

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

GABRIELA MEDEIROS

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E FATORES ESPACIAIS NA
ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS AO LONGO
DE UM AMBIENTE LÓTICO SUBTROPICAL

CASCABEL-PR

Fevereiro/2018

GABRIELA MEDEIROS

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E FATORES ESPACIAIS NA
ESTRUTURAÇÃO DA COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS AO
LONGO DE UM AMBIENTE LÓTICO SUBTROPICAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais

Orientador: Dra. Norma Catarina Bueno

Co-orientadora: Dra. Thelma Alvim Veiga Ludwig

CASCADEL-PR

Fevereiro/2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Medeiros, Gabriela

Influência das variáveis ambientais e fatores espaciais na estruturação da comunidade de diatomáceas perifíticas ao longo de um ambiente lótico subtropical. / Gabriela Medeiros; orientador(a), Norma Catarina Bueno; coorientador(a), Thelma Alvim Veiga Ludwig, 2018.
57 f.

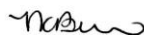
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, 2018.

1. Bacillariophyceae. 2. distância geográfica. 3. PCNM. 4. estrutura espacial. I. Bueno, Norma Catarina. II. Ludwig, Thelma Alvim Veiga. III. Título.

GABRIELA MEDEIROS

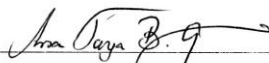
Influência Das Variáveis Ambientais E Fatores Espaciais Na Estruturação Da Comunidade De Diatomáceas Perifíticas Em Ambientes Lóticos Subtropicais.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, área de concentração Ciências Ambientais, linha de pesquisa Biologia Comparada e Indicadores de Qualidade No Ambiente Aquático, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Norma Catarina Bueno

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Ana Tereza Bittercourt Guimarães

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Elaine Cristina Rodrigues Bartozek

Instituto de Botânica do Estado de São Paulo (NPE)

Aprovada em 22 de fevereiro de 2018.

Local da defesa: Unioeste, Prédio CCBS, sala 05, Laboratório de Botânica
Cascavel-PR.

DEDICATÓRIA

Toda a minha dedicação e esforço para desenvolver esse trabalho ofereço à pessoa que mais me incentivou, sonhou com essa conquista, me ensinou a lutar pelos meus princípios e sonhos, me ouviu, amparou e apoiou em todos os momentos e decisões da minha vida. E apesar de não estar em corpo presente, sei que ainda zela e torce por mim, comemorando de onde estiver cada pequena vitória do meu dia a dia.

Pai, obrigada por tudo.

Dedico a você o meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir que eu chegasse até aqui, sempre me dando força, paciência e sabedoria para sempre seguir em frente apesar de todas as dificuldades ao longo do caminho.

Ao programa de pós-graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais/Unioeste, Coordenador, professores, e todos os funcionários envolvidos, que pelos auxílios e ensinamentos ao longo do curso de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos laboratórios envolvidos na pesquisa: Laboratório de Ficologia - Unioeste, Laboratório de Ficologia – UFPR, Laboratório de Limnologia Gerpel, Laboratório de Investigações Biológicas – LinBio, pelo apoio nas análises taxonômicas, físicas e químicas e estatísticas.

As minhas orientadoras Dr. Norma Catarina Bueno e Dr. Thelma Alvim Veiga Ludwig, pela paciência, confiança, conselhos, incentivos e apoio nos momentos difíceis ao longo do mestrado.

Aos professores Ana Tereza Bittencourt Guimarães, André Andrian Padial e Luciano Wolff, e a Doutoranda Margaret Seghetto Nardelli, pela disponibilidade em me atender e auxiliar com minhas dúvidas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

A todos os meus colegas do mestrado, pelos momentos de descontração compartilhados, em especial Guilherme, Marilía e Douglas, que nos apertos das disciplinas da pós-graduação acabaram se tornando grandes parceiros e amigos que acredito levar pra vida.

Aos amigos da Ficologia - Unioeste, em especial Mailor e Ivone, e da Ficologia – UFPR Paula e Eduardo. Muito obrigada pelos momentos especiais que passei ao lado de vocês, pela ajuda nas coletas, oxidação, MEV, identificação e pelas risadas na hora do café.

As minhas professoras da graduação, Dr. Débora Cristina de Souza e Dr. Josimeire Aparecida Leandrini, pelo apoio incentivo em eu cursar o mestrado, a disponibilidade em me auxiliar com dúvidas sempre que precisei e pelo carinho e amizade de sempre. E ao laboratório C101 -

UTFPR, meu primeiro grupo de pesquisa com o qual aprendi muito, vocês são sensacionais. Muito obrigada!

A minha família, pelo apoio incentivo. Aos meus pais, por ficarem ao meu lado e sempre, acreditarem nos meus sonhos e ambições, e compreenderem minha ausência. A minha irmã e meu bebê, Dudinha, por ser minha maior fonte de força e fazer com que eu queira lutar sempre mais. E ao meu irmão, que apesar de tudo, sempre me dá palavras de incentivo e amor. Amo muito minha família, e por mais que exista desentendimentos, só tenho a agradecer a todos por tanto amor, apoio, carinho e pelos momentos alegres e renovadores.

Aos amigos, família que a vida nos permite escolher, que me apoiaram muito e tornaram esse período mais leve. Meu muito obrigada por cada momento de apoio de todos vocês.

Ao meu amigo de apartamento e agregados, minhas “crianças”, Guilherme, Matheus, Ricardo e Augusto, que brigo tanto, mas que amo muito. E minha amiga Érica, que nem sei dizer se é amiga ou um anjo que Deus colocou em minha vida, por tanto apoio ao longo desses dois anos.

Enfim, a todos os envolvidos que fizeram parte dessa jornada diretamente ou indiretamente, meu muito obrigada. Só tenho a agradecer a Deus e a vocês por tudo. Valeu a pena cada dia de angústia, de cansaço, de exaustão, todos os passos pelo caminho traçado e cada momento vivido.

