hábito bentônico, aderidas por pé de mucilagem, ocorrente em águas lênticas, oligotróficas e ácidas (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Montoya-Moreno & Aguirre-Ramírez, 2013). Ocorreu em 26% das amostras.

Eunotia pseudosudetica D. Metzeltin, H. Lange-Bertalot, & F. García-Rodríguez, Iconographia Diatomologica, 15: 57. 2005.

(P. 2, Figs. 35-38; P. 3, Figs. 80-81)

Eixo apical: 15,8-45 μm ; eixo transapical: 4-6,5 μm ; 11-16 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78316UPCB).

Informação ecológica: Espécie registrada no trabalho de Bicca *et al.* (2011), onde a comunidade perifítica foi coletada em ambientes os quais são caracterizados por levemente ácidos e com variação de temperatura de 14-29,8°C. Neste trabalho *E. pseudosudetica* esteve presente em 97% das amostras, presente em todos os períodos, no entanto com maior abundância no período de lagoa.

Eunotia rabenhorstiana* var. *elongata (R. Patrick) D. Metzeltin & H. Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica 5: 76. 1998.

(P. 2, Fig. 39)

Eixo apical: 77-125 μm ; eixo transapical: 4,12-7 μm ; 16-18 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB, 78285UPCB, 78287UPCB - 78301UPCB, 78303UPCB, 78305UPCB).

Informação ecológica: Espécie perifítica, formando cadeias, foi frequente em 61% das amostras, com valores maiores de abundância no período de transição.

Eunotia subarcuatoidea E. Alles, M. Nörpel, & H. Lange-Bertalot, Nova Hedwigia, 53: 188. 1991.

(P. 2, Figs. 40-41)

Eixo apical: 13-22 μm , eixo transapical: 3-5 μm ; 16-20 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78283UPCB - 78285UPCB, 78287UPCB, 78289UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB - 78303UPCB, 78305UPCB).

Informação ecológica: Espécie epilítica, ocorrente em ambientes ácidos e oligotróficos (Van Dam *et al.*, 1994; Ortiz-Lerín & Cambra, 2007). Ocorreu em 58% das amostras com maior abundância durante o período de transição.

CYMBELLALES

GOMPHONEMATACEAE

Encyonema silesiacum (Bleisch) D.G. Mann in Round, Crawford, & Mann Diatoms: 667. 1990.

(P. 2, Fig. 42; P. 3, Fig. 82)

Eixo apical: 28-45 µm; eixo transapical: 7,8-10 µm; 9-12 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78303UPCB, 78305UPCB, 78314UPCB).

Informação ecológica: Apresenta hábito perifítico, mas pode ser encontrada no plâncton, indicadora de águas oligotróficas, mas pode ser encontrada em águas eutróficas. Ocorre em águas lênticas e lóticas, com pH ácido a alcalino e com temperatura variando de 15 a mais de 30°C (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Marquardt & Bicudo, 2014). Presente em 76% das amostras, com maior abundância no período de transição.

Gomphonema gracile Ehrenberg, Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen: 217. 1938.

(P. 2, Figs. 45-46; P. 3, Fig. 85)

Eixo apical: 24-64,3 µm; eixo transapical: 5,7-10,4 µm; 12-17 estrias em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78283UPCB - 78284UPCB, 78287UPCB - 78298UPCB, 78303UPCB - 78304UPCB, 78313UPCB - 78314UPCB, 78316UPCB).

Informação ecológica: Espécie perifítica de ambientes lênticos, de águas oligotróficas a mesotróficas, neutras a alcalinas e toleram temperaturas de 15 a 30°C (Valente-Moreira, 1975; Contin & Oliveira, 1993; Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997). Ocorreu em 61% das amostras com maior abundância no período atual e de transição.

Gomphonema lagenula Kützing, Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen: 85. 1844.

(P. 2, Figs. 47-48; P.3, Fig. 84)

Eixo apical: 19-21 μm ; eixo transapical: 5-6 μm ; 17-18 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78306UPCB).

Informação ecológica: Esta espécie perifítica foi relacionada a condições mesotróficas e eutróficas no estudo de Dunck *et al.* (2013), e a ambientes urbanos poluídos por Moresco & Rodrigues (2014). Frequente em 79% das amostras, foi ausente apenas no período de ressaco, com maiores valores de abundância no período atual.

***Gomphonema* sp. 1**

(P. 2, Figs. 49-51; P. 3, Fig. 83)

Eixo apical: 22,5-44,9 μm ; eixo transapical: 5,9-7,4 μm ; 13-16 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78283UPCB, 78287UPCB, 78291UPCB, 78295UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB - 78302UPCB, 78304UPCB, 78314UPCB).

Informação ecológica: Espécie encontrada na comunidade perifítica, apresentando pedúnculos para fixação. Ocorreu no ambiente atual pantanoso que apresentou temperatura de 27,9°C, pH ácido a neutro e com baixo valor de oxigênio. Presente em 41% das amostras, mais abundante no período atual.

Placoneis ovillus D. Metzeltin, H. Lange-Bertalot & F. García-Rodríguez, Iconographia Diatomologica, 15: 187. 2005.

(P. 2, Figs. 43-44)

Eixo apical: 14-24 μm ; eixo transapical: 7-10 μm ; 14-18 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78283UPCB, 78285UPCB - 78286UPCB, 78289UPCB, 78291UPCB - 78293UPCB, 78298UPCB - 78304UPCB, 78306UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Foi presente em 64% das amostras, com maior abundância no período de ressaco.

NAVICULALES

DIADESMIDACEAE

Diadesmis confervacea Kützing Die Kieselchaligen Bacillarien oder Diatomeen: 109. 1844.

