



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS  
DA VIDA E DA NATUREZA (ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ECOLOGIA E  
BIODIVERSIDADE**

**COLÔNIAS MACROSCÓPICAS DE DIATOMÁCEAS DE RIACHOS:  
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA DOCUMENTAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL**

**MARIANA ALBUQUERQUE DE SOUZA**

Foz do Iguaçu  
2022

**COLÔNIAS MACROSCÓPICAS DE DIATOMÁCEAS DE RIACHOS:  
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA DOCUMENTAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL**

**MARIANA ALBUQUERQUE DE SOUZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Cleto Kaveski Peres

Coorientadora: Elaine C. Rodrigues Bartozek

Foz do Iguaçu  
2022

MARIANA ALBUQUERQUE DE SOUZA

**COLÔNIAS MACROSCÓPICAS DE DIATOMÁCEAS DE RIACHOS:  
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA DOCUMENTAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Cleto Kaveski Peres  
(UNILA)

---

Coorientadora: Prof. Dra. Elaine Cristina Rodrigues Bartozek  
(UNILA)

---

Prof. Dra. Gisele Carolina Marquardt  
(UNG)

---

Me. Marina Ramos Auricchio

Foz do Iguaçu, 15 de dezembro de 2022.

## TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Mariana Albuquerque de Souza

Curso: Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

		Tipo de Documento
<input checked="" type="checkbox"/> graduação	<input type="checkbox"/> artigo	
<input type="checkbox"/> especialização	<input checked="" type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso	
<input type="checkbox"/> mestrado	<input type="checkbox"/> monografia	
<input type="checkbox"/> doutorado	<input type="checkbox"/> dissertação	
	<input type="checkbox"/> tese	
	<input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais	
	<input type="checkbox"/> _____	

Título do trabalho acadêmico: COLÔNIAS MACROSCÓPICAS DE DIATOMÁCEAS DE RIACHOS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA DOCUMENTAÇÃO DA BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL

Nome do orientador(a): Cleto Kaveski Peres

Data da Defesa: 15/12/2022.

### Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável

Dedico este trabalho aos meus pais (e  
amores) Denise e Vitor.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à minha mãe, Denise, por todo o amor, apoio e suporte, mesmo quando não pôde entender minhas escolhas e motivações. O amor é esse porto seguro que ela me mostrou. Ao meu pai, Vítor, por ter sido uma inspiração tão maravilhosa na minha vida, por todo amor, sensibilidade e sonhos que deixou. À minha família, por todo suporte e por abraçarem minhas escolhas. Ao Meni, Martina e Tom por fazerem parte da minha vida.

Ao meu orientador, Cleto Kaveski, por ter me dado tantas oportunidades ao longo desse trajeto, por ter sido sempre aberto, sincero e disponível, por seus conselhos, orientações e por sua amizade. À Elaine Bartozek, por aceitar essa coorientação, ter sido essencial em todos os passos desse trabalho e por ser uma mulher e cientista admirável.

Aos meus companheiros de laboratório. Em especial à Patrícia Iatiskiu, Renata Magon e Gabriel Lucas por generosamente me ensinarem que um trabalho se constrói com muitas mãos. À Gabriela Alves pelo companheirismo, auxílios em laboratório, pelas belíssimas ilustrações das colônias e pelos picolés de limão. Sem vocês não seria possível. À Jhenifer Santos, Tácio, Fields e Éric por todos os momentos em campo e conversas em laboratório que fazem o processo valer a pena. Ao Allan Gabriel por todo apoio e todos os bons momentos compartilhados, por me ouvir e ser um biólogo incrível.

À Ananda, por sua amizade e amor em todos esses anos. Também quero ser o vento que sopra pra você voar, amiga. Ao Felipe Fusiger e à Helena Vieira, por formarem esse trio lindo que aqueceu meu coração e iluminou minha mente nesses anos de graduação. Obrigada mil vezes por fazerem parte disso, por todas as trocas e momentos juntos, amo muito vocês.

Ao Richard Lambrecht e à Marina Auricchio por me receberem tão bem, compartilharem tanto conhecimento, histórias lindas e por serem verdadeiros amigos, vocês foram essenciais nessa caminhada.

À Caroline Henn e Maurício Adames por todo apoio e compreensão durante esse processo, por todas as conversas e por serem profissionais, supervisores e seres humanos incríveis. Ao Marcus Vinícius, Aldo Samuel, Paulo Mena e Karin Milena pela amizade, por todos os momentos bonitos, conversas bobas e alegrias que me trouxeram.

À UNILA, por ter mudado minha vida. Aos professores que me mostraram as maravilhas e as dores da profissão que escolhi, por terem feito meus olhos brilharem e

terem sido essenciais em minha formação profissional e pessoal, em especial à Laura, Hermes, Elaine, Nuno, Michel, Zanella, Leonardo e Tathiana.

À Gisele Marquardt e Marina Auricchio (novamente) por terem aceitado prontamente compor a banca de avaliação e disponibilizarem seus tempos para contribuir com esse trabalho e com minha formação.

À ITAIPU Binacional e FPTI pelo financiamento, apoio técnico e logístico para a realização do projeto.

Por fim, muito obrigada a todos meus amigos e colegas que não pude citar individualmente, mas que fizeram parte desse caminho de alguma forma. Levarei todos no meu coração e espero ter deixado algo bom pra vocês também.

*“Não quero ser o grande rio caudaloso  
Que figura nos mapas  
Quero ser o cristalino fio d'água  
Que canta e murmura na mata silenciosa.”*  
**Helena Kolody**

## RESUMO

Diatomáceas são algas unicelulares, pertencentes à divisão Bacillariophyta, que representam um importante componente de teias tróficas em ambientes lóticos. Essas algas são capazes de exibir uma grande diversidade de formas de crescimento graças a capacidade de organização colonial presente em algumas espécies. Embora esse seja um aspecto ainda bastante negligenciado em literatura, a organização colonial em diatomáceas é um atributo de importante significado ecológico e a arquitetura colonial constitui um caráter taxonômico relevante para o grupo. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar e descrever colônias macroscópicas de diatomáceas bentônicas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3. Para tanto, foram realizadas amostragens de 17 riachos de segunda ou terceira ordem nos meses de fevereiro, julho e novembro de 2019. As amostragens foram conduzidas por meio da técnica de transecção em trechos de 10 metros em cada riacho, e as amostras coletadas foram preservadas em formaldeído 4%. Alíquotas das amostras coletadas foram oxidadas para a produção de lâminas permanentes, por meio das quais as espécies foram identificadas no menor nível taxonômico possível. Foram apresentadas descrições e fotomicrografias das espécies e suas colônias, localização dos pontos de coleta, percentual de cobertura das formações coloniais amostradas, espécies associadas às formações, características ambientais dos locais de coleta e comentários taxonômicos, quando cabíveis. Ao todo, foram analisadas 26 populações de diatomáceas, pertencentes a oito espécies: *Diadismus confervacea* Kützing, *Eunotia didyma* Grunow ex Zimmermann, *Hydrosera whampoensis* (A.F.Schwarz) Deby, *Melosira varians* C. Agardh, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, *Terpsinoë musica* Ehrenberg, *Ulnaria sinensis* Liu, Williams & Tan e *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère. Os morfotipos coloniais identificados foram quatro: colônias em fitas, em zigue-zague, filamentosas e radiadas aderidas a uma base mucilaginosa comum. As espécies mais representativas foram *P. laevis*, *U. ulna* e *H. whampoensis*. Estudos com diatomáceas comumente não contemplam materiais não oxidados, de forma que a descrição de colônias representa um importante aporte para a taxonomia do grupo. Os resultados obtidos contribuem com a documentação da biodiversidade de algas e com o mapeamento de espécies de diatomáceas formadoras de colônias macroscópicas na região Neotropical.

**Palavras-chave:** Bacillariophyta, ambientes lóticos, taxonomia, florístico, macroalgas.

## RESUMEN

Diatomeas son algas unicelulares, pertenecientes a la división Bacillariophyta, que representan un importante componente de las redes alimentarias en ambientes lóticos. Estas algas son capaces de exhibir una gran diversidad de formas de crecimiento debido a la capacidad de organización colonial presente en algunas especies. Aunque este aspecto sea aún poco explorado en la literatura, la organización colonial en diatomeas es un atributo de importante significado ecológico y la arquitectura colonial constituye un carácter taxonómico relevante para el grupo. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar y describir colonias macroscópicas de diatomeas bentónicas en la Cuenca del río Paraná 3. Para este propósito, se tomaron muestras de 17 arroyos de segundo o tercer orden en febrero, julio y noviembre de 2019. Los muestreos se realizaron utilizando la técnica de transección en tramos de 10 metros en cada arroyo, y las muestras colectadas se conservaron en formaldehído al 4%. Se oxidaron alícuotas de las muestras colectadas para producir láminas permanentes, a través de las cuales se identificaron las especies al nivel taxonómico más bajo posible. Se presentaron descripciones y fotomicrografías de las especies y sus colonias, ubicación de los puntos de colecta, porcentaje de cobertura de las formaciones coloniales muestreadas, especies asociadas a las formaciones, características ambientales de los sitios de colecta y comentarios taxonómicos, cuando relevantes. En total, se analizaron 26 poblaciones de diatomeas pertenecientes a ocho especies: *Diadsmis confervacea* Kützing, *Eunotia didyma* Grunow ex Zimmermann, *Hydrosera whampoensis* (A.F.Schwarz) Deby, *Melosira varians* C. Agardh, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, *Terpsinoë musica* Ehrenberg, *Ulnaria sinensis* Liu, Williams & Tan y *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère. Se identificaron cuatro morfotipos coloniales: colonias en cinta, en zigzag, filamentosas y radiadas adheridas a una base mucilaginosa común. Las especies más representativas fueron *P. laevis*, *U. ulna* y *H. whampoensis*. Los estudios con diatomeas comúnmente no incluyen materiales no oxidados, por lo que la descripción de las colonias representa una importante contribución a la taxonomía del grupo. Los resultados obtenidos contribuyen a la documentación de la biodiversidad de algas y al mapeo de especies de diatomeas que forman colonias macroscópicas en la región Neotropical.

**Palabras clave:** Bacillariophyta, ambientes lóticos, taxonomía, florístico, macroalgas.

## ABSTRACT

Diatoms are unicellular algae, belonging to the Bacillariophyta division, which represent an important component of food chains in lotic environments. These algae are capable of exhibiting a great diversity of growth forms thanks to the capacity of colonial organization present in some species. Although this aspect is still largely neglected in the literature, the colonial organization in diatoms is an attribute of important ecological significance and colonial architecture constitutes a relevant taxonomic character for the group. Thus, the present study aimed to analyze and describe macroscopic colonies of benthic diatoms in the Paraná River Basin. For this purpose, samples were taken from 17 second- or third-order streams in February, July and November 2019. Samplings were carried out using the transection technique in 10-meter stretches in each stream, and the collected samples were preserved in 4% formaldehyde. Aliquots of the collected samples were oxidized to produce permanent slides, through which the species were identified at the lowest possible taxonomic level. Descriptions and photomicrographs of the species and their colonies, location of collection points, percentage of coverage of sampled colonial formations, species associated with these formations, environmental characteristics of the collection sites and taxonomic comments, when applicable, were presented. Altogether, 26 populations of diatoms belonging to eight species were analyzed: *Diadesmis confervacea* Kützing, *Eunotia didyma* Grunow ex Zimmermann, *Hydrosera whampoensis* (A.F.Schwarz) Deby, *Melosira varians* C. Agardh, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, *Terpsinoë musica* Ehrenberg, *Ulnaria sinensis* Liu, Williams & Tan and *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère. Four colonial morphotypes were identified: ribbon colonies, in zigzag, filamentous and radiated colonies adhered to a common mucilaginous base. The most representative species were *P. laevis*, *U. ulna* and *H. whampoensis*. Studies with diatoms commonly do not include non-oxidized materials, so the description of colonies represents an important contribution to the taxonomy of the group. The results obtained contribute to the documentation of algal biodiversity and to the mapping of diatom species that form macroscopic colonies in the Neotropical region.

**Key words:** Bacillariophyta, lotic environments, taxonomy, floristic, macroalgae.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
ÁREA DE ESTUDO .....	19
AMOSTRAGEM .....	19
PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO .....	21
ANÁLISE TAXONÔMICA .....	21
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
CLASSE: BACILLARIOPHYCEAE .....	23
<i>Eunotia didyma</i> Grunow ex Zimmermann .....	23
<i>Ulnaria sinensis</i> Liu, Williams & Tan .....	24
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère .....	25
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing .....	27
CLASSE: COSCINODISCOPHYCEAE .....	28
<i>Melosira varians</i> C. Agardh .....	28
<i>Hydrosera whampoensis</i> (A.F.Schwarz) Deby .....	29
CLASSE: MEDIOPHYCEAE .....	30
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg .....	30
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère .....	31
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>

## INTRODUÇÃO

Recobrando cerca de 0,8% da superfície terrestre, rios, lagos e reservatórios são os principais representantes das águas doces epicontinentais do planeta (MITTERMEIER, 2010). Apesar de constituírem uma pequena parcela dos habitats disponíveis, estima-se que ecossistemas de água doce abriguem ao menos 126.000 espécies, cerca de 9,5% das espécies descritas até o momento, contribuindo de forma desproporcional com a biodiversidade do planeta (REID et al., 2019).

Essa enorme diversidade está muito relacionada com a natureza insular desses ambientes, que faz com que os padrões de distribuição de espécies sejam, em grande parte, determinados por processos de colonização locais que levam à evolução de diversas espécies com pequenas áreas de distribuição (COLLEN et al., 2014; TUNDISI; TUNDISI, 2008). Assim, as águas interiores são ambientes ricos e diversos que contam com alto grau de endemismo de sua biodiversidade associada.