Artigo segundo as normas da revista Limnologica
<https://www.journals.elsevier.com/limnologica/0075-9511?generatepdf=true>

SUMÁRIO

Resumo	12
Abstract	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.2. Delineamento amostral.....	16
2.3. Amostragem em campo	18
2.4. Variáveis ambientais.....	19
2.5. Variáveis resposta	19
2.6. Análise dos dados	20
3. RESULTADOS	22
4. DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICES	42
<i>Apêndice 1: espécies de diatomáceas registradas nas amostras do rio Cascavel, PR. ..</i>	<i>42</i>
ANEXOS	43
<i>ANEXO 1: normas da revista Limnologica</i>	<i>43</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização das três estações de amostragem ao longo do rio Cascavel, município de Cascavel, PR, Brasil. 17

Figura 2: Esquema da delimitação dos transectos para coletas em cada estação de amostragem avaliada na microbacia do rio Cascavel município de Cascavel, PR, Brasil. T: Transecto, ME: Margem esquerda do rio, MD: Margem direita do rio. 17

Figura 3: Riqueza de espécies por gênero presente nas estações de amostragem do rio Cascavel. (E: Estação de Amostragem)..... 23

Figura 4: Análise dos componentes principais para os dados físico, químicos e biológicos analisados nas três estações de amostragem do rio Cascavel, PR-Brasil. Legenda: Temp: temperatura, Ce: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, Turb: turbidez, Vaz: vazão, DQO: demanda química de oxigênio, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, NT: nitrogênio Kjeldahl total, NO₃: nitrato, NH₄: amônio, PT: fósforo dissolvido total, P04-: ortofosfato, CLa: clorofila a, ST: sólidos totais, SD: sólidos dissolvidos, SS: sólidos suspensos, CT: coliformes totais e Ec: *Escherichia coli*. 29

Figura 5: Diagrama da Análise de Redundância Destendenciada (RDA) realizada com a matriz de abundância das espécies a matriz de variáveis mensuradas, selecionadas pelo método *forward selection*. (Ce: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, Vaz: vazão, NO₃: nitrato, NH₄: amônio, CT: coliformes totais). 30

Figura 6: (a) Partição da variação das comunidades de diatomáceas entre variáveis mensuradas no ambiente selecionadas pelo método *forward selection*. (X1) e espaciais (X2) para abundância de espécies entre os transectos das estações de amostragens. Res=resíduos. (b) Diagrama da Análise de Redundância Destendenciada parcial (RDA) resultante da partição, realizada com a matriz de abundância das espécies a matriz de variáveis mensuradas, selecionadas pelo método *forward selection* (Ce: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, Vaz: vazão, NO₃: nitrato, NH₄: amônio, CT: coliformes totais). 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Localização geográfica dos transectos nas estações de amostragem (E: Estação, T: transecto). 18

Tabela 2: Listagem de espécies determinadas em amostras do rio Cascavel com abundância relativa maior ou iguais à 2%, dados merísticos e morfométricos, ocorrência nas estações de amostragem, indicação da ilustração no apêndice 1 e obras consultadas para identificação. d: diâmetro; c: comprimento; l: largura; e: estrias em 10µm; a: aréolas em 10µm; f: fíbulas em 10µm; am: altura do manto; lm: largura do manto 24

Tabela 3: Mínimo, máximo, valores médios e coeficientes de variação da densidade de valvas de diatomáceas por cm², e riqueza de espécies nas estações de amostragem do rio Cascavel (n = 10). (E: Estação de Amostragem, CV: Coeficiente de variação). 27

Tabela 4: Mínimo, máximo, valores médios e coeficientes de variação das variáveis ambientais mensuradas nas estações de amostragem do rio Cascavel (n = 5). (E: Estação de Amostragem, CV: Coeficiente de variação). 28

Influência das variáveis ambientais e fatores espaciais na estruturação da comunidade de diatomáceas perifíticas ao longo de um ambiente lótico subtropical.

Gabriela Medeiros^{*a}, André Andrian Padial^b, Mailor Wellinton Wedig Amaral^c, Thelma Alvim Veiga Ludwig^d, Norma Catarina Bueno^e

^{*ace}Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Biológicas e Saúde, Rua Universitária, 2019, Jardim Universitário, 85819110, Cascavel, Paraná, Brasil

^{bd}Universidade Federal do Paraná, UFPR, Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, C. Postal 19031, CEP 81531-990, Curitiba, PR, Brasil

Resumo - Diatomáceas são comumente utilizadas como bioindicadores da qualidade da água, uma vez que sua ocorrência possui intrínseca relação com as condições ambientais. O rio Cascavel (24°57'21" S e 53°27'19" W) tem grande parte de suas nascentes dentro do perímetro urbano. Assim, avaliamos a resposta da comunidade de diatomáceas em relação às alterações ambientais com o objetivo de caracterizar e comparar três ambientes lóticos com características físicas e de paisagem distintas, ao longo da microbacia rio Cascavel. Em junho de 2016, foram coletados 10 substratos para extração do perifíton em locais com diferentes usos e ocupação do solo (unidade de conservação, urbano e agrícolas respectivamente). Foram encontrados 109 taxa infragênicos, e 30 gêneros. *Eunotia* e *Gomphonema* apresentam riqueza elevada e representativa em todas as estações, com um total de 14 e 11 taxa respectivamente. *Pinnularia* e *Navicula* (12 e 8 taxa respectivamente) foram significativamente indicadores do ponto mais a montante; enquanto *Encyonema*, *Achnantheidium* e *Navicula* (5, 5 e 6 táxons respectivamente) ocorrem principalmente em pontos a jusante. As estações de amostragem foram significativamente distintas quanto a densidade, riqueza de espécies e características físicas, químicas e biológicas. O teste de PERMANOVA mostrou diferença significativa entre as estações com base na matriz de abundância das espécies ($F = 5.04$, $R^2 = 0.15$, $p = 0.001$), evidenciando a diferença entre as comunidades das estações de amostragem. Os pontos a montante dentro da unidade de conservação foram os com maior densidade de espécies de *Eunotia*, as quais que possuem preferência por baixas concentrações de nitrogênio total e condutividade elétrica, refletindo um ambiente mais preservado. Os pontos em área urbanizada caracterizaram-se por alta disponibilidade de luz associada à elevada condutividade elétrica e à alta concentração de nitrato favorecendo, portanto, o desenvolvimento de espécies cosmopolitas tais como *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema exilissimum* e *Fragilaria gracilis*. Pontos em área agrícola exibiram vazão elevada, fator limitante para a dispersão das espécies, e favoreceram o desenvolvimento de espécies dos gêneros *Achnantheidium* e *Fragilaria*. As variáveis relacionadas com a distribuição da comunidade ao longo da microbacia foram vazão, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, nitrato, amônio e coliformes totais, distinguindo os ambientes. Exceto pela autocorrelação espacial, não houve uma explicação única de filtragem ambiental para a variação da comunidade de diatomáceas. As variáveis abióticas diferenciaram o ambiente em conjunto com a variação espacial, uma vez que ao longo do rio, características físicas como profundidade, volume de água, vazão, incidência solar, concentração de sólidos e temperatura alteram-se, interferindo diretamente na produção primária da comunidade perifítica.