(P. 2, Figs. 52-53; P. 4, Figs. 86-87)

Eixo apical: 12-22 μm ; eixo transapical: 5-8 μm ; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78306UPCB, 78313UPCB, 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie bentônica que forma longas cadeias, presente em águas pouco profundas, ambientes úmidos e pantanosos. Ocorre em locais eutróficos com altas temperaturas, ácidos a alcalinos (Hustedt, 1966; Patrick & Reimer, 1966; Cholnoky, 1958; Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Taylor *et al.*, 2007; Torgan & Santos, 2008). Foi bastante frequente neste estudo com 85%, apresentou maior abundância durante o período de transição.

Diadesmis contenta (Grunow) D.G. Mann in Round, Crawford, & Mann, Diatoms: 666. 1990.

(P. 2, Figs. 54-55; P. 4, Figs. 88-89)

Eixo apical: 7-15 μm ; eixo transapical: 2,2-3 μm ; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78311UPCB, 78313UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécie bentônica, como *D. confervaceae*, ocorre em águas rasas e ambientes úmidos. Tolerância baixa luminosidade e temperaturas de 15 a 30°C, indicadora de ambiente mesotrófico a eutrófico e de águas ácidas a alcalinas (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997; Lobo *et al.*, 2004; Taylor *et al.*, 2007). Presente em 91% das amostras com maiores valores de abundância durante o período de transição.

Luticola aequatorialis (Heiden) H. Lange-Bertalot & T. Ohtsuka in T. Ohtsuka, Diatom, 18: 35. 2006.

(P. 2, Figs. 59-60; P. 4, Fig. 90)

Eixo apical: 10,5-25 μm ; eixo transapical: 5,8-8 μm ; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78296UPCB, 78300UPCB - 78306UPCB, 78313UPCB, 78315UPCB, 78317UPCB).

Informação ecológica: Espécies do gênero *Luticola* são comuns em solos úmidos e pantanosos (Van de Vijver *et al.*, 2002; Lowe *et al.*, 2007). Apesar de *Luticola aequatorialis* ser frequente com 76% de ocorrência nas amostras, sua abundância foi maior durante o período de pântano.

Luticola muticoides (Hustedt) D.G. Mann in Round, Crawford, & Mann, Diatoms: 671. 1990.

(P. 2, Figs. 56-58; P. 4, Fig. 92)

Eixo apical: 10-23 µm; eixo transapical: 6-9,5 µm; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB - 78302UPCB, 78304UPCB - 78305UPCB, 78313UPCB, 78315UPCB).

Informação ecológica: Presente em ambientes lóticos e lênticos, em águas ácidas a alcalinas (Moro & Fürstenberger, 1997). Ocorreu em 70% das amostras com valores maiores de abundância durante os períodos de transição e pântano.

Luticola cf. simplex D. Metzeltin, H. Lange-Bertalot & F. García-Rodríguez, Iconographia Diatomologica, 15: 116. 2005.

(P. 2, Fig. 61; P. 4, Fig. 91)

Eixo apical: 11-16 µm; eixo transapical: 5,2-6 µm; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78317UPCB).

Informação ecológica: Táxon ocorrente em 94% das amostras com valores maiores de abundância durante os períodos de transição e pântano.

PINNULARIACEAE

Pinnularia brauniana (Grunow) Studnicka, Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien, 38: 737. 1888.

(P. 2, Figs. 62-63; P. 4, Fig. 94)

Eixo apical: 28,1-50 μm ; eixo transapical: 5,6-8,3 μm ; 11-15 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer, (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78283UPCB, 78285UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB - 78301UPCB, 78316UPCB).

Informação ecológica: Esteve presente em 61% das amostras com maior abundância no período atual e de transição.

Pinnularia subcapitata W. Gregory, Quarterly Journal of Microscopical Science, 4: 9, 1856.

(P. 2, Fig. 64; P. 4, Fig. 93)

Eixo apical: 19-23 μm ; eixo transapical: 4,8-5 μm ; 14-16 estrias em 10 μm .

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78288UPCB - 78298UPCB, 78300UPCB, 78302UPCB).

Informação ecológica: Espécie encontrada na comunidade perifítica e fitoplanctônica, em ambientes lênticos, oligotróficos a eutróficos, ácidos, tolerantes a temperaturas de 15 a 30°C (Moro & Fürstenberger, 1997). Ocorreu em 38% das amostras, com maior abundância durante o período de transição.

SELLAPHORACEAE

Sellaphora fusticulus (Østrup) H. Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica, 9: 216. 2000.

(P. 2, Figs. 65-66)

Eixo apical: 32-46 μm ; eixo transapical: 8-9 μm ; estrias inconspícuas.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78282UPCB - 78283UPCB, 78286UPCB - 78303UPCB, 78313UPCB - 78314UPCB).

Informação ecológica: Presente em 70% das amostras com maiores valores de abundância durante o período de transição.

BACILLARIALES

BACILLARIACEAE

Nitzschia palea (Kützing) W.Smith, A synopsis of the British Diatomaceae, 2: 89. 1856.

(P. 2, Fig. 67-68)

Eixo apical: 23-49,3 µm; eixo transapical: 3,1-5,2 µm; 11-13 fíbulas em 10 µm.

Material examinado: BRASIL. Paraná: Porto Rico, Ilha Mutum, perifíton, 12/IV/2016, Ruwer *et al.* (78280UPCB - 78281UPCB); sedimento, 27/II/2012, Ruwer *et al.* (78285UPCB, 78291UPCB, 78295UPCB, 78297UPCB, 78301UPCB, 78314UPCB).

Informação ecológica: Espécie bentônica, ocorrente em ambientes lênticos, eutróficos, ácidos a alcalinos, toleram grandes variações de temperatura (Van Dam *et al.*, 1994; Moro & Fürstenberger, 1997). Apresentou 23% de frequência com maior abundância no período atual.