Esse patrimônio biológico, para além de seu valor intrínseco, tem sido reconhecido por sua vital importância para o ser humano como patrimônio genético e como base para o fornecimento de serviços ecossistêmicos essenciais, como é o caso da regulação de ciclos biogeoquímicos e da provisão de água potável (DURANCE et al., 2016; VÁRI et al., 2022). Nesse sentido, entende-se que a biodiversidade está fortemente relacionada com a resiliência dos serviços ecossistêmicos, isto é, com a capacidade de um ecossistema de recuperar ou manter o fornecimento de serviços após um distúrbio (BIGGS et al., 2012). Segundo a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005), ecossistemas de água doce são responsáveis por fornecerem serviços culturais, de suporte, provisão e regulação, sendo diversos destes insubstituíveis.

No que diz respeito aos tipos de sistemas aquáticos continentais, estes são classificados em dois principais grupos: lênticos e lóticos. Sistemas lênticos são lagos, lagoas e reservatórios, caracterizados por possuírem águas paradas e apresentarem estratificação térmica (TUNDISI; TUNDISI, 2008). Entre os sistemas lóticos estão os principais representantes das águas superficiais: rios, riachos e córregos, geralmente caracterizados pela ausência de estratificação térmica, alta variação de condições físicas e químicas, e fluxo de água unidirecional com fluxo intenso de nutrientes (MAITLAND, 1990).

Aos ambientes lóticos são atribuídas distintas classificações, tendo-se em conta aspectos hidrodinâmicos tais como velocidade de fluxo, precipitação e escoamento superficial; e aspectos morfométricos, tais como o padrão e comportamento das drenagens

e a morfologia dos canais (MACHADO; TORRES, 2013). Entre as classificações morfométricas mais comuns está a ordenação de Horton-Strahler, que reflete o grau de ramificação de uma bacia hidrográfica ao atribuir aos seus cursos uma ordem hierárquica (STRAHLER, 1957). Nessa classificação, um riacho que parte de sua nascente e não conta com afluentes é considerado um rio de primeira ordem e sua classe é alterada apenas quando há confluência com outro curso de mesma ordem, originando um rio de segunda ordem e assim sucessivamente por toda a bacia hidrográfica (ESPARZA; LUTTENBERGER; SCHLUND, 2014). Dessa forma, quanto maior a ordem atribuída ao rio principal, maior o grau de ramificação da bacia, sendo esse um dado que auxilia na previsão de certas dinâmicas de erosão, inundação e fluxo.

No que se refere a ecologia desses ecossistemas, a distribuição de espécies é dependente de uma série de fatores, assim como clima, geologia, morfologia do canal e processos de dispersão (POFF, 1997). Fatores físicos e químicos como nutrientes dissolvidos, pH, disponibilidade de luz, tipos de substratos e concentração de oxigênio, também são determinantes para as dinâmicas biológicas que se estabelecem (ANGELIER; MUNNICK, 2019; WEHR; SHEATH; KOCIOLEK, 2015). Rios de baixa ordem, em particular, são reconhecidos por apresentarem uma alta heterogeneidade ambiental, contando com uma ampla disponibilidade de microhabitats que dão suporte para o estabelecimento de diversas espécies (STUCK; WARD, 1991).

Apesar da relevância das águas continentais, esses ambientes estão entre os mais ameaçados do mundo, apresentando maiores declínios na biodiversidade do que os estimados para ambientes terrestres e marinhos (DUDGEON, 2020; DUDGEON et al., 2006; MEA, 2005). Algumas das principais ameaças listadas para esses ecossistemas são a degradação e perda de habitats, poluição da água, introdução de espécies invasoras e a construção de barragens (DUDGEON, 2020; GARCIA-MORENO et al., 2014; REID et al., 2019). De forma clara, há uma forte associação entre atividades humanas resultantes da expansão das cidades, expansão agrícola e a degradação de ecossistemas naturais.

Um fator que torna esses ambientes extremamente vulneráveis diz respeito à posição dos corpos hídricos na paisagem. Por localizarem-se no ponto mais baixo de sua área de drenagem, os corpos d'água recebem o escoamento superficial (dotado de resíduos, sedimentos e poluentes) de suas áreas vizinhas, estando assim sujeitos aos impactos de todas as atividades antrópicas ali desenvolvidas, refletindo os usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica (TUNDISI; STRASKRABA, 1999 apud DELLAMATRICE; MONTEIRO, 2014). Dessa forma, atualmente é considerada improvável a existência de um

número considerável de corpos d'água não impactados por ações humanas (MEA, 2005).

Contudo, mesmo frente a este cenário alarmante, existem poucos esforços de conservação em larga escala com foco em sistemas de água doce (ABELL et al., 2008; DARWALL et al., 2018). Tal fato pode ser atribuído a diversos fatores, bem como questões políticas referentes à gestão e conflitos pela água (HERMOSO; CLAVERO, 2011), mas se deve também à uma enorme lacuna no conhecimento das espécies que habitam esses ambientes e suas distribuições (DARWALL et al., 2018). Esse desconhecimento da biodiversidade tem certa tendência a se agravar com a diminuição do tamanho e da complexidade dos organismos, assim como ocorre com protozoários, fungos e algas, severamente subamostrados por todo o mundo (GARCIA-MORENO et al., 2014).

Em relação às algas, esses organismos estão entre os mais abundantes e bem distribuídos do planeta, ocupando zonas tropicais à polares (SAHOO; SECKBACH, 2015). Elas constituem um grupo não natural de linhagens que realizam fotossíntese a partir de clorofila *a*, produzindo oxigênio no processo; e nas quais estão ausentes folhas, caules e estruturas reprodutivas envoltas por células de proteção (BELLINGER; SIGEE, 2015; BOLTON, 2016). Assim, as algas conformam um grupo polifilético muito heterogêneo, abrangendo diversas linhagens. Em ambientes lóticos, geralmente são encontrados representantes de oito divisões (GUIRY; GUIRY, 2022): Chlorophyta e Charophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas vermelhas), Ochrophyta e Bacillariophyta (algas pardas), Cyanobacteria, Miozoa (dinoflagelados) e Euglenozoa (euglenas).

Quanto à distribuição no ambiente, esses organismos podem ser encontrados em formas de vida variadas, sendo comumente planctônicos, quando se distribuem em gradientes ao longo da coluna d'água, e bentônicos, quando associados à substratos (NECCHI JR, 2016; SAHOO; SECKBACH, 2015). Em rios de baixa ordem, onde a velocidade da correnteza é o principal fator que influencia o estabelecimento de comunidades bióticas, as algas bentônicas desempenham um importante papel ao comporem a comunidade autótrofa (ALLAN; CASTILLO, 2009; MAITLAND, 1990). Por possuírem uma gama de estruturas que permitem a fixação ao substrato, essas algas conseguem se estabelecer no ambiente tornando-se recurso alimentício para consumidores da teia trófica, além de participarem dos ciclos biogeoquímicos, da formação e estabilidade dos sedimentos e gerarem microhabitats para peixes e invertebrados aquáticos (BOJORGE-GARCÍA; URIZA, 2016; CARMONA; MONTEJANO; JUNIOR, 2006).

Entre as algas, está o maior grupo de organismos em termos de diversidade, abundância e produtividade primária de ecossistemas de água doce: as

diatomáceas (KALE; KARTHICK, 2015). Diatomáceas são algas unicelulares eucariontes, pertencentes à divisão Bacillariophyta, cuja característica mais representativa é a presença de parede celular rígida composta por dióxido de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) (BATTARBEE et al., 2002; DIXIT et al., 1992). Nesses organismos, a estrutura da parede celular recebe o nome de frústula e é formada por duas peças encaixadas, denominadas valvas, que possuem ornamentações que variam entre espécies e são essenciais para a taxonomia do grupo (JULIUS; THERIOT, 2010).

De acordo com Sims et al. (2006), o surgimento de Bacillariophyta se deu no Cretáceo, há aproximadamente 200 milhões de anos, após um evento de endossimbiose secundária entre uma alga vermelha e um flagelado heterótrofo. Atualmente, são conhecidas mais de 8 mil espécies de diatomáceas descritas e válidas, mas a estimativa é de que esse número possa ultrapassar 100 mil (MANN; VANORMELINGEN, 2013). Essa enorme diversidade de espécies se reflete em diversidade ecológica dentro do grupo, permitindo sua ampla distribuição pelo planeta, com espécies ocupando ambientes de água doce, marinhos e semi-terrestres (STOCK et al., 2018).

Por serem abundantes e graças ao grande sucesso ecológico do grupo, essas algas desempenham um importante papel na ciclagem de elementos como sílica, carbono, nitrogênio e oxigênio (KALE; KARTHICK, 2015; MANN, 1999; YOOL; TYRRELL, 2003). Estima-se que as diatomáceas sejam responsáveis por cerca de 20% da produção global de oxigênio (DE TOMMASI et al., 2013), realizando fotossíntese a partir de clorofila *a* e *c*, bem como contando com pigmentos acessórios como  $\beta$ -caroteno e fucoxantina (JULIUS; THERIOT, 2010).

Nos ambientes aquáticos, essas algas compõem o fitoplâncton ou crescem associadas a plantas, outras algas, rochas e sedimentos em geral, sendo o hábito bentônico mais comum em ambientes lóticos, como riachos, por exemplo (MANN; DROOP, 1996; PRASERTSIN et al., 2021). A fixação desses organismos está relacionada com a existência de estruturas presentes na frústula tais como a rafe, rimopórtula e campos de poros apicais, responsáveis por secretarem polissacarídeos que auxiliam na aderência ao substrato (MOLINO et al., 2016; POULSEN; DAVUTOGLU; ZACKOVA SUCHANOVA, 2022).

No que diz respeito às formas de vida, embora sempre unicelulares e frequentemente solitárias, diatomáceas bentônicas exibem formas de crescimento diversas, incluindo formações coloniais resultantes da organização de células em cadeias (NAKOV; ASHWORTH; THERIOT, 2015; PASSY, 2007). Nesses arranjos coloniais, as células se unem por espinhos e processos de sílica presentes na frústula ou por almofadas

e pedúnculos formados por polissacarídeos, sendo que no primeiro caso os arranjos costumam ser mais resistentes e, no segundo caso, mais frágeis (BATTARBEE et al., 2002; ROUND; CRAWFORD; MANN, 1990).

A arquitetura colonial de diatomáceas varia a nível específico e conta com morfologia diversa, podendo exibir padrões estrelados, enrolados, em cadeias retas ou em zigue-zague (BATTARBEE et al., 2002; COX, 1996), sendo comum que grupos taxonomicamente não relacionados apresentem colônias com alta similaridade, enquanto que dentro de um mesmo gênero podem haver grandes variações nas morfologias coloniais (BATTARBEE et al., 2002; NAKOV; ASHWORTH; THERIOT, 2015). Tais fatos sinalizam que as colônias podem ter resultado de um processo de evolução convergente, direcionado por pressões ambientais similares, onde a característica teria surgido de forma independente entre espécies (NAKOV; ASHWORTH; THERIOT, 2015). Embora sejam necessários mais estudos para compreender a história evolutiva da característica e do grupo, Round et al. (1990) afirmam que não há dúvida de que a organização colonial em diatomáceas é uma adaptação que esteve sujeita a forte pressão seletiva.

Com relação à ecologia, arranjos coloniais têm sido reconhecidos por influenciar a competição por luz e nutrientes, a fixação, o controle do afundamento na coluna d'água e a interação com predadores, afetando, portanto, o *fitness* dos indivíduos (KENITZ et al., 2020; ROUND; CRAWFORD; MANN, 1990). Segundo Passy (2007), a capacidade de formar longas colônias pode ser considerada um atributo funcional de importante significado ecológico, visto que, ao permitir o controle do afundamento na coluna d'água, esse tipo de formação permite que diatomáceas explorem recursos que estariam indisponíveis para células isoladas, tais como luz e nutrientes. Assim, a forma de crescimento tem influência no sucesso ecológico das espécies, afetando seus padrões de distribuição e a colonização de novos ambientes (HUDON; LEGENDRE, 1987).

Em alguns casos, as colônias podem se tornar macroscópicas, possibilitando que espécies de diatomáceas sejam identificadas como macroalgas, segundo definição proposta por Sheath & Cole (1992), onde essas são algas “tipicamente bentônicas, que formam um talo maduro que é uma estrutura discreta e reconhecível a olho nu, para o qual a identificação microscópica é geralmente necessária”. Um exemplo emblemático do caso são as colônias pedunculadas de *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, alga considerada invasora em diversas partes do mundo (TAYLOR; BOTHWELL, 2014).

O fenômeno, entretanto, já foi atribuído a diferentes espécies e

documentado em diversos estudos com foco em macroalgas de riachos desenvolvidos na Ásia (HU; XIE, 2006; SHI YING, 2012), Europa (SHEATH; BURKHOLDER, 1985), África (JOSKA et al., 1995), Oceania (VIS et al., 1994), América do Norte (FILKIN; SHERWOOD; VIS, 2003; SHEATH et al., 1986; SHEATH; BURKHOLDER, 1985; SHEATH; COLE, 1992) e América do Sul (BOJORGE-GARCÍA et al., 2010; BRANCO; NECCHI, 1996; KRUPEK; BRANCO, 2012). No Brasil, formações macroscópicas de diatomáceas de água doce já foram identificadas em estudos florísticos realizados em riachos no Nordeste, Sudeste e Sul do país (AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019; BRANCO et al., 2009; BRANCO; NECCHI, 1996; KRUPEK; BRANCO, 2012; PERES; BRANCO; KRUPEK, 2008; TONETTO et al., 2018).