Palavras-chave: Bacillariophyceae, distância geográfica, PCNM, estrutura espacial, espécies indicadoras.

Influence of Environmental Variables and Spatial Factors on the Periphytic Diatom Community across a Subtropical Lotic Environment

Abstract: Diatoms are commonly used as bioindicators for water quality as they possess an intrinsic relationship with environmental conditions. The Cascavel River (24°57'21" S, 53°27'19" W) has headwaters primarily within an urban perimeter. Therefore, we evaluated the response of its diatom community relative to environmental changes with the aim of characterizing and comparing three lotic environments across the Cascavel microbasin from distinct landscapes and with distinct physical characteristics. In June of 2016, 10 substrates were collected for periphyton extraction in locations with different uses and soil purposes (conservation, urban, and agriculture respectively). One-hundred and nine intragenic taxa and 30 genera were found. *Eunotia* and *Gomphonema* presented elevated and representative richness at all stations, with totals of 14 and 11 respectively. *Pinnularia* and *Navicula* (12 and 8 taxa respectively) were significant indicator at the more upstream points; while *Encyonema*, *Achnantheidium* and *Navicula* (5, 5, and 6 taxa respectively) occurred primarily downstream. The sampling stations were quite distinct in their density, species richness, and physical, chemical, and biological characteristics. The PERMANOVA test showed a significant difference between the stations based on the species abundance matrix ($F = 5.04$, $R^2 = 0.15$, $p = 0.001$), revealing the differences between the sampling stations' communities. Upstream points within the conservation area possessed greater *Eunotia* density, which prefers low total nitrogen concentrations and electrical conductivity, which in turn reflects a well-preserved environment. The points in the urbanized area were characterized by high light availability associated with elevated electrical conductivity and high nitrate concentration favoring, thus, the development of cosmopolitan species such as *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema exilissimum*, and *Fragilaria gracillis*. The agricultural points exhibited elevated flow, a factor limiting the dispersion of species and favoring the development of species from the genera *Achnantheidium* and *Fragilaria*. The variables related to the distribution of the community across the microbasin were flow, dissolved oxygen, electrical conductivity, nitrate, ammonia, and total coliforms, all of which distinguished the environments. Except for spatial self-correlation, there wasn't a single environmental filtering explanation for the diatom community variation. The abiotic variables differentiated the environment in conjunction with the spatial variation, as along the river, physical characteristics such as depth, water volume, flow, solar incidence, concentration of solids, and temperature varied, directly interfering with the periphytic community's primary production.

Keywords: Bacillariophyceae, geographic distance, PCNM, spatial structure, indicator species

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas lóticos sofrem diversas alterações desde a cabeceira até o seu desaguadouro (Vannote et al., 1980) tais como velocidade da água, profundidade e disponibilidade de luz (Wetzel, 2001). Consequentemente, pode ocorrer o aumento do leito do rio, o favorecimento da incidência solar sobre os substratos, a elevação da temperatura e a maior ocorrência de algas perifíticas e outros produtores primários (Huston, 1999; Vannote et al., 1980).

Estudos de diversidade em ambientes lóticos, com distintos impactos antropogênicos ao longo de seu curso, podem elucidar com base na teria do rio contínuo, como as alterações naturalmente esperadas podem ser influenciadas por impactos. Variações simultâneas de fatores como as concentrações de nutrientes indicam que as mudanças na composição da paisagem provocam um impacto potencial na biogeoquímica das águas (Krusche et al., 2005). Dentre as comunidades perifíticas utilizadas com essa finalidade, as diatomáceas (Bacillariophyta) constituem parcela expressiva, possuindo adaptações que favorecem a fixação no substrato (Wehr & Sheath, 2003). Diversos efeitos negativos nos ecossistemas aquáticos devido ao enriquecimento acelerado de nutrientes proveniente da urbanização ou de grandes áreas agrícolas podem ser refletidos na distribuição das diatomáceas (Davidson & Jeppesen, 2013; Jeppesen et al., 2000).

A estrutura espacial das comunidades recentemente recebeu atenção nos estudos ecológicos, porém, apesar de ser um elemento importante, a literatura não possui uma investigação aprofundada sobre o tema (Soininen, 2016). A distribuição das comunidades de diatomáceas pode ser dependente de fatores espaciais relacionados com a dispersão (Heino e Soininen, 2010), dessa forma, torna-se de grande importância a compreensão dos padrões espaciais e dos seus principais fatores relacionados.

Estudos que envolvem a ecologia das diatomáceas em ambientes lóticos, incluindo os fatores controladores da sua distribuição, são comumente realizados em regiões temperadas, como por exemplo na China (Liu et al., 2016) e na Finlândia (Virtanen & Soininen, 2012; Soininen & Weckström, 2009).

No Brasil podemos citar alguns estudos que avaliaram fatores controladores da composição, distribuição e abundância de diatomáceas. Raupp et al. (2009) analisaram a variação da comunidade de diatomáceas fitoplanctônicas em relação ao pulso de inundação, no lago Cutiaú, Manaus, em ambientes de planícies de inundação. Wetzel et al. (2012) na mesma bacia hidrográfica (rio Negro, bacia Amazônica), avaliaram a mudança da

comunidade em relação à distância geográfica comparando as relações de decaimento da distância entre os táxons com requisitos ecológicos semelhantes, mas com diferentes formas de crescimento. Burliga et al. (2014), no rio Ijaí (sul do Brasil), avaliaram a altitude como diretor de dispersão da comunidade de diatomáceas perifíticas. Zorzal-Almeida et al. (2017) avaliaram os principais fatores que controlam a biodiversidade e a distribuição das diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas conectadas em diferentes estados tróficos, com ênfase na bacia do rio Piracicaba e Sistema Canteira.

Estudos em ambientes lóticos subtropicais incluindo os fatores controladores da distribuição de diatomáceas ainda são incipientes. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar e comparar três ambientes lóticos com características físicas e de paisagem distintas ao longo da microbacia rio Cascavel, através do levantamento da diatomoflórula perifítica e da caracterização ambiental. As seguintes hipóteses foram testadas: a) a composição da assembleia de diatomáceas perifíticas responde aos efeitos da paisagem; b) as alterações físicas, químicas e biológicas da água do rio, causadas pelos efeitos urbanos, selecionam as espécies ocorrentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Cascavel (24°57'21" S e 53°27'19" W) localiza-se na região oeste do estado do Paraná, região subtropical, com temperatura média anual de 21°C (Alvares et al., 2013). O rio Cascavel (24° 32' e 25° 17' S e 53° 05' e 53° 50' W) tem grande parte de suas nascentes dentro do perímetro urbano, e o canal do rio principal apresenta em seu desenvolvimento uma extensão aproximada de 17,5 Km (Prefeitura Municipal de Cascavel, 1995).