Tabela 2. Distribuição e dominância das espécies de diatomáceas nos períodos estudados.

Táxons	Períodos				
	Atual (ano de 2016)	Pântano (≈150 anos)	Transição (>300 anos)	Lagoa (>760 anos)	Ressaco (>920 anos)
<i>Aulacoseira granulata</i>					
<i>Aulacoseira italica</i>					
<i>Fragilaria crassa</i>					
<i>Fragilaria crassa</i> mf. I					
<i>Staurosira</i> cf. <i>subcapitata</i>					
<i>Staurosira</i> sp. 1					
<i>Planothidium dubium</i>					
<i>Psammothidium subatomoides</i>					
<i>Diademesmis confervaceae</i>					
<i>Diademesmis contenta</i>					
<i>Luticola aequatorialis</i>					
<i>Luticola muticoides</i>					
<i>Luticola</i> cf. <i>simplex</i>					
<i>Eunotia bidens</i>					
<i>Eunotia camelus</i>					
<i>Eunotia formica</i>					
<i>Eunotia</i> cf. <i>intermedia</i>					
<i>Eunotia naegelli</i>					
<i>Eunotia pseudosudetica</i>					
<i>Eunotia rabenhorstiana</i> var. <i>elongata</i>					
<i>Eunotia subarcuatoides</i>					
<i>Encyonema silesiacum</i>					
<i>Gomphonema gracile</i>					
<i>Gomphonema lagenula</i>					
<i>Gomphonema</i> sp. 1					
<i>Placoneis ovillus</i>					
<i>Pinnularia brauniana</i>					
<i>Pinnularia subcapitata</i>					
<i>Sellaphora fusticulus</i>					
<i>Nitzschia palea</i>					

Dentre os 30 táxons abordados, todos foram encontrados nas amostras de sedimento e apenas 14 foram ocorrentes no período atual (Tabela 2). Destaca-se a grande diversidade de diatomáceas que pode ser encontrada em sedimentos. Juntamente com a variação temporal há consequentemente mudanças físicas e químicas, biológicas e geomorfológicas no ambiente. Na ecologia temporal estes fatores e o habitat controlam o estabelecimento e a colonização das espécies. A habilidade das populações para competirem e persistirem em um habitat depende de como as espécies se adaptam bem para desenvolverem-se sob específicas condições ambientais (Patrick & Reimer, 1966).

As condições dos períodos atual, pântano e transição favoreceram espécies de diferentes gêneros e a maioria de hábito perifítico. A grande dominância deste grupo nestes períodos indica a presença e abundância de macrófitas e vegetação localizada na região litoral do ambiente aquático (Felisberto & Rodrigues, 2010). A ocorrência de determinadas espécies nos períodos de transição e pântano indicam ambientes de águas rasas, solos úmidos e ambientes pantanosos (Patrick & Reimer, 1966; Torgan & Santos, 2008; Van de Vijver *et al.*, 2002; Lowe *et al.*, 2007; Kopalova *et al.*, 2011). A grande contribuição de espécies da ordem Naviculales no período de transição pode ser explicado por estes táxons serem abundantes em ambientes pantanosos como relatado no trabalho de Vijayan & Ray (2016).

A mudança da composição do período de lagoa para transição sugere um processo de diminuição do volume da água ou períodos de dissecação no ambiente. Juntamente com a possível mudança do volume de água desta fase, a predominância de espécies da família Eunotiaceae na lagoa indica uma diminuição do pH, condutividade e nutrientes, e aumento do nível da água em relação aos outros períodos (Vélez *et al.*, 2005). Entre o período de ressaco e lagoa ocorreu uma substituição de famílias dominantes destes períodos de Fragilariaceae para Eunotiaceae. A ocorrência de espécies pertencentes a família Fragilariaceae no período de ressaco pode ser explicado pela afinidade destes táxons à ambientes com mudanças contínuas e instáveis, características que podem ser proporcionadas em um ambiente semilótico como ressaco (Thomaz *et al.*, 1997).

Em resumo, nossos resultados mostraram que as espécies abundantes e indicadoras de diatomáceas suportaram as variáveis sedimentares representadas pelas mudanças geomorfológicas. Nossos dados mostram a importância dos fatores temporais físicos e hidrológicos sobre a comunidade de diatomáceas em um ambiente de planície

de inundação. E reforça a importância da utilização das diatomáceas como bioindicadoras.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON N.J. 2000 – Diatoms, temperature and climatic change. *European Journal of Phycology*, 35: 307–314.
- BATTARBEE R. W. 1986 – Diatom analysis. In: BERGLUND, B. E. (ed.) *Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohydrology*, London, Wiley & Sons, pp. 527–570.
- BATTARBEE R.W., JONES V.J., FLOWER R.J., CAMERON N.G., BENNION H., 2001 – Diatoms. In: SMOL J.P., BIRKS H.J.B., LAST W.M. (eds.). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, pp. 382.
- BERE T. & MANGADZE T., 2014 – Diatom communities in streams draining urban areas: community structure in relation to environmental variables. *Tropical Ecology*, 55(2): 271-281.
- BERE T. & TUNDISI J.G., 2010 – Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, São Carlos-SP, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70: 921-930.
- BICCA A.B., TORGAN L.C., SANTOS C.B., 2011 – Eunotiaceae (Eunotiales, Bacillariophyta) em ambientes lacustres na Planície Costeira do Sul do Brasil. *Revista Brasil. Bot.*, 34(1): 1-19.
- BICUDO C.E.M. & MENEZES M., 2006 – Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos, RiMa, p.1-502.
- BIGGS B.J.F., GORING D.G., NIKORA V.I., 1998 – Subsidy and stress responses of stream periphyton to gradients in water velocity as a function of community growth form. *Journal of Phycology*, 34: 598–607.
- CHOLNOCKY B.J., 1958 – Beiträge zur Kenntnis der südafrikanischen Diatomeenflora. II. Einige Gewässer im Waterberg- Gebiet, Transvaal. *Portugaliae Acta Biológica*, 6: 99-153.
- CONTIN L.F. & OLIVEIRA, R.J.M., 1993 – Diatomáceas (Chrysophyta - Bacillariophyceae) em águas termais: Lagoa Santa - Município de Itajá - Goiás. Pp. 7-35.