Estudos ecológicos com diatomáceas, entretanto, costumam utilizar abordagens que exploram diatomáceas como células solitárias, ignorando o papel de formações coloniais (KENITZ et al., 2020). Da mesma forma, a organização colonial não é comumente abordada em estudos florísticos, embora, segundo Round et al. (1990), não exista razão para que detalhes da morfologia da colônia não sejam empregados na taxonomia do grupo. A exemplo, temos o atlas de diatomáceas de Bey & Ector (2013) que descreveu e fotodocumentou colônias de diferentes espécies no sudeste da França, assim como os trabalhos de Bartozek et al. (2020) e Liu et al. (2017), onde os autores utilizaram colônias para descrever espécies de *Eunotia* e *Ulnaria*.

Assim, a formação de colônias macroscópicas de diatomáceas se trata de um fenômeno pouco contemplado em literatura específica para o grupo e parece ser restrito a poucas espécies. Desta forma, a descrição de arranjos coloniais em diatomáceas pode ser uma importante contribuição para a Ciência, tendo-se em vista seu potencial de aplicabilidade na taxonomia do grupo. Para além disso, estudos do gênero representam importantes contribuições para a documentação da biodiversidade Neotropical.

## OBJETIVOS

A partir do cenário descrito e tendo-se em conta a carência de informações acerca de arranjos coloniais de diatomáceas, o presente estudo tem como objetivo geral analisar e descrever colônias macroscópicas de diatomáceas bentônicas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3. Como objetivos específicos foram propostos:

- 1) Caracterizar taxonomicamente e morfológicamente as espécies e suas colônias, bem como fotodocumentar e registrar essas formações algais;
- 2) Compilar, com base em literatura de macroalgas, o registro de ocorrência de espécies de diatomáceas com formações coloniais macroscópicas no Brasil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

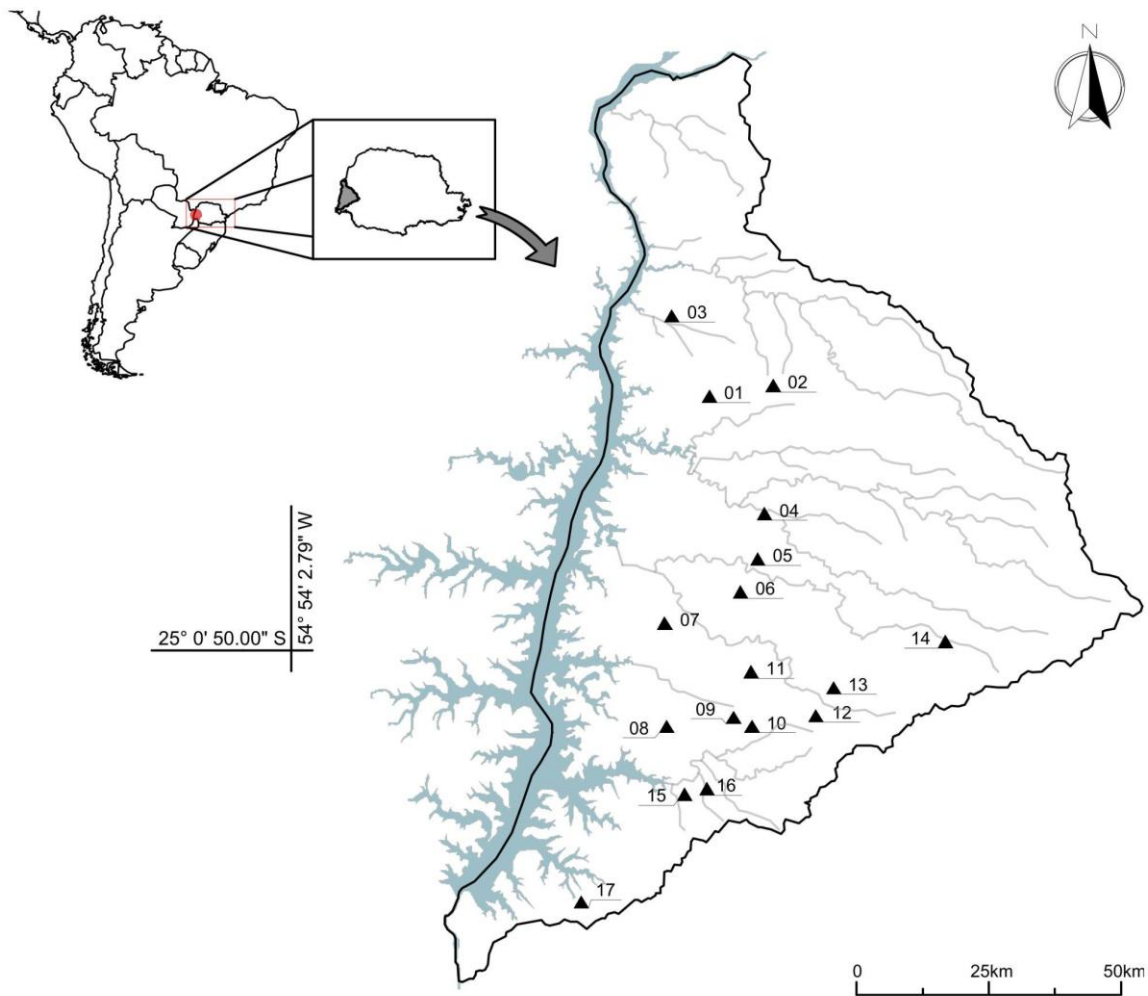
O projeto tem como foco a Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3 (BP 3), localizada na mesoregião Oeste do Estado do Paraná, em uma área com cerca de 8.000 km<sup>2</sup> que abrange 28 municípios (ROCHA; BADE, 2018). A bacia é delimitada ao norte pela APA Federal das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná e pelo Parque Nacional de Ilha Grande e, ao sul, pelo Parque Nacional do Iguaçu (PEREIRA; SCROCCARO, 2013). A região está inserida no domínio da Mata Atlântica e nela estão representadas formações de Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista e Formações Pioneiras Aluviais (ICMBIO, 2018). A vegetação predominante no local é a Floresta Estacional Semidecidual, onde o dossel é composto por 20 a 50% de árvores caducifólias, que perdem suas folhas durante a seca fisiológica provocada pelo frio do inverno (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012; UNIOESTE; ITAIPU; ÁGUAS PARANÁ, 2014).

Segundo Rocha & Bade (2018) há variações significativas de pluviosidade e temperatura ao longo de toda a bacia, mas o clima predominante na região é o clima subtropical úmido (ITCG, 2008), com precipitação pluviométrica concentrada no trimestre de dezembro a fevereiro e com menores índices pluviométricos registrados entre junho e agosto. O tipo de solo predominante é o latossolo vermelho, resultante da decomposição de rochas basálticas, caracterizado por ser um tipo de solo fértil (BHERING et al., 2007), bastante visado para atividades agrícolas. A exploração intensiva da região pela agropecuária teve como consequência a devastação da vegetação nativa, de forma que hoje restam poucos remanescentes florestais associados à corpos hídricos e locais onde há impedimento ao desenvolvimento de atividades antrópicas (DI BITETTI; PLACCI; DIETZ, 2003; PEREIRA; SCROCCARO, 2013).

### AMOSTRAGEM

A amostragem se deu em 17 riachos distribuídos ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná 3 (Figura 1) em três campanhas de coleta realizadas nos meses de fevereiro, julho e novembro de 2019, compreendendo os períodos de maior e menor precipitação pluviométrica na região. Todos os riachos amostrados foram caracterizados como rios de segunda ou terceira ordem, e a determinação dos pontos amostrais considerou a representatividade das diferentes matrizes ambientais nas quais se inserem

os riachos, englobando áreas agrícolas de alto impacto, áreas agrícolas de baixo impacto e áreas de pouca atividade agrícola (predominantemente pastagem). Cada um dos pontos foi amostrado nas três ocasiões e em todos os casos as coletas foram realizadas em momentos não precedidos de chuvas intensas.



**Figura 1.** Localização geográfica dos riachos estudados na Bacia do Paraná 3, oeste do Estado do Paraná. Fonte: a autora, 2022.

O método de amostragem consistiu na determinação de transectos de 10 metros que foram visualmente examinados, através de busca ativa, quanto à presença de formações algais macroscópicas. Para cada morfotipo coletado, foram estimados seus percentuais de cobertura dentro da área do transecto e as amostras obtidas foram preservadas em formaldeído 4% para posterior análise.

No presente estudo, foram consideradas apenas formações coloniais que representaram ao menos 1% da área total do transecto pela determinação visual. Em cada

ponto foram também mensuradas variáveis ambientais de velocidade da correnteza, vazão, temperatura da água, condutividade elétrica, pH, turbidez, nitrogênio total e fósforo total. Em agosto de 2022 foi realizada uma campanha extra de coletas, nos mesmos pontos, a fim de complementar a fotodocumentação das arquiteturas coloniais.

## PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO

Com auxílio de microscópio óptico trinocular com sistema de captura de imagens, foram identificadas ocorrências de formações coloniais de diatomáceas. Cada espécie identificada teve sua arquitetura colonial fotodocumentada e, em seguida, as amostras foram lavadas e oxidadas para a produção de lâminas permanentes, conforme metodologia descrita por Battarbee et al. (2002). A partir das lâminas definitivas, foi possível a avaliação das populações estudadas.

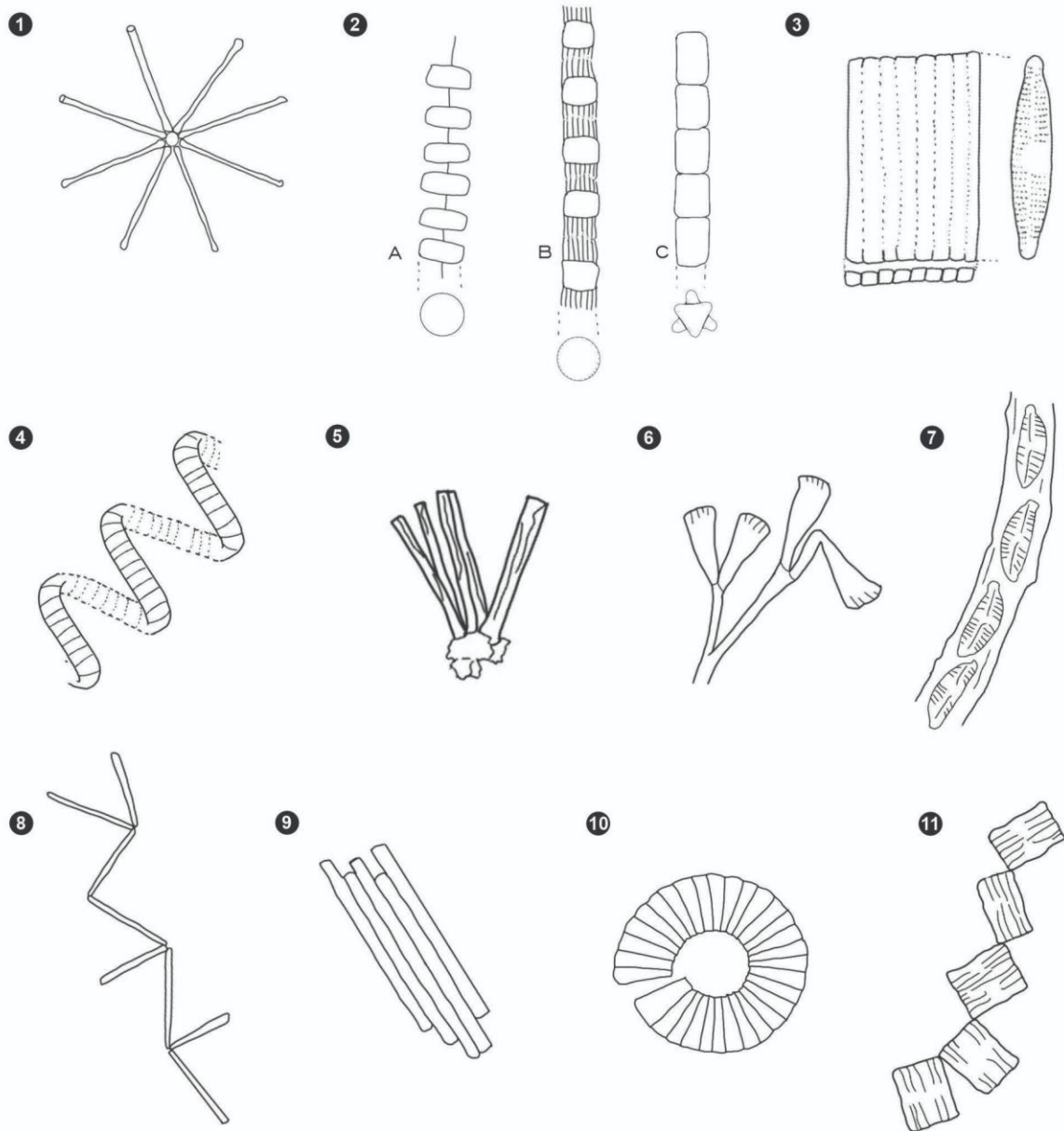
## ANÁLISE TAXONÔMICA

Para cada população analisada, foram obtidas medidas de caracteres-diagnóstico presentes nas frústulas de ao menos 20 valvas, a fim de capturar a variação populacional. Dessa forma, foram mensuradas características como o comprimento do eixo apical (EA), comprimento do eixo transapical (ET), número de estrias em 10  $\mu\text{m}$  (E), número de aréolas em 10  $\mu\text{m}$  (A), diâmetro (D) e altura do manto (AM). As espécies foram identificadas, sempre que possível, a nível específico por meio de bibliografia específica para o grupo, seguindo a classificação utilizada por Guiry & Guiry (2022).