2.2. Delineamento amostral

As coletas do material biológico foram realizadas em junho de 2016. O período amostrado apresentou temperatura média mínima de 9°C e máxima de 19°C e precipitação média de 1.67 mm. Nos 15 dias anteriores a coleta não houve precipitação, a umidade do ar média foi de 79.14%, a velocidade média do vento foi de 3.47m/s e a direção média do vento foi de 79.94° (dados fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR). Tal período de amostragem foi escolhido pela baixa precipitação, época mais eficiente para avaliar as estações de amostragem sem interferência de poluições não pontuais. Foram selecionadas três estações de amostragem ao longo da microbacia do rio Cascavel (Figura 1), sendo elas:

- Estação 1: localizada em uma unidade de conservação dentro da área urbana, limite de uma área de proteção ambiental com o parque ecológico Paulo Gorski. Trecho com características de riacho (presença de muitos seixos e profundidade reduzida). Profundidade média 0.06 m, largura média 3.6 m e vazão média de 0.12 m³s.
- Estação 2: localizada na área urbana, sem vegetação ciliar, trecho do rio com características semi-lóticas. Profundidade média 0.21 m, largura média 3.73 m e vazão média de 0.50 m³s.
- Estação 3: localizada na área rural, com vegetação ciliar, trecho do rio com características semi-lóticas. Profundidade média 0.17 m, largura média 5.88 m e vazão média de 0.64 m³s.

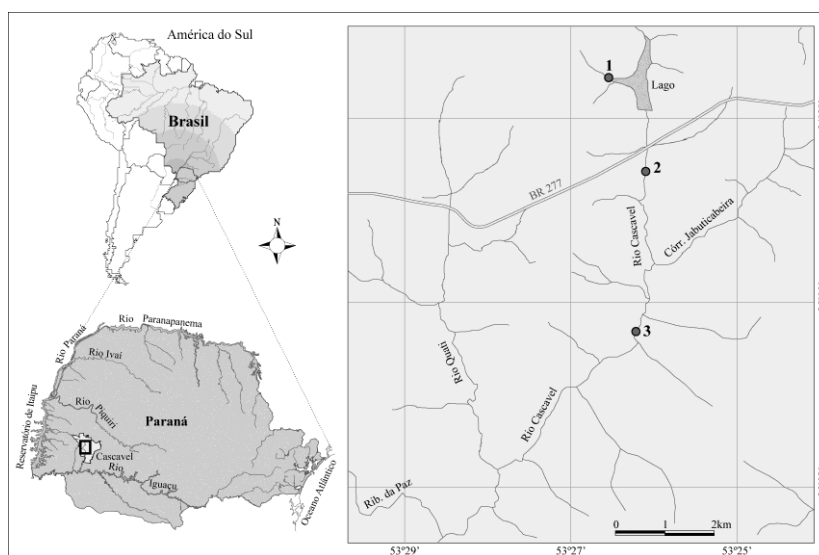


Figura 1: Localização das três estações de amostragem ao longo do rio Cascavel, município de Cascavel, PR, Brasil.

No intuito de abranger da melhor forma possível cada estação de amostragem, com um número de réplicas satisfatório, foram delimitados 5 transectos separados entre si por 3 metros de distância, sendo assim caracterizados como réplicas, totalizando 12 metros de comprimento entre o primeiro e o último transecto (Figura 2). Os dados físicos, químicos e biológicos foram avaliados no centro de cada transecto, totalizando 5 análises para cada ponto. Foram realizadas as amostragens de água, da comunidade biótica e de substratos perifíticos em todos os transectos.

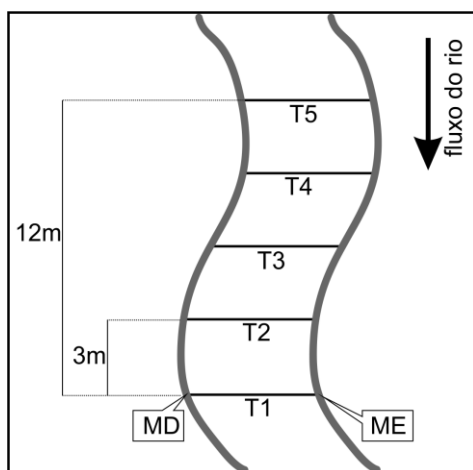


Figura 2: Esquema da delimitação dos transectos para coletas em cada estação de amostragem avaliada na microbacia do rio Cascavel município de Cascavel, PR, Brasil. T: Transecto, ME: Margem esquerda do rio, MD: Margem direita do rio.

Para avaliação da comunidade de diatomáceas perifíticas, coletou-se em todos os transectos um substrato (seixos) próximo a cada extremidade (margens esquerda e direita do

rio), totalizando dez substratos por estação. Tal substrato (seixo) foi escolhido por ser o mais abundante e estar presente em todos os pontos de amostragem. Para cada transecto as coordenadas geográficas foram obtidas com auxílio de GPS (Tabela 1).

Tabela 1: Localização geográfica dos transectos nas estações de amostragem (E: Estação, T: transecto).

	Latitude	Longitude
E1T1	24°57'34.79"S	53°26'32.07"O
E1T2	24°57'34.75"S	53°26'32.17"O
E1T3	24°57'34.69"S	53°26'32.28"O
E1T4	24°57'34.64"S	53°26'32.35"O
E1T5	24°57'34.58"S	53°26'32.41"O
E2T1	24°58'35.81"S	53°26'6.85"O
E2T2	24°58'35.72"S	53°26'6.81"O
E2T3	24°58'35.60"S	53°26'6.77"O
E2T4	24°58'35.48"S	53°26'6.74"O
E2T5	24°58'35.37"S	53°26'6.74"O
E3T1	25° 0'13.36"S	53°26'19.12"O
E3T2	25° 0'13.33"S	53°26'18.98"O
E3T3	25° 0'13.28"S	53°26'18.84"O
E3T4	25° 0'13.19"S	53°26'18.71"O
E3T5	25° 0'13.13"S	53°26'18.56"O

2.3. Amostragem em campo

Para estimativa de abundância relativa dos taxa, foi realizado a raspagem dos seixos padronizada (área igual a 3 cm²) da face oposta à direção da corrente de cada substrato, com auxílio de escova. Também foi raspada toda a superfície restante do substrato de forma não padronizada para melhor amostragem de toda a comunidade perifítica. Sessenta amostras (30 abundâncias relativas e 30 não padronizadas) foram acondicionadas em frascos de 150 mL devidamente identificados. As amostras não padronizadas foram preservadas em solução Transeau na proporção de 1:1 e as amostras de abundância relativa em solução de Lugol acético a 1% (Tremarin & Ludwig, 2006). O material encontra-se depositado no Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNOP-Algae 1036–1074, 1222–1241 e 1361).