In: I.F.P. Campos (ed.). Flora dos Estados de Goiás e Tocantins, criptógamos. v.2, n. 1, Goiânia, Editora da UFG-EDUFG.

DOUGLAS M.S.V. & SMOL J.P., 1999 – Freshwater diatoms as indicators of environmental change in the High Arctic. Pp. 227-244. In: The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. E.F. Stoermer and J.P. Smol (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 469.

DUNCK B.O., NOGUEIRA I.S., SOUZA, M.G.M., 2012 – Planktonic diatoms in lotic and lentic environments in the Lago dos Tigres hydrologic system (Britânia, Goiás, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae. Brazilian Journal of Botany, 35(2): 181-193.

DUNCK B.A, NOGUEIRA I.S., FELISBERTO S.A., 2013 – Distribution of periphytic algae in wetlands (Palm swamps, Cerrado), Brazil. Braz. J. Biol., 73(2): 331-346.

ESTEPP L.R. & REAVIE E.D, 2015 – The ecological history of Lake Ontario according to phytoplankton. Journal of Great Lakes Research. 41: 669-687.

FELISBERTO S.A., RODRIGUES, L., 2010 - Periphytic algal community in artificial and natural substratum in a tributary of the Rosana reservoir (Corvo Stream, Paraná State, Brazil). Acta Scientiarum. Biological Sciences. 32(4): 373-385.

FERNANDEZ O.V.Q., SANTOS M.L., STEVAUX J.C., 1993 – Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, região de Porto Rico (PR). Boletim de Geografia – UEM, Ano 11, n.1.

FERRARIO M.E., SAR E.A, SALA S.E., 1995 – Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. In *Manual de métodos ficológicos* (Alveal, K. & M.E. Ferrario, eds): 1-23. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

FLOWER R.J., JUGGINS S., BATTARBEE R.W., 1997 – Matching diatom assemblages in lake sediment cores and modern surface sediment samples: the implications for lake conservation and restoration with special reference to acidified systems. Hydrobiologia, 344: 27–40.

- FUREY P.C., LOWE R.L., JOHANSEN J.R., 2011 – *Eunotia* Ehrenberg (Bacillariophyta) of the Great Smoky Mountains National Park, USA. *Bibliot. Diatomol.*, 56: 1-133.
- HUSTEDT F., 1966 – Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 3. In: *Kryptogamen – Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, 7 (Ed. L. Rabenhorst), Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, pp. 816.
- KELLY M.G., 1998 – Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Water Research*, 32: 236-42.
- KOMULAYNEN S., 2009 – Diatoms of periphyton assemblages in small rivers in Northwestern Russia. *Studia Trent. Sci. Nat.*, 84: 153-160.
- KOPALOVÁ K., ELSTER J., NEDBALOVÁ L., VAN DE VIJVER B., 2009 – Three new terrestrial diatom species from seepage areas on James Ross Island (Maritime Antarctic Region). *Diatom Res.*, 24: 113–122.
- LANGE-BERTALOT H., BAK M., WITKOWSKI A., 2011 – *Eunotia* and some related genera. In *Diatoms of Europe* (Lange-Bertalot, H., ed). v. 6. Königstein, Koeltz Scientific Book, pp. 747.
- LIM D.S.S., DOUGLAS M.S.V., SMOL J.P., 2001 – Diatoms and their relationship to environmental variables from lakes and ponds on Bathurst Island, Nunavut, Canadian High Arctic. *Hydrobiologia*, 450: 215-230.
- LOBO E.A., CALLEGARO V.L.M., HERMANY G., BES D., WETZEL C.A., OLIVEIRA M.A., 2004 – Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnol. Bras.*, 16: 25-40.
- LOWE R.L., FUREY P.C., RESS J.A., JOHANSEN J.R., 2007 - Diatom biodiversity and distribution on wetwalls in Great Smoky Mountains National Park. *Southeastern Naturalist*, 6 (Special Issue 1): 135-152.
- MACKERETH F.Y.H., HERON J.G., TALLING J., 1978 – Water analysis: some revised methods for limnologist. *Freshwater Biological Association*, 36: 1-120.
- MARQUARDT, G.C. & BICUDO C.E.M., 2014 – Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas* 36: Bacillariophyceae (Cymbellales). *Hoehnea* 41(2): 209-246.

- MONTOYA-MORENO Y. & AGUIRRE-RAMÍREZ N., 2013 – Knowledge to Ecological Preferences in a Tropical Epiphytic Alga to Use with Eutrophication Indicators. *Journal of Environmental Protection*, 4: 27-35.
- MOREIRA-FILHO H. & VALENTE-MOREIRA I.M., 1981 – Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Bacillariophyceae) epífitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. *Boletim Museu Botânico Municipal*, 47: 1-17.
- MORESCO C. & RODRIGUES L., 2014 – Periphytic diatom as bioindicators in urban and rural streams. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 36(1): 67-78.
- MORO R.S. & FÜRSTENBERGER C.B., 1997 – Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ed. UEPG, Ponta Grossa, pp. 282.
- ORTIZ-LERÍN R. & CAMBRA J., 2007 – Distribution and taxonomic notes of *Eunotia* Ehrenberg 1837 (Bacillariophyceae) in rivers and streams of Northern Spain. *Limnetica*, 26 (2): 415-434.
- PAN Y., HERLIHY A., KAUFMANN P., WIGINGTON J., SICKLE J.V., MOSER T., 2004 – Linkages among land-use, water quality, physical habitat conditions and lotic diatom assemblages: A multi-spatial scale assessment. *Hydrobiologia*, 515: 59-73.
- PATRICK R. & REIMER, C. W., 1966 – The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Philadelphia, Academy of Natural Sciences, 1(13):1-688.
- POTAPOVA M. & CHARLES D.F., 2002 – Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 29: 167-187.
- POTAPOVA M.G. & CHARLES D.F., 2003 – Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition. *Freshwater Biology*, 48: 1311-1328.
- RESENDE P., AZEITEIRO U., PEREIRA, M.J., 2005 – Diatom ecological preferences in a shallow temperate estuary (Ria de Aveiro, Western Portugal). *Hydrobiologia*, 544: 77–88.
- RIBEIRO F.C.P., SENNA C.S.F., TORGAN, L.C., 2008 – Diatomáceas em sedimentos superficiais na planície de Mareá da praia de Itupema, Estado do Pará, Amazônia. *Rodriguésia* 59 (2): 309-324.