Para todos os taxa foram fornecidos dados de classificação biológica, descrição do táxon e caracterização de sua colônia de acordo com Barber & Haworth (1981), Round et al. (1990) e Cox (1996), conforme ilustrado na Figura 2. Outras informações fornecidas foram: i) caracterização ambiental dos riachos de ocorrência; ii) percentual de cobertura do transecto das formações amostradas; iii) considerações taxonômicas quando relevantes e; iv) espécies associadas às formações, quando presentes. Com relação à caracterização das colônias, foram realizadas estimativas do número de células em cadeia (i.e., número de células por filamento que compõe a colônia) utilizando as medidas médias das células de cada espécie.

Na literatura de macroalgas foram levantadas informações referentes a espécies de diatomáceas coloniais registradas em outros estudos de metodologia similar

realizados em território brasileiro. Para tanto, foram identificadas as espécies, seus morfotipos coloniais, localidade e bacia hidrográfica de coleta, bem como a referência para os estudos realizados.



Gabriela Alves

**Figura 2.** Morfotipos coloniais de diatomáceas em ilustrações meramente esquemáticas com ausência de escala: 1. Colônias estreladas (ex. *Asterionella*); 2. Colônias filamentosas: A. *Thalassiosira*; B. *Skeletonema*; C. *Hydrosera*; 3. Colônias em fita (ex. *Fragilaria*); 4. Colônias em espiral (ex. *Chaetoceros*); 5. Colônia radial (ex. *Ulnaria ulna*); 6. Colônias pedunculadas (ex. *Gomphoneis*, *Gomphonema* e *Cymbella*); 7. Colônias em tubo – células envoltas por um tubo de mucilagem (ex. *Navicula*); 8. Colônias do tipo cadeias ramificadas (ex. *Fragilariforma* e *Thalassionema*); 9. Colônia móvel (ex. *Bacillaria*); 10. Colônias curvadas (ex. *Meridion circulare*); 11. Colônias em zigue-zague (ex. *Tabellaria*). Ilustrações por Gabriela Alves. Fonte: a autora, 2022.

## RESULTADOS

Ao todo, 26 populações de diatomáceas formadoras de colônias macroscópicas foram analisadas. Oito espécies, circunscritas em sete gêneros e sete famílias foram identificadas, sendo estas: *Diadismis confervacea* Kützing, *Eunotia didyma* Grunow ex Zimmermann, *Hydrosera whampoensis* (A.F.Schwarz) Deby, *Melosira varians* C. Agardh, *Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère, *Terpsinoë musica* Ehrenberg, *Ulnaria sinensis* Liu, Williams & Tan e *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère. Colônias macroscópicas ocorreram, em ao menos uma ocasião de coleta, em 12 dos 17 riachos estudados, e estiveram ausentes em outros cinco riachos. Considerando todas as amostragens, a espécie mais representativa e melhor distribuída na região foi *P. laevis*, registrada em sete riachos, seguida por *U. ulna* com ocorrência em seis riachos e *H. whampoensis* registrada em cinco riachos.

Quatro foram os morfotipos coloniais identificados: colônias em fita, filamentosas, em zigue-zague e radiais aderidas a uma base mucilagínosa comum. Destes, a arquitetura colonial em fita esteve presente em três das espécies identificadas, enquanto os morfotipos coloniais filamentosos e em zigue-zague, estiveram presentes em duas espécies cada, e o morfotipo radial teve como representante uma única espécie.

A seguir são apresentadas as descrições das espécies de diatomáceas formadoras de colônias macroscópicas identificadas na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, seguidas de caracterizações das colônias e demais informações.

**CLASSE:** BACILLARIOPHYCEAE

**ORDEM:** Eunotiales

**FAMÍLIA:** Eunotiaceae

***Eunotia didyma* Grunow ex Zimmermann**

Broteria, Série Botânica, 13 (2): 51, 1915.

Figura 2.1-4

**Descrição:** Valvas com margem dorsal levemente convexa e margem ventral levemente côncava, ambas com ondulações; estrias transapicais interrompidas na região ventral. Extremidades cuneadas com a presença de nódulos terminais; em células maiores, constam intumescências arredondadas na região central da valva. Dois plastídeos

alongados em vista pleural. EA: 138,9-57,9  $\mu\text{m}$ , ET: 16,7-12  $\mu\text{m}$ , E: 8-11 em 10  $\mu\text{m}$ .

**Descrição da colônia:** Arranjo de numerosas células (~70-400) unidas pela face valvar através de mucilagem provavelmente secretada pela rafe e rimopórtula, conformando colônias em fitas.

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Pontos de amostragem 07 e 17. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 24°58'31.70"S, 54°13'13.53"O, 277 manm (metros acima do nível médio do mar), data de amostragem: 14/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°26'0.52"S, 54°22'32.86"O, 236 manm, data de amostragem: 13/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 2 - 30% da área total.

**Espécies associadas:** *Aegagropilopsis sterrocladia* (Skuja) Boedeker e *Spirogyra* sp.

**Variáveis ambientais (n=1):** velocidade da correnteza 0,195  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; vazão 0,199  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ; temperatura da água 26,6 °C; condutividade específica 0,030  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; pH 7,1; turbidez 2,3 NTU; nitrogênio total 367  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ; fósforo total 38  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**ORDEM:** Licmophorales

**FAMÍLIA:** Ulnariaceae

***Ulnaria sinensis* Liu, Williams & Tan**

Studies on Diatoms, 100, 2001.

Figura 3.1-4

**Descrição:** Valvas lineares sem constrição mediana, com estreitamento em direção às extremidades. Estrias largas, organizadas paralelamente nas duas margens da valva, a maioria em posição oposta umas às outras, sendo comuns estrias desalinhas. Dois cloroplastos em vista pleural. EA: 281,4-351,8  $\mu\text{m}$ , ET: 7,9-10,5  $\mu\text{m}$ , E: 7-10 em 10  $\mu\text{m}$ .

**Descrição da colônia:** Colônias formadas por poucas células ( $\leq 30$ ), constituindo o padrão de colônias em fita, nas quais a união entre células se dá pelo encaixe de espinhos presentes na face valvar (LIU; WILLIAMS; TAN, 2017).

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Ponto de amostragem 06. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 24°55'24.80"S, 54°5'9.84"O, 320 manm, data de amostragem: 15/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 70% da área total.

**Variáveis ambientais (n=1):** velocidade da correnteza 0,030  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; vazão 0,023  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ; temperatura da água 27,2 °C; condutividade específica 0,175  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ; pH 7,4; turbidez 1,1

NTU; nitrogênio total 463  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; fósforo total 28  $\mu\text{g.L}^{-1}$

**Considerações taxonômicas:** *U. sinensis* apresenta grande similaridade com *U. ulna* mas, embora haja alguma sobreposição, os limites do eixo apical de *U. sinensis* tendem a permanecer acima dos esperados para *U. ulna*. Outra característica distintiva diz respeito às estrias de *U. sinensis* que se apresentam conspícuas na região mediana da célula, em oposição à *U. ulna* com estrias inconspícuas que formam uma região hialina. Além disso, as colônias das duas espécies são caracteres-chave para a identificação, uma vez que *U. sinensis* forma colônias em fitas e *U. ulna* forma colônias tipicamente radiais. As medidas obtidas no presente estudo, quando comparadas à descrição de Liu et al. (2017) (EA: 296-512  $\mu\text{m}$ , ET: 6-8  $\mu\text{m}$ , E: 8-9 em 10  $\mu\text{m}$ ), ampliam, quanto ao comprimento do eixo apical, o limite inferior descrito para a espécie, assim como também ampliam os limites superiores quanto ao eixo transapical e quanto às estrias em 10  $\mu\text{m}$ . As demais características, assim como o tipo de colônia, corroboram com a descrição da espécie.

### ***Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère**

Studies on Diatoms, 100, 2001.

Figura 2.5-8

**Descrição:** Valvas lineares sem constrição mediana, com estreitamento em direção às extremidades rostradas a subcapitadas. Estrias paralelas e opostas nas duas margens da valva, sendo estrias da área central de difícil visualização. Dois cloroplastos em vista pleural. EA: 84,5-317,9  $\mu\text{m}$ , ET: 5,9-8,8  $\mu\text{m}$ , E: 8-10 em 10  $\mu\text{m}$ .

**Descrição da colônia:** Colônias são formadas por poucas células ( $\leq 30$ ) que se unem pelo ápice da frústula em arranjo cêntrico, constituindo o padrão de colônias radiadas com frústulas aderidas a uma base mucilagínosa comum. Nessa espécie, a união das células ocorre pela secreção de mucilagem, possivelmente associada às rimopórtulas e/ou campos de poros presentes nas extremidades da frústula.

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Pontos de amostragem 02, 06, 10, 12, 14, 17. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 24°34'59.29"S, 54° 1'33.43"O, 339 manm, data de amostragem: 15/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 24°55'24.80"S, 54°5'9.84"O, 320 manm, data de amostragem: 15/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°8'33.29"S, 54°3'42.73"O, 348 manm, data de amostragem: 10/07/2019 e 14/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°7'33.21"S, 53°56'53.64"O, 481 manm, data de amostragem: 10/07/2019, coletores: C.K.

Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°0'15.34"S, 53°42'34.78"O, 557 manm, data de amostragem: 11/02/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°26'0.52"S, 54°22'32.86"O, 236 manm, data de amostragem: 14/02/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 1-15% da área total.

**Espécies associadas:** *Adlafia drouetiana* (R.M.Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot, *Amphipleura lindheimeri* Grunow, *Cocconeis acuta* Ehrenberg, *Cocconeis lineata* Ehrenberg, *Cymbella affinis* Kützing, *Diadesmis confervacea*, *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D.G.Mann, Estágio 'Chantransia' de Batrachospermaceae, *Gomphonema lagenula* Kützing, *Gomphonema* sp., *Hydrosera whampoensis*, *Melosira varians*, *Navicula rostellata* Kützing, *Nitzschia linearis* W.Smith, *Nitzschia palea* (Kützing) W.Smith, *Planothidium incuriatum* C.E.Wetzel, Van de Vijver & L.Ector, *Pleurosira laevis*, *Sellaphora garciarodriguezii* Metzeltin & Lange-Bertalot e *Stephanocyclus meneghinianus* (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek.

**Variáveis ambientais (n=6):** velocidade da correnteza 0,030-0,609 m.s<sup>-1</sup>; vazão 0,023-0,970 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>; temperatura da água 14,3-27,2 °C; condutividade específica 0,025-0,175 mS.cm<sup>-1</sup>; pH 7,2-7,6; turbidez 1,1-13,2 NTU; nitrogênio total 220-1993 µg.L<sup>-1</sup>; fósforo total 25-99 µg.L<sup>-1</sup>.

**Considerações taxonômicas:** O morfotipo analisado apresenta margens valvares paralelas e vem historicamente sendo identificado por taxonomistas como *U. ulna*. Entretanto, segundo Lange-Bertalot & Ulrich (2014), *U. ulna stricto sensu*, descrita por Nitzsch, se caracteriza pela forma afilada que sua valva assume da região mediana da célula em direção às extremidades da valva. Embora o morfotipo analisado não atenda esse requisito, por razões práticas e ausência de novas revisões taxonômicas para o grupo até o momento, as colônias analisadas foram consideradas como pertencentes a *U. ulna lato sensu*.

**ORDEM:** Naviculales

**FAMÍLIA:** Diadesmidaceae

***Diadesmis confervacea* Kützing**

Baciüarien oder Diatomeen, 1: 152, 1844.

Figura 4. 5-8

**Descrição:** Valvas lanceoladas com extremidades subrostradas. Estrias que convergem das extremidades em direção ao centro. No eixo longitudinal da valva constam duas rafes filiformes e um nódulo central arredondado. Cloroplasto único no centro da célula. EA: 14,8-22,2 µm, ET: 5,8-8,3 µm, E: 19-24 em 10 µm.

**Descrição da colônia:** Cadeias massivas formadas por numerosas células (~200-1200), onde as frústulas se encontram unidas pela face valvar, conformando padrão filamentososo de colônias. A união entre células se dá através de mucilagem secretada pela rafe, enquanto espinhos marginais presentes na valva promovem maior estabilidade para a cadeia (ROSOWSKI, 1980).

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Pontos de amostragem 02, 09 e 10. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 24°34'59.29"S, 54°1'33.43"O, 339 manm, data de amostragem: 15/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°7'49.44"S, 54°5'53.93"O, 334 manm, data de amostragem: 14/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°8'33.29"S, 54°3'42.73"O, 348 manm, data de amostragem: 14/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 1-5% da área total.

**Espécies associadas:** *Adlafia drouetiana*, *Amphipleura lindheimeri*, *Cocconeis acuta*, *Cocconeis lineata*, *Cymbella affinis*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema sp.*, *Hydrosera whampoensis*, *Melosira varians*, *Navicula rostellata*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia palea*, *Pinnularia acrosphaeria* W.Smith, *Pinnularia divergens* W.Smith, *Pinnularia meridiana* Metzeltin & Krammer, *Pinnularia sp.*, *Pleurosira laevis*, *Sellaphora garciarodriguezii*, *Stephanocyclus meneghinianus* e *Ulnaria ulna*.