Para a identificação e contagem dos taxa, subamostras de 10 mL foram oxidadas segundo a técnica proposta por Simonsen (1974), modificada por Moreira-Filho & Valente Mreira (1981). As lâminas permanentes foram preparadas com volume conhecido (1,5 mL) utilizando resina Naphrax[®] (I.R.=1,74) como meio de inclusão. As observações e ilustrações dos espécimes foram realizadas utilizando microscópio óptico binocular Olympus BX60 com câmera de captura DP 71 acoplada. O enquadramento taxonômico seguiu Round (1990) e Cox (2015). As identificações das espécies foram baseadas em literatura especializada como Hustedt, (1930), Patrick & Reimer (1975), Krammer & Lange-Bertalot (1991, 1986),

Metzeltin & Lange-Bertalot (2002, 1998), Rumrich et al. (2000), Levkov et al. (2016), Costa et al. (2017) entre outras obras e periódicos.

2.4. Variáveis ambientais

Os dados referentes à amostragem das variáveis físicas e químicas como temperatura (Temp; °C), condutividade elétrica (Ce; mS/cm⁻¹), oxigênio dissolvido (OD; mg L⁻¹), pH e turbidez (Turb; NTU) foram mensurados *in situ* pela sonda multiparâmetro da marca HORIBA, modelo U-5000.

Análises de consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química (DQO; mg L⁻¹) e da matéria orgânica (DBO; mg L⁻¹), concentrações de nitrogênio Kjeldahl total (NT; mg L⁻¹), nitrato (NO₃; mg L⁻¹), amônio (NH₄; mg L⁻¹), fósforo dissolvido total (PT; mg L⁻¹), ortofosfato (PO₄; mg L⁻¹), clorofila a (CL_a; mg L⁻¹), sólidos totais (ST; mg L⁻¹), sólidos dissolvidos (SD; mg L⁻¹), sólidos suspensos (SS; mg L⁻¹), coliformes totais (CT; NMP/100 mL) e de *Escherichia coli* (Ec; NMP/100 mL) foram realizadas pelo laboratório de limnologia do GERPEL, Unioeste-Campus Toledo, de acordo com Standard Methods (APHA, 2012). As variáveis químicas foram mensuradas após a coleta do material por meio da imersão subsuperficial de frascos de polietileno, devidamente refrigeradas e mantidas no escuro até o seu destino.

Todas as análises foram realizadas para cada transecto delimitado conforme descrito no delineamento amostral.

2.5. Variáveis resposta

Os indivíduos foram identificados e contados até um mínimo de 600 valvas, conforme recomendações de Kobayasi & Mayama (1982), e eficiência de 95% (Pappas & Stoermer, 1996). Contaram-se valvas e não frústulas das diatomáceas, pois o processo de oxidação tende a separá-las (Moro & Bicudo, 2002), incluindo a contagem de valvas quebradas com dimensões superiores a 50% de seu tamanho original e valvas em vista pleural desde que possíveis de identificação.

Para a contagem em microscópio óptico, utilizou-se uma adequação matemática entre duas fórmulas que visam cálculo de densidade, Battarbee (1986) e Lobo et al. (1995), a fim de calcular as densidades por cm², optando-se por contagem por área do campo, de acordo com a equação 1.

$$D = N_v * (A_l / (N_c * A_c)) * (V_a / V_s) * (V_f / V_o) * (1 / A_r)$$

Equação 1: fórmula utilizada para calcular densidade de valvas por cm² onde: N_v = número de valvas contadas; A_l = área da lamínula (cm²); N_c = número de campos contados; A_c = área do campo (cm²); V_a = volume da amostra utilizado para a raspagem do substrato (mL); V_s = volume da subamostra após oxidação e diluição (mL); V_o = volume utilizado para cobrir a lamínula (mL); V_f = volume final após a oxidação (mL); A_r = área do substrato (cm²).

As espécies abundantes e dominantes foram determinadas segundo os critérios de Lobo & Leighton (1986), que considera a espécie dominante quando sua densidade for superior a 50% da densidade total da amostra e espécie abundante, quando supera a densidade média da amostra.

2.6. Análise dos dados

Considerando os distintos pontos de coleta e a forte influência sobre a comunidade de diatomáceas perifíticas, todas as variáveis bióticas e abióticas foram previamente analisadas por meio de estatísticas descritivas (média e coeficiente de variação) de acordo com a sua natureza. Para comparar eventuais diferenças estatísticas na abundância relativa e na riqueza observada de espécies entre as estações, foi usada a análise de variância de um critério (one-way ANOVA), e quando significativa, com teste *a posteriori* de Tukey.

A variação espacial entre os fatores ambientais e as comunidades de diatomáceas perifíticas foi verificada através de uma análise de variância permutacional não paramétrica (PERMANOVA), aplicada à matriz de similaridade de Bray-Curtis com 9999 permutações.

As variáveis ambientais foram submetidas à Análise dos Componentes Principais (ACP) com objetivo de caracterizar as estações identificando as variáveis com maior poder de diferenciá-las (Wiegand, 1980).

Na identificação das variáveis que mais se relacionam com a composição de espécies, utilizou-se a metodologia de *forward selection*. Com isso, para analisar quais variáveis selecionadas influenciam a composição de espécies das estações de amostragem foi aplicada uma Análise de Redundância - RDA (Borcard & Legendre, 2002; Rao, 1964).

Para a fração espacial, as coordenadas geográficas (em graus decimais) das estações de amostragem foram transformadas em uma matriz de distância euclidiana, que foi submetida a uma Análise de Coordenadas Principais de Matrizes Vizinhas (PCNM) para geração de filtros espaciais (Borcard & Legendre, 2002). O valor de truncamento utilizado foi a distância geográfica máxima, o que permite que todas as comunidades estejam ligadas na matriz de conectividade (Borcard & Legendre, 2002). As coordenadas principais geradas também foram selecionadas pelo método *forward selection*, a fim de destacar as que se

relacionam melhor com a composição de espécies. Por fim as coordenadas principais selecionadas, derivadas dos autovalores positivos, foram utilizadas como variáveis exploratórias na RDA parcial (Borcard & Legendre, 2002).