- RIBEIRO F.C.P., SENNA C.S.F., TORGAN L.C., 2010 – The use of diatoms for Paleohydrological and Paleoenvironmental reconstructions of Itupanema beach, Pará state, Amazon region, during the last millennium. *Rev. Bras. paleontol.*, 13(1): 21-32.
- ROUND F.E., CRAWFORD R.M., MANN D.G., 1990 – The Diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 747.
- SCHNECK F., TORGAN L.C., SCHWARZBOLD A., 2007 – Epilithic diatom community in a high altitude stream impacted by fish farming in southern Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, 19(3): 341-355.
- SIMONSEN R., 1974 – The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R/V "Meteor". *Meteor-forschungsergeb Reihe D-Biologie*, 19: 1-66.
- SMOL, J. P. Paleolimnology: an important tool for effective ecosystem management. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1(1): 49-58, 1992.
- STEVAUX, J. C. The upper Paraná river (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, 21:143-161, 1994.
- STEVENSON R.J., BOTHWELL M.L., LOWE R.L., 1996 – Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. Academic Press.
- STOERMER E.F. & SMOL J.P., 1999 – The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge, Cambridge University Press.
- TAN X., XIA X., ZHAO Q., ZHANG Q., 2014 – Temporal variations of benthic diatom community and its main influencing factors in a subtropical river, China. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 21: 434–444.
- TAYLOR J.C., ARCHIBALD C.G.M., HARDING W.R., 2007 – An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species from South Africa. Water Research Commission Report, TT 282/07.
- TORGAN L.C. & SANTOS C.B., 2008 – *Diadesmis confervacea* (Diadesmiaceae-Bacillariophyta): morfologia externa, distribuição e aspectos ecológicos. *Iheringia, Sér. Bot.*, 63(1): 171-176.
- THOMAZ S.M., ROBERTO M.C., BINI L.M., 1997 – Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In *A planície de inundação*

do Alto rio Paraná: aspectos físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos (A.E.A.M. Vazzoler, A.A. Agostinho, & N.S. Hahn, eds.). Eduem, Maringá, p.73-102.

VALENTE-MOREIRA I.M., 1975 – Contribuição ao estudo das Bacillariophyceae (diatomáceas) em diatomitos brasileiros. *Acta Biológica Paranaense*, 4(3-4): 135-198.

VAN DAM H., MERTENS A., SINKELDAM J., 1994 – A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Aquatic Ecology* 28: 117-133.

VAN DE VIJVER B., LEDEGANCK P., BEYENS L., 2002 – Three new species of *Diademsis* from soils of Isle de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctic). *Cryptogam Algol.*, 23: 333–341.

VÉLEZ M.I., BERRÍO J.C., HOOGHMSTRA H., METCALFE S., MARCHANT R., 2005 – Palaeoenvironmental changes during the last ca. 8590 calibrated yr (7800-radiocarbon yr) in the dry forest ecosystem of the Patía Valley, Southern Colombian Andes: a multiproxy approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 216: 279-302.

VIJAYAN D. & RAY J.G., 2016 – Ecology and Diversity of Diatoms in Kuttanadu Paddy Fields in Relation to Soil Regions, Seasons and Paddy-Growth-Stages. *Journal of Plant Studies*, 5(2): 1-21.