**Variáveis ambientais (n=2):** velocidade da correnteza 0,058-0,609 m.s<sup>-1</sup>; vazão 0,023-0,606 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>; temperatura da água 24,2-25,4 °C; condutividade específica 0,144-0,175 mS.cm<sup>-1</sup>; pH 7,2-7,4; turbidez 4,1-5,5 NTU; nitrogênio total 1993-5919 µg.L<sup>-1</sup>; fósforo total 88-99 µg.L<sup>-1</sup>.

**Considerações taxonômicas:** As medidas obtidas no presente estudo correspondem às relatadas para amostras do Sul do Brasil por Torgan & Santos (2008) (EA:14-26 µm, ET: 6-

7 µm), exceto pelo limite máximo de comprimento do eixo transapical, que se mostrou maior nas amostras observadas na Bacia do Paraná 3.

**CLASSE:** COSCINODISCOPHYCEAE

**ORDEM:** Melosirales

**FAMÍLIA:** Melosiraceae

***Melosira varians* C. Agardh**

Flora oder Botanische Zeitung, 10: 625-640, 1827.

Figura 5.1-4

**Descrição:** Frústulas cilíndricas com valvas planas a ligeiramente convexas. Espinhos inconspícuos nas margens. Cloroplastos arredondados a lobados, próximos à parede celular. D: 12,2-18,7 µm; AM: 11,4-16,4 µm.

**Descrição da colônia:** Células se conectam pela face valvar (topo a topo), formando colônias filamentosas extensas (~40-200 células), onde a união das células se dá pela adesão através de polissacarídeos secretados por rimopórtulas (BARINOVA, 1995; BICUDO; MENEZES, 2017; LAUX; TORGAN, 2011; YANG et al., 2022).

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Ponto de amostragem 10. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 25°8'33.29"S, 54°3'42.73"O, 348 manm, data de amostragem: 14/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 1% da área total.

**Espécies associadas:** *Adlafia drouetiana*, *Amphipleura lindheimeri*, *Cocconeis lineata*, *Cymbella affinis*, *Diadismis confervacea*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema lagenula*, *Hydrosera whampoensis*, *Navicula rostellata*, *Nitzschia linearis*, *Nitzschia palea* e *Sellaphora garciarodriguezii*.

**Variáveis ambientais (n=1):** velocidade da correnteza 0,853 m.s<sup>-1</sup>; vazão 0,528 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

**ORDEM:** Stephanopyxales

**FAMÍLIA:** Hydroseraceae

***Hydrosera whampoensis* (A.F.Schwarz) Deby**

Journal de Micrographie, 15: 209-212, 1891.

Figura 5.5-8

**Descrição:** Valvas planas com formato de dois triângulos sobrepostos onde constam ornamentações com aréolas loculadas. Pseudocelos estão presentes em três ápices de um dos triângulos e uma única rimopórtula está presente na face valvar. Na vista pleural as células são retangulares, e o manto se apresenta espesso. Numerosos cloroplastos discóides ao redor do núcleo. D: eixo longo 64-84,2 µm, eixo curto 40-60,8 µm; A: 5-7 em 10 µm.

**Descrição da colônia:** Em arranjo colonial, as células se organizam em cadeias filamentosas muito extensas (~150-600 células). A mucilagem secretada nos pseudocelos, encontrados em número irregular na valva, promove a união de células pela face valvar (topo a topo) (BICUDO; MENEZES, 2017; BURLIGA; KOCIOLEK, 2016).

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Pontos de amostragem 04, 08, 10, 11, 12. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 24°47'22.00"S, 54° 2'12.68"O, 251 manm, data de amostragem: 09/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°8'39.30"S, 54°13'13.53"O, 336 manm, data de amostragem: 14/02/2019 e 14/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°8'33.29"S, 54°3'42.73"O, 348 manm, data de amostragem: 13/02/2019 e 10/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°3'17.03"S, 54°3'57.64"O, 324 manm, data de amostragem: 14/02/2019 e 10/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°7'33.21"S, 53°56'53.64"O, 481 manm, data de amostragem: 11/02/2019, 10/07/2019 e 13/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 1-15% da área total.

**Espécies associadas:** *Adlafia drouetiana*, *Amphipectora lindheimeri*, *Cocconeis acuta*, *Cocconeis fluviatilis* J.H.Wallace, *Cocconeis lineata*, *Cymbella affinis*, *Cymbella loescheriae* M.Garcia & D.B.Dutra, *Eunotia intricans* Lange-Bertalot & Metzeltin, *Encyonema silesiacum*, *Geissleria punctifera* (Hustedt) Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing, *Gomphonema lagenula*, *Pleurosira laevis*, *Placoneis exigua* (W.Gregory) Mereschkovsky, *Planothidium incuriatum*, *Sellaphora garciarodriguezii*, *Terpsinoë musica* e *Ulnaria ulna*.

**Variáveis ambientais (n=10):** velocidade da correnteza 0,030-0,869 m.s<sup>-1</sup>; vazão 0,028-1,178 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>; temperatura da água 10,5-26,3 °C; condutividade específica 0,03-0,112 mS.cm<sup>-1</sup>; pH 6,6-8,1; turbidez 0,4-26,0 NTU; nitrogênio total 407-2842 µg.L<sup>-1</sup>; fósforo total 25-165 µg.L<sup>-1</sup>.

**CLASSE:** MEDIOPHYCEAE

**ORDEM:** Anaulales

**FAMÍLIA:** Anaulaceae

***Terpsinoë musica* Ehrenberg**

Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 291-445, 1843.

Figura 6.1-4

**Descrição:** Vista valvar com contorno triondulado e extremidades arredondadas, onde constam campos de poros apicais. Em vista pleural, apresenta forma quadrada a retangular com ornamentações (barras) em sílica em forma de semínima entre as ondulações. Cloroplastos como numerosos grânulos distribuídos por toda a célula. EA: 90,5-101,4 µm, ET: 26,4-29,6 µm.

**Descrição da colônia:** Cadeias longas (~200-600 células) com frústulas unidas pelas extremidades da face valvar, através de almofadas de mucilagem secretadas pelos campos de poros presentes na valva (JIMÉNEZ; MAGOS; CAMARILLO, 2017). O morfotipo colonial é predominantemente em zigue-zague, sendo comuns filamentos ramificados e trechos onde a colônia assume forma de fita.

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Ponto de amostragem 08. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 25°8'39.30"S, 54°13'13.53"O, 336 manm, data de amostragem: 14/02/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 1% da área total.

**Espécies associadas:** *Hydrosera whampoensis* e *Pleurosira laevis*.

**Variáveis ambientais (n=1):** velocidade da correnteza 0,625 m.s<sup>-1</sup>; vazão 0,390 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>; temperatura da água 24,5 °C; condutividade específica 0,071 mS.cm<sup>-1</sup>; pH 7,7; turbidez 10,8 NTU; nitrogênio total 617 µg.L<sup>-1</sup>; fósforo total 43 µg.L<sup>-1</sup>.

**ORDEM:** Eupodiscales

**FAMÍLIA:** Eupodiscaceae

***Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère**

Bacillaria, 5: 165-190, 1982.

Figura 6.5-8

**Descrição:** Valvas circulares a elípticas com aréolas circulares que se distribuem de forma irregular no centro da valva e formam estrias radiais em direção às extremidades. Dois ocelos marginais em posição oposta na valva e duas a três rimopórtulas. Numerosos cloroplastos discóides ao redor do núcleo celular. D: eixo longo 49,5-86,1 µm, eixo curto 46,1-72,2 µm; E: 13-16 em 10 µm, A: 13-16 em 10 µm.

**Descrição da colônia:** Colônias longas (~30-150 células) onde as frústulas ligam-se umas às outras por uma única extremidade, constituindo o padrão zigue-zague de colônias. A união das células se dá através de mucilagem secretada pelos ocelos (BURLIGA; KOCIOLEK, 2016).

**Distribuição na Bacia Hidrográfica do Paraná 3:** Pontos de amostragem 02, 04, 05, 06, 08, 10 e 11. BRASIL. PARANÁ, coordenadas: 24°34'59.29"S, 54°1'33.43"O, 339 manm, data de amostragem: 15/11/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 24°47'22.00"S, 54° 2'12.68"O, 251 manm, data de amostragem: 09/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 24°52'28.51"S, 54°3'15.58"O, 286 manm, data de amostragem: 13/02/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 24°55'24.80"S, 54°5'9.84"O, 320 manm, data de amostragem: 13/02/2019 e 09/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°8'39.30"S, 54°13'13.53"O, 336 manm, data de amostragem: 14/02/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°8'33.29"S, 54°3'42.73"O, 348 manm, data de amostragem: 13/02/2019 e 10/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n. *idem*, coordenadas: 25°3'17.03"S, 54°3'57.64"O, 324 manm, data de amostragem: 14/02/2019 e 10/07/2019, coletores: C.K. Peres et al. s.n.

**Percentual de cobertura do transecto:** 1-35% da área total.

**Espécies associadas:** *Amphipleura lindheimeri*, *Cocconeis acuta*, *Cocconeis lineata*, *Cymbella affinis*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema* sp., *Hydrosera whampoensis*, *Pleurosira laevis*, *Sellaphora garciarodriguezii*, *Stephanocyclus meneghinianus*, *Terpsinoë musica* e *Ulnaria ulna*.

**Variáveis ambientais (n=10):** velocidade da correnteza 0,050-0,625 m.s<sup>-1</sup>; vazão 0,028-

0,606 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>; temperatura da água 10,5-26,6 °C; condutividade específica 0,064-0,144 mS.cm<sup>-1</sup>; pH 7,2-8,1; turbidez 0,4-22,3 NTU; nitrogênio total 442-2355 µg.L<sup>-1</sup>; fósforo total 25-99 µg.L<sup>-1</sup>.

Em literatura, foram encontrados registros de 16 espécies de diatomáceas coloniais relatados em 10 estudos com macroalgas de riachos no Brasil realizados entre 1995 e 2019, como consta na Tabela 1. Os registros se deram em quatro principais bacias: Bacia Hidrográfica do Parnaíba, onde um único estudo identificou nove espécies de diatomáceas coloniais (AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019); Bacia Hidrográfica do Paraná, onde um total de sete espécies foram identificadas em seis estudos (BRANCO et al., 2008, 2009; KRUPPEK; BRANCO, 2012; NECCHI JR. et al., 1997; NECCHI et al., 1995; TONETTO et al., 2018); bacia do Atlântico Sudeste com três espécies registradas (BRANCO; NECCHI, 1996; NECCHI JÚNIOR; BRANCO; SPEZAMIGLIO, 2008); e bacia do Atlântico Sul com uma única espécie (PERES; BRANCO; KRUPPEK, 2008).

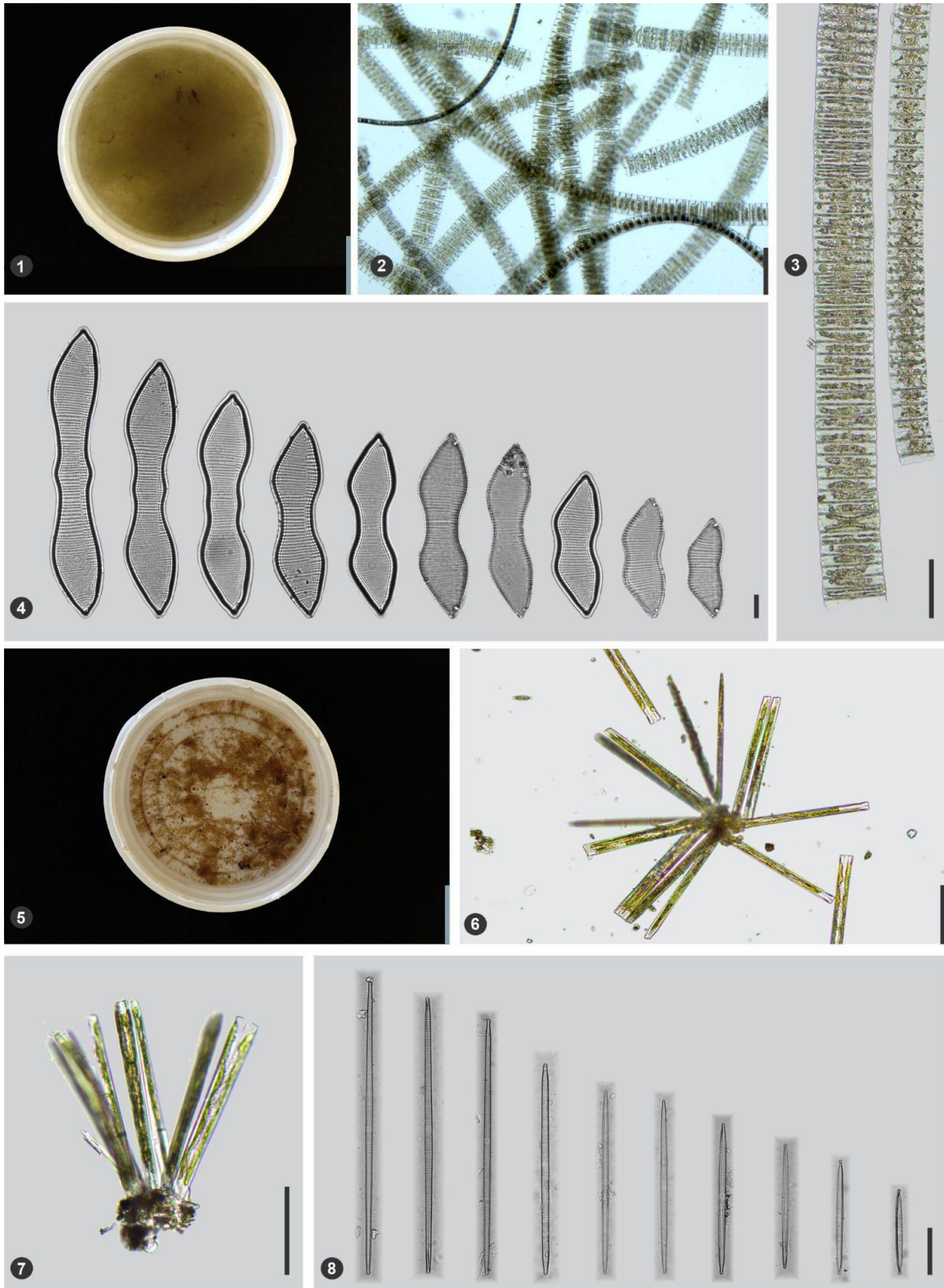
*P. laevis*, identificada em quatro diferentes estudos, foi a espécie mais comum, seguida por *H. whampoensis* e *M. varians*, registradas em três estudos cada. O morfotipo mais frequente foi o de colônia em fita, presente em sete espécies, seguida pelos morfotipos coloniais filamentosos e em zigue-zague, enquanto os morfotipos de colônia radiada e pedunculada tiveram um representante cada.