Os dados bióticos de abundância passaram pela transformação de *Hellinger* e as variáveis ambientais foram padronizadas de modo que apresentem o mesmo peso nas análises (Borcard et al., 2011). Todas as análises foram realizadas por meio da linguagem e ambiente para estatística computacional R (R CORE TEAM, 2014), junto com o pacote *vegan* (Oksanen et al., 2015).

3.RESULTADOS

Foram encontrados 109 taxa distribuídos em 31 gêneros. *Eunotia* e *Gomphonema* apresentaram maior riqueza para todas as estações, com um total de 14 e 11 taxa, respectivamente. Além desses, na estação 1, os gêneros *Pinnularia* e *Navicula* apresentaram riqueza significativa (12 e 8 táxons respectivamente) e na estação 3, *Encyonema*, *Achnantheidium* e *Navicula* (5, 5 e 6 táxons respectivamente), conforme ilustrado na figura 3.

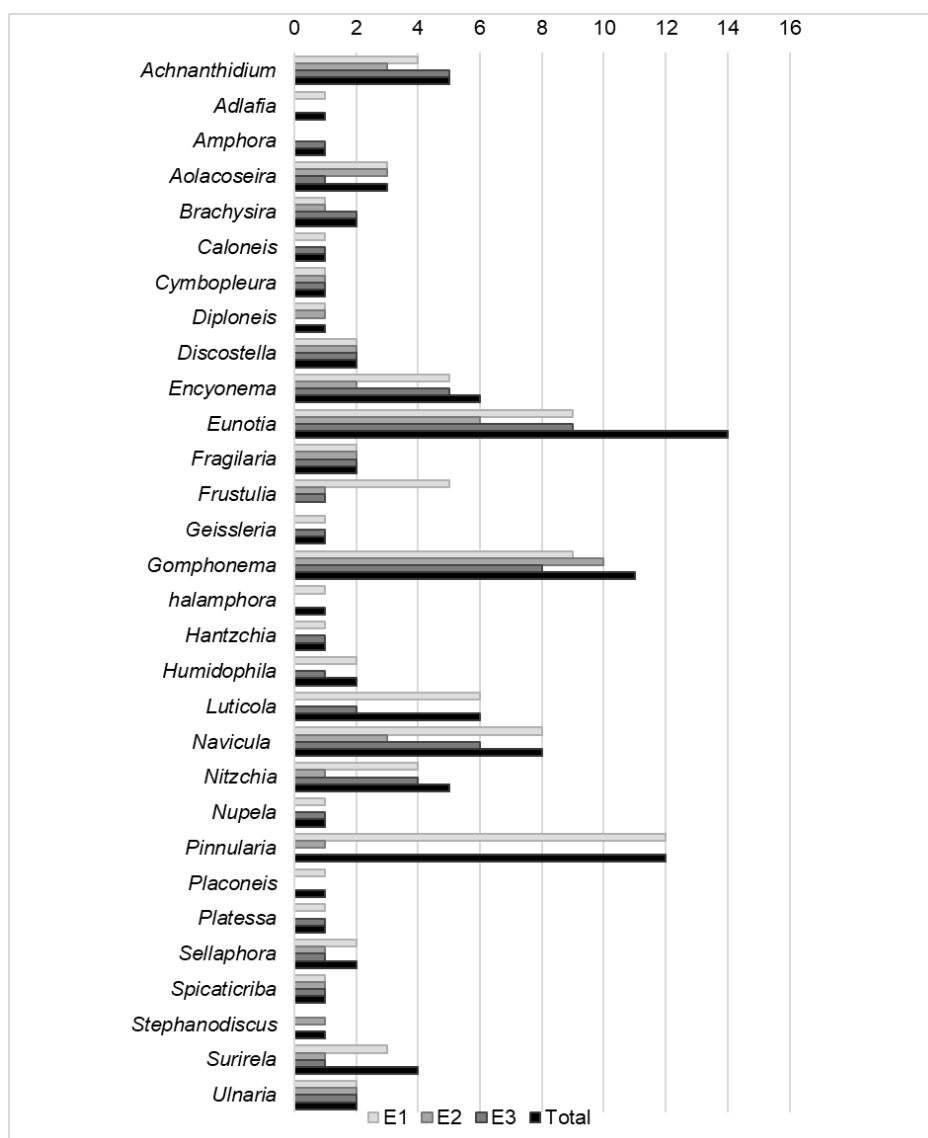


Figura 3: Riqueza de espécies por gênero presente nas estações de amostragem do rio Cascavel. (E: Estação de Amostragem).

Dentre os taxa registrados na contagem, 58 ocorreram com abundância relativa maior ou igual à 2% (Tabela 2), *Gomphonema lagenula* Kützing foi o único táxon dominante, em 20% das amostras da Estação 2. O teste de PERMANOVA mostrou diferença significativa entre as estações com base na matriz de abundância das espécies ($F = 5.04$, $R^2 = 0.15$, $p = 0.001$), evidenciando assim a diferença entre as comunidades das estações de amostragem.

Tabela 2: Listagem de espécies determinadas em amostras do rio Cascavel com abundância relativa maior ou iguais à 2%, dados merísticos e morfométricos, ocorrência nas estações de amostragem, indicação da ilustração no apêndice 1 e obras consultadas para identificação. d: diâmetro; c: comprimento; l: largura; e: estrias em 10µm; a: aréolas em 10µm; f: fíbulas em 10µm; am: altura do manto; lm: largura do manto