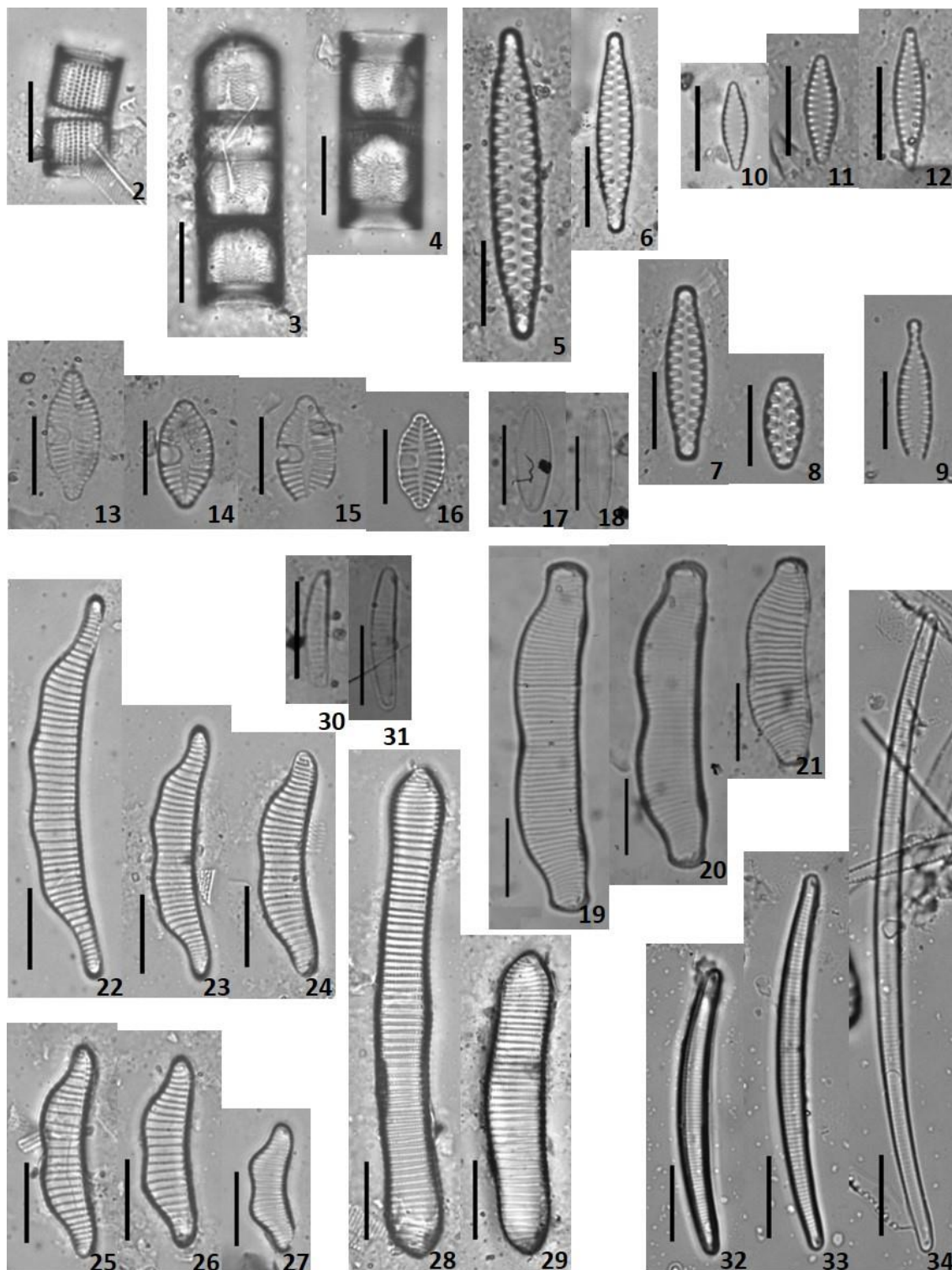
WETZEL R.G. & LIKENS G.E., 1981 – *Limnological analyses*. 2ª edição. New York: Springer-Verlag.

3 DISCUSSÃO FINAL

Como um trabalho pioneiro, este estudo deixa notório a importância da abordagem paleolimnológica para entender alterações em um ambiente localizado numa planície de inundação. E reforça a importância da utilização das diatomáceas como bioindicadores. Por meio dos resultados obtidos, concluiu-se que as espécies de diatomáceas suportaram e indicaram as variáveis sedimentares representadas pelas mudanças geomorfológicas. E portanto, estudos paleolimnológicos podem então fornecer informações sobre vários aspectos ambientais, dentre eles as alterações geomorfológicas.

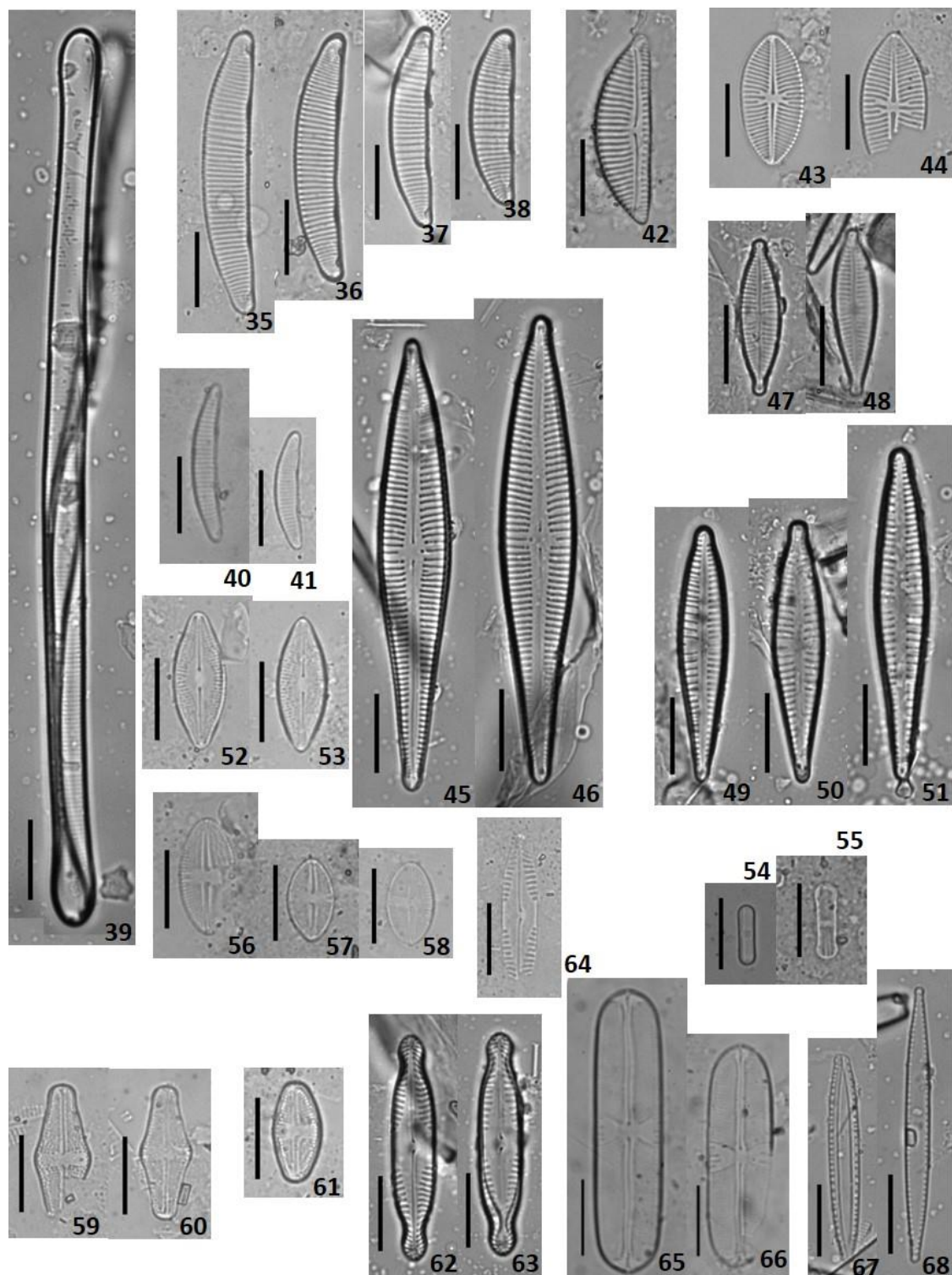
Apesar da importância de estudos paleolimnológicos com relações entre a biodiversidade e condições ambientais para muitas áreas do mundo, estas aplicações têm sido escassos em ambientes tropicais. Considerando as intensas transformações ambientais globais e regionais, e a escassez de informações destes ecossistemas em condições pré-impacto, esta abordagem contribuiu para incentivo à realização da continuidade de projetos paleolimnológicos para o entendimento das mudanças ambientais e ecológicas. Outra contribuição, foi o resgate de informações sobre a biodiversidade e autoecologia das diatomáceas. O contexto para essa integração é a crescente necessidade de entender as alterações dos estados de um ecossistema numa escala espaço temporal.