**Tabela 1** - Lista de espécies de diatomáceas coloniais identificadas como macroalgas em estudos realizados em território brasileiro, com indicação de morfotipo colonial, localidade de amostragem, bacia hidrográfica (ASe = Bacia Hidrográfica Atlântico Sudeste; AS = Bacia Hidrográfica Atlântico Sul; Pr = Bacia Hidrográfica do Paraná; Pnb = Bacia Hidrográfica do Parnaíba) e autoria do estudo. - Informação indisponível na literatura consultada.

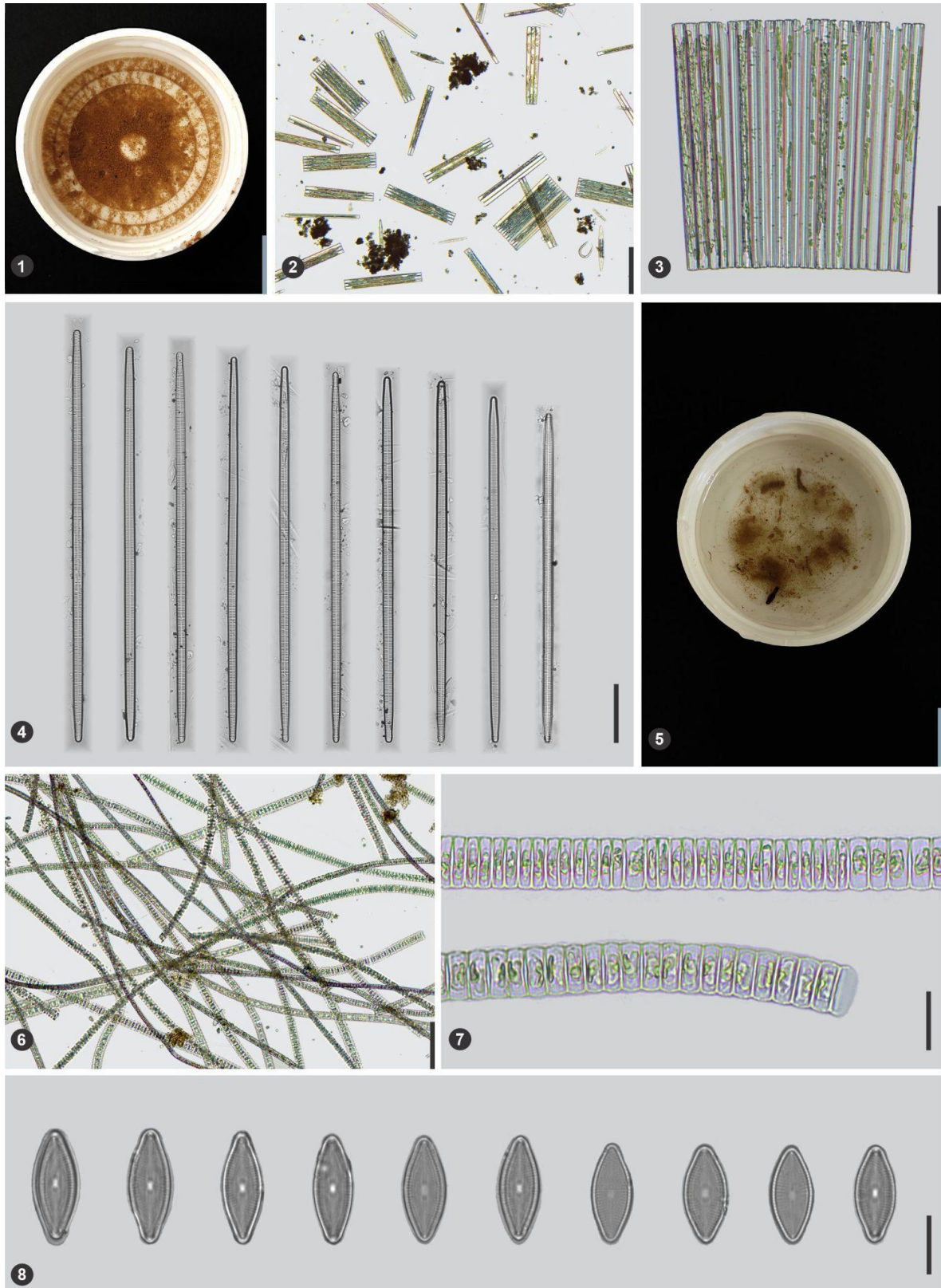
<b>CLASSE</b> <b>Ordem</b> <i>Espécie</i>	<b>Morfotipo colonial</b>	<b>Localidade</b>	<b>Bacia Hidrográfica</b>	<b>Autor</b>
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>				
<b>Cymbellales</b>				
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	Colônia pedunculada	FLONA de Irati (PR)	Pr	BRANCO et al., 2008.
<b>Eunotiales</b>				
<i>Eunotia sp.</i>	Colônia em fita	Bacia do Rio Marrecas (PR)	Pr	KRUPEK; BRANCO, 2012.
<i>Eunotia didyma</i> Grunow ex Zimmermann	Colônia em fita	Timon (MA)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg	Colônia em fita	Timon (MA); Caxias (MA)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<i>Eunotia meridiana</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	Colônia em fita	Timon (MA)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<i>Eunotia transfuga</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	Colônia em fita	Caxias (MA)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<i>Eunotia xystriformis</i> Manguin	Colônia em fita	Timon (MA)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<b>Fragilariales</b>				
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	-	Floresta Atlântica leste (SP)	ASe	BRANCO; NECCHI JR, 1996.
		Caxias (MA)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<i>Fragilariforma javanica</i> (Hustedt) C.E.Wetzel, E.Morales & L.Ector	Colônia em zigue-zague	Floresta Atlântica leste (SP)	ASe	BRANCO; NECCHI JR, 1996.
		Itatiaia (RJ)	ASe	NECCHI JR et al., 2008.

<b>CLASSE</b> <b>Ordem</b>	<b>Morfotipo</b> <b>colonial</b>	<b>Localidade</b>	<b>Bacia</b> <b>Hidrográfica</b>	<b>Autor</b>
<i>Espécie</i>				
<b>Licmophorales</b>				
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	Colônia radiada	FLONA de Irati (PR)	Pr	BRANCO et al., 2008.
		Bacia Rio das Pedras (PR)	Pr	KRUPEK; BRANCO, 2012.
<b>Naviculales</b>				
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	Colônia em fita	Teresina (PI)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
<b>COSCIDISCOPHYCEAE</b>				
<b>Melosirales</b>				
		Floresta Atlântica leste (SP)	ASe	BRANCO; NECCHI JR, 1996.
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	Colônias filamentosa	Itatiaia (RJ)	ASe	NECCHI JR et al., 2008.
		Bacia Rio das Pedras (PR)	Pr	KRUPEK; BRANCO, 2012.
<b>Stephanopyxales</b>				
		Jundiaí (SP)	Pr	TONETTO et al. 2018
<i>Hydrosera whampoensis</i> (A.F.Schwarz) Deby	Colônia filamentosa	Paranaguá (PR)	AS	PERES; BRANCO; KRUPEK, 2008.
		Centro-Oeste do estado do Paraná	Pr	BRANCO et al., 2009.
<i>Stephanopyxis</i> sp.	Colônia filamentosa	Noroeste do estado de São Paulo	Pr	NECCHI JR et al., 1995.
<b>MEDIOPHYCEAE</b>				
<b>Anaulales</b>				
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	Colônia em zigue-zague	Teresina (PI)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.

CLASSE Ordem	Morfotipo colonial	Localidade	Bacia Hidrográfica	Autor
<i>Espécie</i>				
<b>Eupodiscales</b>				
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère	Colônia em zigue-zague	Teresina (PI)	Pnb	AURICCHIO; LAMBRECHT; PERES, 2019.
		Centro-Oeste do estado do Paraná	Pr	BRANCO et al., 2009.
		Noroeste do estado de São Paulo	Pr	NECCHI JR et al., 1997.
		Floresta Atlântica leste (SP)	ASe	BRANCO; NECCHI JR, 1996.
		Centro-Oeste do estado do Paraná	Pr	BRANCO et al., 2009.



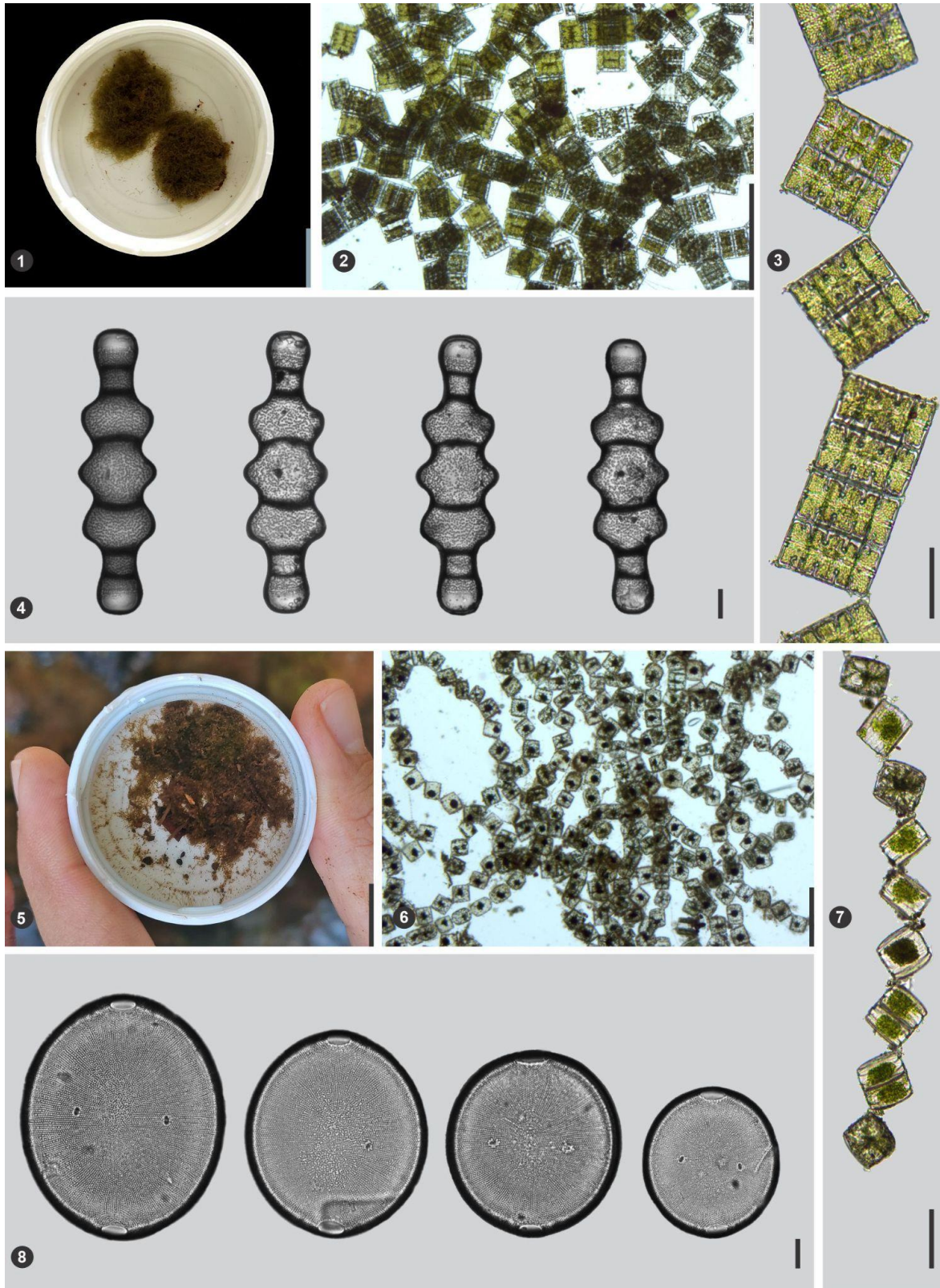
**Figura 3.** 1-4. *Eunotia didyma*: 1. Material coletado; 2. Aglomerado de arranjos coloniais; 3. Detalhe das colônias em fita; 4. Variação populacional; 5-8 *Ulnaria ulna*: 5. Material coletado; 6-7. Detalhe das colônias radiais; 8. Variação populacional. Escalas: 1 cm (figs. 1 e 5); 200  $\mu\text{m}$  (fig. 2); 100  $\mu\text{m}$  (figs. 3, 6, 7); 50  $\mu\text{m}$  (fig. 8); 20  $\mu\text{m}$  (fig. 6); 10  $\mu\text{m}$  (fig. 4).