Espécies	dimensões (µm) e estrias	Dados ecológicos	Ocorrência	Obras consultadas	Figuras (Apêndice 1)
AULACOSEIRACEAE					
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	d: 6,4–8,6; am: 4,5–9; e: 14–19; a: 12–17	Oligo a eutrófico ¹ Mesotrófico a super-eutrófico ³	E1, E2 e E3	Tremarin et al. (2013)	1–3
<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Müller) Simonsen	am: 9,7–16; lm: 2,7–3,3; e: 14–19; a: 14–19	Eutrófico ^{3,12}	E1 e E2	Krammer & Lange-Bertalot (1991)	4–5
<i>A. pusilla</i> (Meister) Tuji & Houki	d: 4,5–6,2; am: 2,3–3,8; fa: 17–20	Oligo a eutrófico ³ Eutrófico ¹⁵ Oligotrófico ¹⁷	E1 e E2	Tuji & Houki (2004)	6–8
STEPHANODISCACEAE					
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	d: 7,6–13,2; e: 13	Mesotrófico a super-eutrófico ³ Mesotrófico ⁴ Oligo-mesotrófico ⁶	E1, E2 e E3	Houk & Klee (2004)	11–13
<i>Discostella</i> sp.	d: 7,6–13,8; e: 14–15	*	E1, E3 e E3	*	9–10
FRAGILARIACEAE					
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	c: 20,1–42,1; l: 2,5–2,7; e: 18–20	Oligo a mesotrófico ¹⁴	E1, E2 e E3	Lange-Bertalot & Ulrich (2014)	14–16
<i>F. pectinalis</i> (O.f.Müll.) Lyngbye	c: 25,9–31,1; l: 2,8–3,6; e: 15–16	Mesotrófico ⁴	E1, E3 e E3	Tuji & Williams (2008) Wetzel & Ector (2015) Patrick & Reimer (1966)	17–18
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	c: 82,9–183,8; l: 5–7,9; e: 8–10	Oligotrófico ² tolerante a indiferente ^{4,5}	E1, E2 e E3	Lange-Bertalot & Ulrich (2014)	19
EUNOTIACEAE					
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	c: 25,3–73,2; l: 2,9–3,9; e: 15–18	Mesotrófico ⁸	E1, E2 e E3	Lange-Bertalot et al. (2011) Costa et al. (2017)	20–22
<i>E. botulitropica</i> C.E.Wetzel & L.F.Costa	c: 11,2–23,4; l: 3,3–4; e: 14–17	Oligotrófico ^{8,20}	E1, E2 e E3	Costa et al. (2017)	23–25
<i>E. fallax</i> A. Cleve	c: 15,5–31,8; l: 2,4–2,7; e: 15–16	Oligo-mesotrófico ¹⁸	E1, E2 e E3	Lange-Bertalot et al. (2011) Metzeltin & Lange-Bertalot (1998)	29–30
<i>E. meridiana</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	c: 20–30,8; l: 4,5–6; e: 13–17	Mesotrófico ^{4,8}	E1 e E3	Costa et al. (2017)	26–28
<i>E. veneris</i> (Kützinger) De Toni	c: 23,3–46,6; l: 4,5–6,1; e: 15–17	Oligotrófico ⁸	E1, E2 e E3	Lange-Bertalot et al. (2011) Costa et al. (2017)	31–32
CYMBELLACEAE					

<i>Cymboplectra naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	c: 30,6–34,4; l: 8–9; e: 13–16	Tolerante ⁵	E1, E2 e E3	Krammer (1997)	33–34
<i>Encyonema angustecapitatum</i> Krammer	c: 19,6; l: 4,7; e: 13	*	E1	Rumrich et al. (2000) Vouilloud et al. (2010)	35
Espécies	dimensões (µm) e estrias	Dados ecológicos	Ocorrência	Obras consultadas	Figuras (Apêndice 1)
<i>E. neogracile</i> Krammer	c: 23,8–40,6; l: 5–6,9; e: 13–14	$\alpha - \beta$ mesotrófico ²	E1, E2 e E3	Krammer (1997) DE vol.4	36–38
<i>E. perpusillum</i> (Cleve-Euler) D.G.Mann	c: 16,1–21; l: 4,8–5,1; e: 10–11	$\alpha - \beta$ mesotrófico ²	E1 e E3	Krammer (1997) DE vol.4	41–42
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	c: 23,4–32; l: 7,3–8,3; e: 9–11	$\alpha - \beta$ mesotrófico ² Mesotrófico ⁴ Tolerante ⁵ a indiferente ¹	E1, E2 e E3	Krammer (1997) (Faustino)	39–40
GOMPHONEMATACEAE					
<i>Geissleria punctifera</i> (Hustedt) Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez	c: 15–26,2; l: 6,7–7; e: 16	$\alpha - \beta$ mesotrófico ²	E1 e E3	Metzeltin et al. (2005)	43–45
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	c: 43,5; l: 4–7,5; e: 12	*	E1 e E2	Reichardt (1999)	46
<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	c: 17,9–38,3; l: 4,6–6,6; e: 12–14	Mesotrófico ¹³	E1, E2 e E3	Wojtal (2003); Rumrich et al. (2000); Metzeltin et al. (2005)	47–49
<i>G. exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E. Reichardt	c: 30,5–32,6; l: 5,7–6,8; e: 38,5–62,1; l: 7–8,4; e: 11–14; a: 25–27	Oligotrófico ⁹	E2	Jüttner et al. (2013)	50–51
<i>G. graciledictum</i> E. Reichardt	c: 51,7–56,9; l: 7,5–9,7; e: 11–14; a: 23–27	*	E1, E2 e E3	Reichardt (2015)	57–59
<i>G. guaraniarum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	c: 16,8–26,7; l: 5,1–6,6; e: 13–17	Mesotrófico ⁴	E1, E2 e E3	Metzeltin & Lange-Bertalot (2007)	54–56
<i>G. lagenula</i> Kützing	c: 32,2–58,1; l: 9,6–10,6; e: 12–14; a: 23–26	$\alpha - \beta$ mesotrófico ² Mesotrófico ⁴ Tolerante ⁹	E1, E2 e E3	Metzeltin & Lange-Bertalot (1998)	63–64
<i>G. naviculoides</i> W. Smith	c: 13–18,3; l: 5–6,2; e: 15–17	Eutrófico a hipereutrófico ⁷	E1, E2 e E3	Reichardt (2015); Levkov et al. (2016)	60–62
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	c: 25,5–30,8; l: 7,4–8,3; e: 13–15	$\alpha - \beta$ mesotrófico ² Mesotrófico ⁴ tolerante ^{1,5} Tolerante ⁹	E1, E2 e E3	Krammer & Lange-Bertalot (1986); Abarca et al. (2014); Levkov et al. (2016)	65–66
<i>G. pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	c: 10,1–20,7; l: 3,4–4,5; e: 12–16	$\alpha - \beta$ mesotrófico ² utrófico ^{1,5}	E1, E2 e E3	Krammer & Lange-Bertalot (1986)	52–53
<i>G. pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	c: 10,7–21; l: 3,8–6,2; e: 14–17	Eutrófico ⁵	E1 e E3	Reichardt (1997)	67–69
<i>G. saprophilum</i> (Lange-Bertalot & E.Reichardt) Abarca, R.Jahn, J.Zimmermann & Enke	c: 19,7–20,8; l: 3–3,4; e: 29–30	Tolerante ⁹	E2 e E3	Abarca et al. (2014)	70–72
ACHNANTHACEAE					
<i>Achnanthidium caledonicum</i> Lange-Bertalot	c: 19,7–20,8; l: 3–3,4; e: 29–30	Oligotrófico ¹¹ oligotrófico ¹⁶	E1, E2 e E3	Wojtal et al. (2011)	73–74