APÊNDICE A - Biodiversidade de diatomáceas perifíticas e de sedimento de um ambiente da planície de inundação do alto rio Paraná.



Prancha 1. LM. Figura 2. *Aulacoseira granulata*. 3-4. *Aulacoseira italica*. 5-6. *Fragilaria crassa* mf. I. 7-8. *Fragilaria crassa*. 9. *Staurosira* cf. *subcapitata*. 10-12. *Staurosira* sp. 1. 13-16. *Planothidium dubium*. 17-18. *Psammothidium subatomoides*. 19-21. *Eunotia bidens*. 22-27. *Eunotia camelus*. 28-29. *Eunotia formica*. 30-31. *Eunotia* cf. *intermedia*. 32-34. *Eunotia naegelii*. Cont. como/

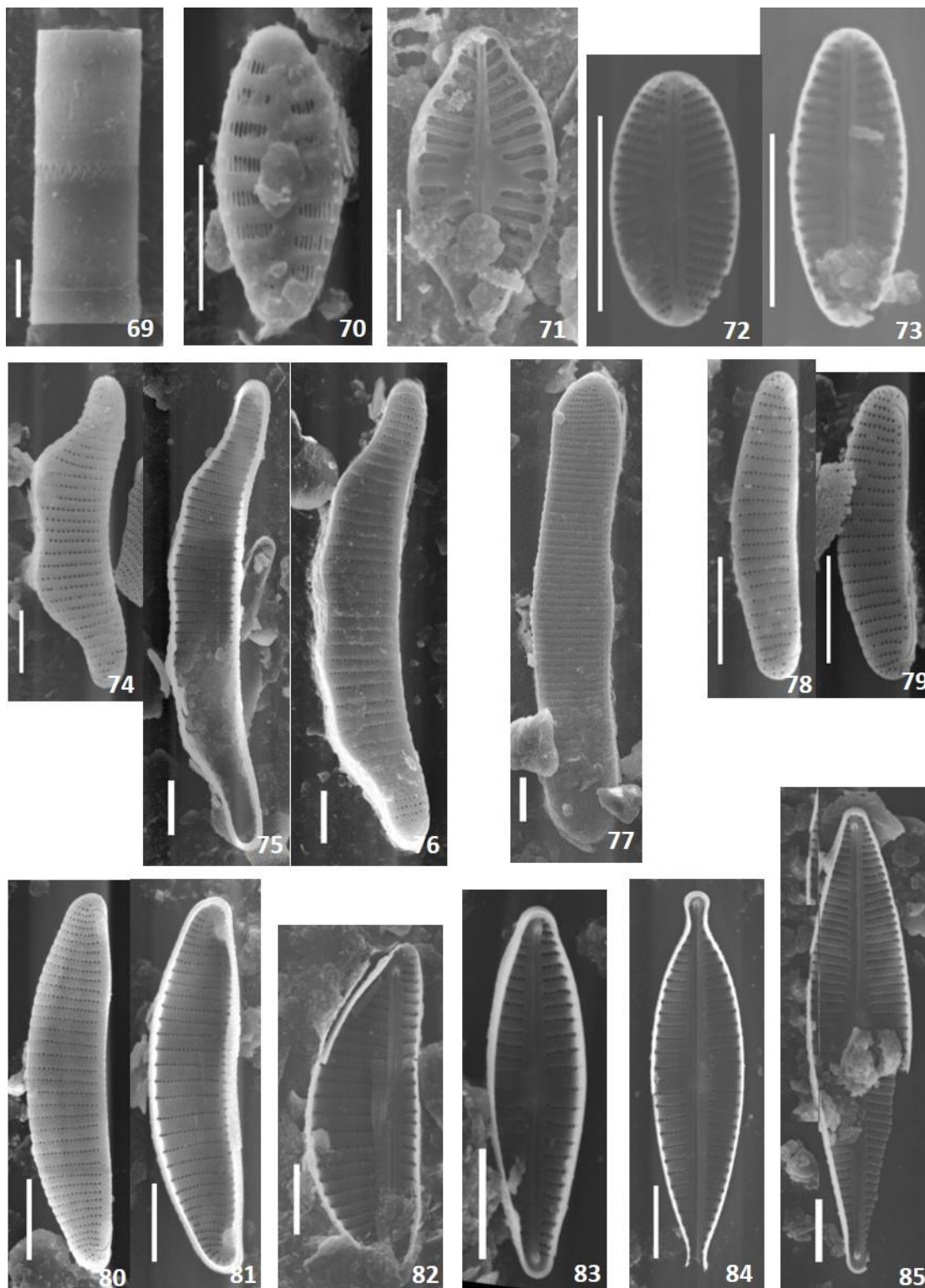
Cont. de/



Prancha 1. LM. Figuras 35-38. *Eunotia pseudosudetica*. 39. *Eunotia rabenhorstiana* var. *elongata*. 40-41. *Eunotia subarcuatoides*. 42. *Encyonema silesiacum*. 43-44. *Placoneis ovillus*. 45-46. *Gomphonema gracile*. 47-48. *Gomphonema lagenula*. 49-51. *Gomphonema* sp. 1. 52-53. *Diadesmis confervacea*. 54-55. *Diadesmis contenta*. 56-58. *Luticola muticoides*. 59-60. *Luticola aequatorialis*. 61. *Luticola* cf. *simplex*. 62-63. *Pinnularia brauniana*. 64. *Pinnularia subcapitata*. 65-66. *Sellaphora fusticulus*. 67-68. *Nitzschia palea*.