**Figura 4.** 1-4. *Ulmaria sinensis*: 1. Material coletado; 2. Aglomerado de arranjos coloniais; 3. Detalhe de colônia em fita; 4. Variação populacional; 5-8 *Diadesmis confervacea*: 5. Material coletado; 6. Aglomerado de arranjos coloniais; 7. Detalhe das colônias em fita; 8. Variação populacional. Escalas: 1 cm (figs. 1 e 5); 200  $\mu\text{m}$  (fig. 2); 100  $\mu\text{m}$  (figs. 3, 6); 50  $\mu\text{m}$  (fig. 4); 20  $\mu\text{m}$  (fig. 7); 10  $\mu\text{m}$  (fig. 8).



**Figura 5.** 1-4. *Melosira varians*: 1. Material coletado; 2. Aglomerado de arranjos coloniais; 3. Detalhe de colônia filamentososa; 4. Variação populacional; 5-8 *Hydrosera whampoensis*: 5. Material coletado; 6. Aglomerado de arranjos coloniais; 7. Detalhe de colônia filamentososa; 8. Variação populacional. Escalas: 1 cm (figs. 1 e 5); 250  $\mu\text{m}$  (fig. 6); 100  $\mu\text{m}$  (figs. 2 e 7); 20  $\mu\text{m}$  (fig. 3); 10  $\mu\text{m}$  (fig. 4 e 8).



**Figura 6.** 1-4. *Terpsinoë musica*: 1. Material coletado; 2. Aglomerado de arranjos coloniais; 3. Detalhe de colônia em zigue-zague; 4. Variação populacional; 5-8 *Pleurosira laevis*: 5. Material coletado; 6. Aglomerado de arranjos coloniais; 7. Detalhe de colônia em zigue-zague; 8. Variação populacional. Escalas: 1 cm (figs. 1 e 5); 500  $\mu\text{m}$  (fig. 2); 250  $\mu\text{m}$  (fig. 6); 100  $\mu\text{m}$  (figs. 3 e 7); 20  $\mu\text{m}$  (fig. 3); 10  $\mu\text{m}$  (fig. 4 e 8).

## DISCUSSÃO

O presente estudo constitui o primeiro levantamento realizado no Neotrópico com enfoque em espécies de diatomáceas formadoras de colônias macroscópicas. Considerando-se trabalhos anteriores realizados com metodologia similar em território brasileiro, esse constitui o segundo maior levantamento de diatomáceas coloniais macroscópicas em termos de diversidade de espécies, sendo o primeiro aquele realizado por Auricchio et al. (2019) na Bacia Hidrográfica do rio Parnaíba. O estudo florístico aqui apresentado e o levantamento de outros estudos em território brasileiro, fornecem um primeiro panorama acerca do conhecimento disponível sobre essas espécies, subsidiando conhecimento da biodiversidade neotropical.

Cabe ressaltar que a maioria das espécies apresentadas neste trabalho são bastante conhecidas e têm sido comumente registradas em estudos florísticos brasileiros (FAUSTINO et al., 2016; MORESCO et al., 2011; NARDELLI et al., 2014, 2016; SILVA-LEHMKUHL et al., 2019). Assim, este trabalho agrega informações que normalmente não são contempladas em tais estudos. Além disso, das oito espécies identificadas em nosso levantamento, sete já haviam sido registradas como macroalgas em outros locais do Brasil, sendo que quatro destas foram registradas com formações macroscópicas na Bacia do rio Paraná. *U. sinensis* representou um novo registro para a região e os aspectos referentes à sua colônia foram essenciais para sua correta identificação, uma vez que a similaridade entre essa espécie e *U. ulna* permitiria que ambas fossem consideradas como pertencentes ao mesmo complexo de espécies.

No que diz respeito aos tipos de crescimentos coloniais de diatomáceas, esses podem ser divididos em grupos atribuídos a diferentes momentos de sucessão ecológica na colonização de biofilmes por algas (TUJI, 2000). Espécies com células grandes, com morfotipos coloniais em rosetas ou de baixo perfil, tais como *U. ulna* e *U. sinensis*, compõem um grupo característico de fases iniciais de sucessão ecológica. Por outro lado, espécies formadoras de cadeias que permitem crescimento vertical e o controle do afundamento na coluna d'água, se relacionam com fases mais tardias da sucessão ecológica (HOAGLAND; ROEMER; ROSOWSKI, 1982) e estão representadas neste estudo por espécies formadoras de colônias massivas em fita (*E. didyma* e *D. confervacea*), filamentosas (*M. varians* e *H. whampoensis*) e em zigue-zague (*T. musica* e *P. laevis*).

É notável que os táxons identificados na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 constituem grupos taxonomicamente pouco relacionados, uma vez que foram identificadas

oito espécies pertencentes a sete ordens. Ao mesmo tempo, os morfotipos coloniais observados em nosso levantamento não apresentaram uma grande variabilidade. Tais fatos corroboram com a hipótese de que a morfologia colonial em diatomáceas pode ter resultado de um processo de evolução convergente, onde diferentes grupos, sujeitos a pressões ambientais similares, teriam desenvolvido o hábito colonial de forma independente (NAKOV; ASHWORTH; THERIOT, 2015).

O presente estudo contribui com a documentação da biodiversidade de algas e com o mapeamento de espécies de diatomáceas formadoras de colônias macroscópicas na Bacia do Paraná 3. O novo registro de uma espécie para a região, em um estudo com um grupo tão restrito, demonstra a importância e a necessidade dos levantamentos de espécies para o conhecimento da biodiversidade neotropical. O conhecimento básico sobre essas espécies e suas distribuições pode ser essencial para medidas conservacionistas e com fins de monitoramento ambiental.

Da mesma forma, a descrição de colônias representa um importante aporte para a taxonomia do grupo, uma vez que estudos com diatomáceas comumente não contemplam materiais não oxidados, negligenciando, assim, o papel de formações coloniais para esses organismos em termos taxonômicos e ecológicos. Tendo-se em conta a importância de diatomáceas como produtores primários e bioindicadores em ambientes lóticos de baixa ordem e a representatividade desses organismos nesses ecossistemas, cabe apontar as formações coloniais como uma possibilidade a ser explorada em futuros estudos com o grupo.

## REFERÊNCIAS

- ABELL, R.; THIEME, M. L.; REVENGA, C.; BRYER, M.; KOTTELAT, M.; BOGUTSKAYA, N.; COAD, B.; MANDRAK, N.; BALDERAS, S. C.; BUSSING, W. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403–414, 2008.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream ecology: structure and function of running waters**. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2009.
- ANGELIER, E.; MUNNICK, J. **Ecology of Streams and Rivers**. 3. ed. CRC Press, 2019.
- AURICCHIO, M. R.; LAMBRECHT, R. W.; PERES, C. K. Stream macroalgal flora from Parnaíba River Basin, Brazil: reducing Wallacean shortfall. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, p. e20180685, 2019.
- BARBER, H. G.; HAWORTH, E. Y. **A guide to the morphology of the diatom frustule: with a key to the British freshwater genera**. Ambleside, Cumbria: Freshwater Biological Association, 1981.
- BARINOVA, S. S. CHARACTERS OF COLONIALITY IN DIATOMS. **Paleontological Journal**, v. 29, p. 208-212, 1995.
- BARTOZEK, E. C.R.; TREMARIN, P. I.; PERES, C. K.; BRANCO, C. C.Z. *Eunotia itacueretabaensis* sp. nov. (Bacillariophyceae, Eunotiaceae) from the Campos Gerais region, Southern Brazil. **Phytotaxa**, v. 439, n. 1, p. 67–76, 2020.
- BATTARBEE, R. W.; JONES, V. J.; FLOWER, R. J.; CAMERON, N. G.; BENNION, H.; CARVALHO, L.; JUGGINS, S. Diatoms. Em: SMOL, J. P. et al. (Eds.). **Tracking Environmental Change Using Lake Sediments**. Developments in Paleoenvironmental Research. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. v. 3p. 155–202.
- BELLINGER, E. G.; SIGEE, D. C. **Freshwater algae: identification, enumeration and use as bioindicators**. 2nd edition ed. Chichester, West Sussex; Hoboken, NJ: John Wiley & sons Inc, 2015.
- BEY, M.; ECTOR, L. **Atlas des diatomees des cours d'eau de la region Rhone-Alpes**. Lyon: Direction regionale de l'Environnement, de l'Amenagement et du Logement Rhone-Alpe, 2013.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; CURCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O. **Mapa de solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2007.
- BICUDO, C. E. DE; MENEZES, M. (EDS.). **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. Terceira edição [revista e ampliada] ed. São Carlos, SP: RiMa, 2017.
- BIGGS, R.; SCHLÜTER, M.; BIGGS, D.; BOHENSKY, E. L.; BURNSILVER, S.; CUNDILL, G.; DAKOS, V.; DAW, T. M.; EVANS, L. S.; KOTSCHY, K. Toward Principles for

Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, n. 1, p. 421–448, 2012.

BOJORGE-GARCÍA, M.; CARMONA, J.; BELTRÁN, Y.; CARTAJENA, M. Temporal and spatial distribution of macroalgal communities of mountain streams in Valle de Bravo Basin, central Mexico. **Hydrobiologia**, v. 641, n. 1, p. 159–169, 2010.

BOJORGE-GARCÍA, M. G.; URIZA, E. A. C. La importancia ecológica de las algas en los ríos. **Hidrobiológica**, v. 26, n. 1–8, 2016.

BOLTON, J. J. What is aquatic botany? — And why algae are plants: The importance of non-taxonomic terms for groups of organisms. **Aquatic Botany**, v. 132, p. 1–4, 2016.

BRANCO, C. C. Z.; EMED, R. G.; BRANCO, L. H. Z.; NECCHI JÚNIOR, O. Macroalgas de riachos da Floresta Nacional de Irati, região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 437–451, 2008.

BRANCO, C. C. Z.; PERES, C. K.; KRUPPEK, R. A.; BERTUSSO, F. R. Macroalgas de ambientes lóticos da região centro-oeste do Paraná, região sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 2, p. 227–235, 2009.

BRANCO, C. C. Z.; NECCHI, O. Distribution of stream macroalgae in the eastern Atlantic Rainforest of São Paulo State, southeastern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 333, n. 3, p. 139–150, 1996.

BURLIGA, A. L.; KOCIOLEK, J. P. Diatoms (Bacillariophyta) in Rivers. Em: NECCHI JR, O. (Ed.). **River Algae**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 93–128.

CARMONA, J.; MONTEJANO, G.; JUNIOR, O. N. Ecology and morphological characterization of gametophyte and “Chantransia” stages of *Sirodotia huillensis* (Batrachospermales, Rhodophyta) from a stream in central Mexico. **Phycological Research**, v. 54, n. 2, p. 108–115, 2006.

JIMÉNEZ, J. C.; MAGOS, Y. B.; CAMARILLO, V. H. S. Morphological and environmental characterization of *Terpsinoë musica* (Biddulphiaceae, Bacillariophyceae) in tropical streams from Mexico. **Diatom Research**, v. 32, n. 2, p. 185–193, 2017.

COLLEN, B.; WHITTON, F.; DYER, E. E.; BAILLIE, J. E. M.; CUMBERLIDGE, N.; DARWALL, W. R. T.; POLLOCK, C.; RICHMAN, N. I.; SOULSBY, A.; BÖHM, M.. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 1, p. 40–51, 2014.

COX, E. J. **Identification of freshwater diatoms from live material**. 1st ed. New York: Chapman & Hall, 1996.

DARWALL, W.; BREMERICH, V.; WEVER, A. de; DELL, A. I.; FREYHOF, J.; GESSNER, M. O.; GROSSART, H.; HARRISON, I.; IRVINE, K.; JÄHNIG, S. C. The *Alliance for Freshwater Life*: A global call to unite efforts for freshwater biodiversity science and conservation: The *Alliance for Freshwater Life*: A global call to unite efforts for freshwater biodiversity science and conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 28, n. 4, p. 1015–1022, 2018.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p.1296-1301, 2014.

TOMMASI, E. de; REA, I.; STEFANO, L. de; DARDANO, P.; CAPRIO, G. di; FERRARA, M. A.; COPPOLA, G. **Optics with diatoms: towards efficient, bioinspired photonic devices at the micro-scale**. (P. Ferraro et al., Eds.). Em: SPIE OPTICAL METROLOGY 2013. Munich, Germany: 2013. Disponível em: <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?doi=10.1117/12.2021613>>. Acesso em: 10 jun. 2022

DI BITETTI, M. S.; PLACCI, G.; DIETZ, L. A. **Uma visão de Biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná – Bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação**. Washington, D.C: World Wildlife Fund, 2003.

DIXIT, S. S.; SMOL, J. P.; KINGSTON, J. C.; CHARLES, D. F. Diatoms: powerful indicators of environmental change. **Environmental Science & Technology**, v. 26, n. 1, p. 22–33, 1992.

DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A. H.; GESSNER, M. O.; KAWABATA, Z.; KNOWLER, D. J.; LÉVÊQUE, C.; NAIMAN, R. J.; PRIEUR-RICHARD, A.; SOTO, D.; STIASSNY, M. L. J. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, v. 81, n. 02, p. 163, 2006.

DUDGEON, D. **Freshwater biodiversity: status, threats and conservation**. New York: Cambridge University Press, 2020.