Cont. como/

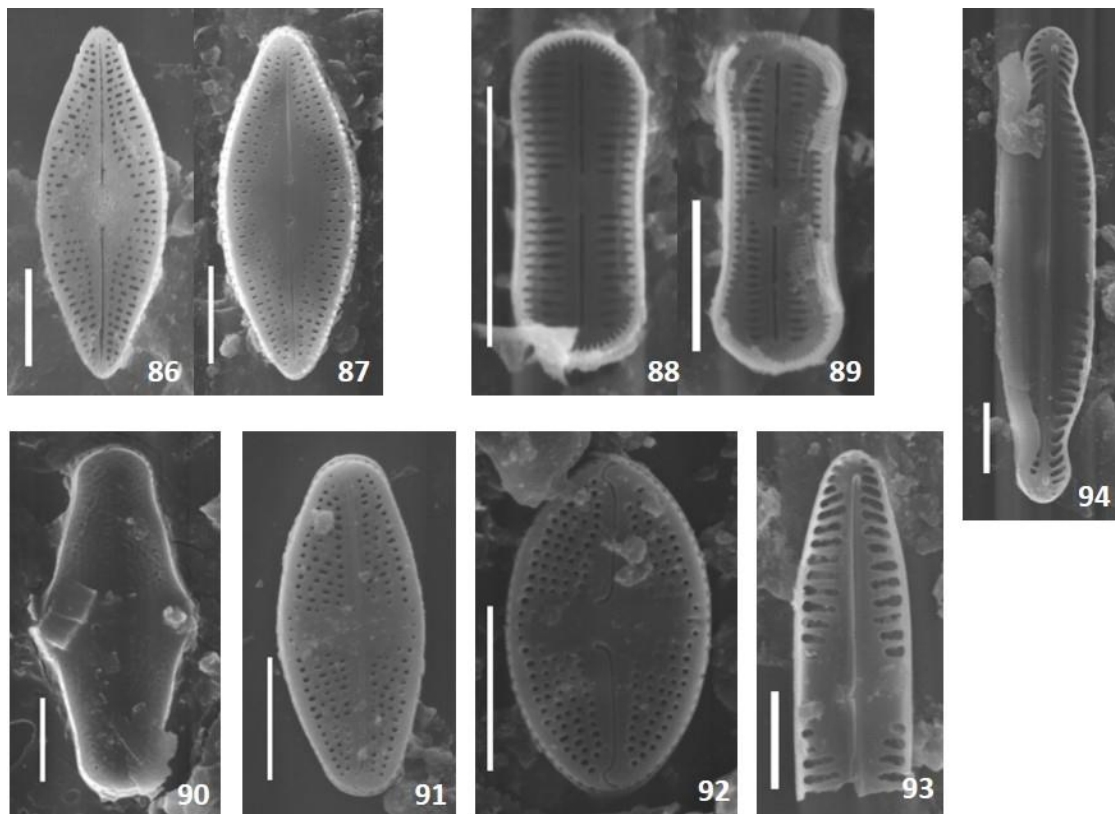
Cont. de/



Prancha 3. MEV. Figura 69. *Aulacoseira italica*. 70. *Fragilaria crassa*. 71. *Planothidium dubium* (visão interna valvar). 72-73. *Psammothidium subatomoides*. 74-76. *Eunotia camelus*. (75 - visão interna valvar) 77. *Eunotia formica*. 78-79. *Eunotia* cf. *intermedia*. 80-81. *Eunotia pseudosudetica* (81 - visão interna valvar). 82. *Encyonema silesiacum* (visão interna valvar). 83. *Gomphonema* sp. 1. 84. *Gomphonema lagenula* (visão interna valvar). 85. *Gomphonema gracile* (visão valvar interna).

Cont. como/

Cont. de/



Prancha 4. MEV. Figura 86-87. *Diadesmis confervaceae*. 88-89. *Diadesmis contenta*. 90. *Luticola aequatorialis*. 91. *Luticola* cf. *simplex*. 92. *Luticola muticoides*. 93. *Pinnularia subcapitata* (visão interna valvar). 94. *Pinnularia brauniana* (visão interna valvar).