DURANCE, I.; BRUFORD, M. W.; CHALMERS, R.; CHAPPELL, N. A.; CHRISTIE, M.; COSBY, B. J.; NOBLE, D.; ORMEROD, S. J.; PROSSER, H.; WEIGHTMAN, A. The Challenges of Linking Ecosystem Services to Biodiversity. **Ecosystem Services: From Biodiversity to Society**, Part 2, p. 87-134, 2016.

ESPARZA, J.; LUTTENBERGER, M.; SCHLUND, M. A Brief History of Strahler Numbers. Em: DEDIU, A.-H. et al. (Eds.). **Language and Automata Theory and Applications**. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2014. v. 8370p. 1–13.

FAUSTINO, S. B. et al. Composition and distribution of diatom assemblages from core and surface sediments of a water supply reservoir in Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 2, 2016.

FILKIN, N. R.; SHERWOOD, A. R.; VIS, M. L. Macroalgae from 23 Stream Segments in the Hawaiian Islands. **Pacific Science**, v. 57, n. 4, p. 421–431, 2003.

GARCIA-MORENO, J.; HARRISON, I. J.; DUDGEON, D.; CLAUSNITZER, V.; DARWALL, W.; FARRELL, T.; SAVY, C.; TOCKNER, K.; TUBBS, N. Sustaining Freshwater Biodiversity in the Anthropocene. Em: BHADURI, A. et al. (Eds.). **The Global Water System in the Anthropocene**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 247–270.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. **About AlgaeBase :: AlgaeBase**. World-wide electronic publication. Disponível em: <<https://www.algaebase.org/>>. Acesso em: 17 jul. 2022.

HASSAN, R. M. et al. (EDS.). Chapter 7: Fresh water. Em: **Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment**. The millennium ecosystem assessment series. Washington, DC: Island Press, 2005.

HERMOSO, V.; CLAVERO, M. Threatening processes and conservation management of endemic freshwater fish in the Mediterranean basin: a review. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, n. 3, p. 244, 2011.

HOAGLAND, K. D.; ROEMER, S. C.; ROSOWSKI, J. R. COLONIZATION AND COMMUNITY STRUCTURE OF TWO PERIPHYTON ASSEMBLAGES, WITH EMPHASIS ON THE DIATOMS (BACILLARIOPHYCEAE). **American Journal of Botany**, v. 69, n. 2, p. 188–213, 1982.

HU, B.-F.; XIE, S.-L. Effect of Seasonality on Distribution of Macroalgae in a Stream System (Xin'an Spring) in Shanxi Province, North China. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 48, n. 8, p. 889–896, 2006.

HUDON, C.; LEGENDRE, P. THE ECOLOGICAL IMPLICATIONS OF GROWTH FORMS IN EPIBENTHIC DIATOMS. **Journal of Phycology**, v. 23, n. 3, p. 434–441, set. 1987.

ICMBIO. **PLANO DE MANEJO DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU**. ICMBio, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (ED.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição revista e ampliada ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2012.

ITCG, I. D. T., CARTOGRAFIA E. GEOCIÊNCIAS. **Clima: Estado do Paraná**, 2008.

JOSKA, M. A. et al. **Guide to common filamentous freshwater macroalgae in South Africa**. Pretoria: Water Research Commission, 1995.

JULIUS, M. L.; THERIOT, E. C. The diatoms: a primer. Em: SMOL, J. P.; STOERMER, E. F. (Eds.). **The Diatoms**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 8–22.

KALE, A.; KARTHICK, B. The diatoms: Big significance of tiny glass houses. **Resonance**, v. 20, n. 10, p. 919–930, 2015.

KENITZ, K. M.; ORENSTEIN, E. C.; ROBERTS, P. I. L. D.; FRANKS, Peter J. S.; JAFFE, Jules S.; CARTER, Melissa L.; BARTON, Andrew D. Environmental drivers of population variability in colony-forming marine diatoms. **Limnology and Oceanography**, v. 65, n. 10, p. 2515–2528, 2020.

KRUPEK, R. A.; BRANCO, C. C. Z. Ecological distribution of stream macroalgae in different spatial scales using taxonomic and morphological groups. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, p. 273–280, 2012.

LANGE-BERTALOT, H.; ULRICH, S. Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragilaria* and *Ulnaria* species. **Lauterbornia**, v. 78, p. 1–73, 2014.

- LAUX, M.; TORGAN, L. C. Diatomáceas com plastídeos no plâncton da foz dos rios do Delta do Jacuí, sul do Brasil: um complemento à taxonomia tradicional. **Iheringia, Série Botânica.**, v. 66, n. 1, p. 109–132, 2011.
- LIU, B.; WILLIAMS, D. M.; TAN, L. Three new species of *Ulnaria* (Bacillariophyta) from the Wuling Mountains Area, China. **Phytotaxa**, v. 306, n. 4, p. 241, 2017.
- MACHADO, P. J. DE O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- MAITLAND, P. S. **Biology of Fresh Waters**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1990.
- MANN, D. G. The species concept in diatoms. **Phycologia**, v. 38, n. 6, p. 437–495, 1999.
- MANN, D. G.; DROOP, S. J. M. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. Em: KRISTIANSEN, J. (Ed.). **Biogeography of Freshwater Algae**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1996. p. 19–32.
- MANN, D. G.; VANORMELINGEN, P. An Inordinate Fondness? The Number, Distributions, and Origins of Diatom Species. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 60, n. 4, p. 414–420, 2013.
- MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (PROGRAM) (ED.). **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.
- MITTERMEIER, R. A. (ED.). **Fresh water: the essence of life**. Arlington, Va: Conservation Internat, 2010.
- MOLINO, P. J. et al. Diatom Adhesives: Molecular and Mechanical Properties. Em: SMITH, A. M. (Ed.). **Biological Adhesives**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 57–86.
- MORESCO, C. et al. Diatomáceas perifíticas abundantes em três córregos com diferentes ações antrópicas em Maringá, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 359–373, 2011.
- NARDELLI, M. S. et al. Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae (Diatomeae) in the Iguazu River, Paraná, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, n. 1, p. 127–140, 2014.
- NARDELLI, M. S. et al. *Melosira* (Diatomeae) taxa from the Iguazu River in southern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 4, 2016.
- NAKOV, T.; ASHWORTH, M.; THERIOT, E. C. Comparative analysis of the interaction between habitat and growth form in diatoms. **The ISME Journal**, v. 9, n. 1, p. 246–255, 2015.
- NECCHI JR., O.; PASCOALOTO, D.; BRANCO, C. C. Z.; BRANCO, L. H. Z. Stream macroalgal flora from the northwest region of São Paulo State, southeastern Brazil. **Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes**, v. 84, p. 91–112, 1997.
- NECCHI JR, O. (ED.). **River Algae**. Cham: Springer International Publishing, 2016.

- NECCHI JÚNIOR, O.; BRANCO, L. H. Z.; SPEZAMIGLIO, D. N. Distribuição ecológica de comunidades de macroalgas de ambientes lóticos do Parque Nacional de Itatiaia (RJ, MG), Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, 2008.
- NECCHI, O.; BRANCO, C. C. Z.; SIMÃO, R. C. G.; BRANCO, L. H. Z. Distribution of stream macroalgae in the northwest region of São Paulo State, southeastern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 299, n. 3, p. 219–230, 1995.
- PASSY, S. I. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 2, p. 171–178, 2007.
- PEREIRA, M. C. B.; SCROCCARO, J. L. **BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ**. 2. ed. Curitiba: Secretaria do Meio Ambiente, 2013.
- PERES, C. K.; BRANCO, C. C. Z.; KRUPPEK, R. A. Macroalgas de riachos da Serra da Prata, leste do Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 2, p. 333–344, 2008.
- POFF, N. L. Landscape Filters and Species Traits: Towards Mechanistic Understanding and Prediction in Stream Ecology. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n. 2, p. 391–409, 1997.
- POULSEN, N.; DAVUTOGLU, M. G.; ZACKOVA SUCHANOVA, J. Diatom Adhesion and Motility. Em: FALCIATORE, A.; MOCK, T. (Eds.). **The Molecular Life of Diatoms**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 367–393.
- PRASERTSIN, T.; SUK-UENG, K.; PHINYO, K.; YANA, E. The diversity and abundance of phytoplankton and benthic diatoms in varying environmental conditions in Kok River, Chiang Rai, Thailand as bio-indicators of water quality. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 22, n. 4, 2021.
- REID, A. J.; CARLSON, A. K.; CREED, I. F.; ELIASON, E. J.; GELL, Peter A.; JOHNSON, Pieter T. J.; KIDD, Karen A.; MACCORMACK, Tyson J.; OLDEN, Julian D.; ORMEROD, Steve J. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. **Biological Reviews**, v. 94, n. 3, p. 849–873, 2019.
- ROCHA, A. S. DA; BADE, M. R. **Geografia da bacia hidrográfica do Paraná 3: fragilidades e potencialidades socioambientais**. Jundiaí: Ed. In House, 2018.312p.
- ROSOWSKI, J. R. Valve and band morphology of some freshwater diatoms. II. Integration of valves and bands in *Navicula confervacea* var. *confervacea*. **Journal of Phycology**, v. 16, n. 1, p. 88–101, 1980.
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms: biology & morphology of the genera**. Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press, 1990.
- SAHOO, D.; SECKBACH, J. (EDS.). **The Algae World**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. v. 26

- SHEATH, R. G.; MORISON, M. O.; KORCH, J. E.; KACZMARCZYK, Donald; COLE, Kathleen M. Distribution of stream macroalgae in south-central Alaska. **Hydrobiologia**, v. 135, n. 3, p. 259–269, 1986.
- SHEATH, R. G.; BURKHOLDER, J. M. Characteristics of softwater streams in Rhode Island II. Composition and seasonal dynamics of macroalgal communities. **Hydrobiologia**, v. 128, n. 2, p. 109–118, 1985.
- SHEATH, R. G.; COLE, K. M. BIOGEOGRAPHY OF STREAM MACROALGAE IN NORTH AMERICA. **Journal of Phycology**, v. 28, n. 4, p. 448–460, 1992.
- SHI YING. Effect of environmental factors on distribution of stream macroalgae in Niangziguan Spring in Shanxi Province, North China. **African Journal Of Biotechnology**, v. 11, n. 18, 2012.
- SILVA-LEHMKUHL, A. M. DA et al. Periphytic diatoms from an oligotrophic lentic system, Piraquara I reservoir, Paraná state, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, p. e20180568, 2019.
- SIMS, P. A.; MANN, D. G.; MEDLIN, L. K. Evolution of the diatoms: insights from fossil, biological and molecular data. **Phycologia**, v. 45, n. 4, p. 361–402, 2006.
- STOCK, W.; PINSEEL, E.; DECKER, S. de; SEFBOM, J.; BLOMMAERT, L.; CHEPURNOVA, O.; SABBE, K.; VYVERMAN, W. Expanding the toolbox for cryopreservation of marine and freshwater diatoms. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 4279, 2018.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913, 1957.
- STUCK, M. S.; WARD, A. K. BLUE-GREEN ALGAL MATS IN A SMALL STREAM. **Journal of Phycology**, v. 27, n. 6, p. 692–698, 1991.
- TAYLOR, B. W.; BOTHWELL, M. L. The Origin of Invasive Microorganisms Matters for Science, Policy, and Management: The Case of *Didymosphenia geminata*. **BioScience**, v. 64, n. 6, p. 531–538, 2014.
- TONETTO, A. F.; AURICCHIO, M. R.; PEZZATTO, L. C.; PERES, C. K. Macroalgas de riachos na Serra do Japi, sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 45, p. 616–628, 2018.
- TORGAN, L. C.; SANTOS, C. B. DOS. *Diadesmis confervacea* (Diadesmiaceae-Bacillariophyta): morfologia externa, distribuição e aspectos ecológicos. **Iheringia, Série Botânica**, v. 63, n. 1, p. 171–176, 2008.
- TUJI, A. Observation of developmental processes in loosely attached diatom (Bacillariophyceae) communities. **Phycological Research**, v. 48, n. 2, p. 75–84, 2000.
- TUNDISI, J. G.; SHAHASKRABA, M. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: Brazilian Academy of Sciences International Institut of Ecology and Backhuuis Publishers, 1999. 585p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UNIOESTE; ITAIPU; ÁGUAS PARANÁ. **PLANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANÁ 3**. Cascavel: UNIOESTE, 2014.

VÁRI, Á.; PODSCHUN, S. A.; ERŐS, T.; HEIN, T.; PATAKI, B.; IOJă, I.; ADAMESCU, C. M.; GERHARDT, A.; GRUBER, T.; DEDIĆ, A. Freshwater systems and ecosystem services: Challenges and chances for cross-fertilization of disciplines. **Ambio**, v. 51, n. 1, p. 135–151, 2022.

VIS, M. L.; SHEATH, R. G.; HAMBROOK, J. A.; COLE, K. M. Stream Macroalgae of the Hawaiian Islands: A Preliminary Study. **Pacific Science**, v. 48, n. 2, p. 175–187, 1994.

WEHR, J. D.; SHEATH, R. G.; KOCIOLEK, J. P. (EDS.). **Freshwater algae of North America: ecology and classification**. Second edition ed. Amsterdam; Boston: Elsevier/AP, Academic Press is an imprint of Elsevier, 2015.

YANG, L.; YU, P.; YOU, Q.; LI, G.; WANG, Q. Morphological and phylogenetic analysis of a new *Melosira* species and revision of freshwater *Melosira* in China. **Journal of Oceanology and Limnology**, v. 40, n. 2, p. 712–728, 2022.

YOOL, A.; TYRRELL, T. Role of diatoms in regulating the ocean's silicon cycle. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 17, n. 4, p. 14-21, 2003.