<i>A. exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	c: 13; l: 6,1; e: 23	Oligo a eutrófico ¹ Oligotrófico ²	E3	Krammer & Lange-Bertalot (1991)	75
<i>A. macrocephalum</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova	c: 11,5–16,2; l: 2,5–3,7;	Mesotrófico ⁴	E1, E2 e E3	Potapova & Hamilton (2007); Morales et al. (2011)	76–77
Espécies	dimensões (µm) e estrias	Dados ecológicos	Ocorrência	Obras consultadas	Figuras (Apêndice 1)
<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	c: 9–17,6; l: 2,8–3,2; e: 25–27	Oligotrófico ² Oligo a eutrófico ^{1,3}	E1, E2 e E3	Krammer & Lange-Bertalot (1991); Potapova & Hamilton (2007)	78–79
<i>A. modestiforme</i> (Lange-Bertalot) Van de Vijver	c: 10,9–12,9; l: 4–4,4; e: 22–23	*	E1 e E3	Morales et al. (2011)	80–81
DIADESMIDACEAE					
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe et al.	c: 7,4–8,6; l: 2,1–2,7	$\alpha - \beta$ mesotrófico ²	E1	Metzeltin & Lange-Bertalot (2007); Lowe et al. (2014)	82
<i>Luticola acidoclinata</i> Lange- Bertalot	c: 12,1–16,9; l: 5,5–6,5; e: 20–25	Oligo a mesotrófico ³	E1 e E3	Levkov, Metzeltin & Pavlov (2013)	83–84
<i>L. hustedtii</i> Levkov, Metzeltin & A.Pavlov	c: 15,6–19; l: 7,3–7,7; e: 22–24	*	E1 e E3	Levkov, Metzeltin & Pavlov (2013)	85
<i>L. permuticoides</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	c: 14,5–18,2; l: 6,3–7,2; e: 22–25	*	E1 e E3	Levkov, Metzeltin & Pavlov (2013)	86–87
AMPHIPLEURACEAE					
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	c: 15,8; l: 3,5	Eutrófico ²	E1, E2 e E3	Hustedt (1930); Krammer e Lange-Bertalot (1986); Hofmann, Werum e Lange- Bertalot (2013)	92
BRACHYSIRACEAE					
<i>Brachysira neoexilis</i> Lange- Bertalot & Moser	c: 16–22,1; l: 3,9–4,5;	Oligotrófico ²	E1, E2 e E3 E1	Lange-Bertalot & Moser (1994)	90–91
<i>Nupela pardinhoensis</i> D.Bes, L.C.Torgan & L.Ector	c: 12,2–18,8; l: 4,5–5,6	Oligotrófico ²	E1, E2 e E3 E1 e E3	Bes et al. (2012)	88–89
PINNULARIACEAE					
<i>Caloneis hyalina</i> Hustedt	c: 16,2–18,5; l: 5–5,2	*	E1 e E3	Patrick & Reimer (1966)	93
<i>Pinnularia</i> sp. 1	c: 47,5–57,6; l: 8,6–10; e: 10–11	*		*	94–95
<i>Pinnularia</i> sp. 2	c: 46,6; l: 8,8; e: 11	*	E1, E2 e E3	*	96
SELLAPHORACEAE					
<i>S. pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	c: 30,4–39,4; l: 6,8–8,7; e: 21–23	Meso-eutrófico ¹	E1 e E3	Mann et al. (2004)	100–101
<i>S. saugerresii</i> (Desmazières) C.E.Wetzel & D.G.Mann	c: 7,3–11,6; l: 3–4,4; 21– 23	$\alpha - \beta$ mesotrófico (Lobo 2016) Mesotrófico ⁴ Mesotrófico ⁴	E1	Wetzel et al (2015)	97–98
<i>S. tridentula</i> (Krasske) C.E.Wetzel	c: 13,8; l: 3,8	Eutrofização moderada ¹⁹	E1 e E3	Wetzel et al (2015)	99
NAVICULACEAE					
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	c: 26–36,9; l: 4,8–6,7; e: 15–17	$\alpha - \beta$ mesotrófico ² eutrófico a tolerante ^{1,5} Oligotrófico ¹⁰	E1	Lange-Bertalot (2001)	103

<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	c: 23,3–36,3; l: 5,2–6,7; e: 15–18	$\alpha - \beta$ mesotrófico ²	E1	Krammer (1986); Lange-Bertalot (2001)	102
<i>N. rostellata</i> Kützinger	c: 35,3–58,8; l: 9,1–10,3; e: 12–14	Eutrófico ^{1,5,10}		Krammer (1986)	104
Espécies	dimensões (μ m) e estrias	Dados ecológicos	Ocorrência	Obras consultadas	Figuras (Apêndice 1)
<i>N. salinicola</i> Hustedt	c: 14,3–17,4; l: 3,8–4,9; e: 15–17	*	E1	Krammer & Lange-Bertalot (1985, 1986)	106–107
<i>N. symmetrica</i> R.M.Patrick	c: 32,8–40,3; l: 6,9–7,8; e: 12–14	Oligotrófico ¹⁰	E1 e E3	Lange-Bertalot (2001)	105
<i>N. tenelloides</i> Hustedt	c: 11,5–16,3; l: 3,6–3,8; e: 18–19	Indiferente ¹⁰ Tolerante ²⁰	E1	Krammer & Lange-Bertalot (1986)	108–109
BACILLARIACEAE					
<i>Hantzchia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	c: 27,5–37,7; l: 5,1–7,5; e: 8–12; e: 23– 26	Indiferente ^{1,5}	E1 e E3	Krammer & Lange-Bertalot (1988); Siver & Hamilton (2011)	110–111
<i>Nitzschia cf. inconspicua</i> Grunow	c: 9,3–9,7; l: 2,9–3,2; f: 10–13; e: 23	Oligotrófico ²	E1	Trobajo et al. (2013)	112
<i>N. palea</i> (Kützinger) W. Smith	c: 15,8–30,2; l: 3,1–4,6; f: 12–15	Hipereutrófico ^{1,5} Eutrófico ²	E1, E2 e E3	Rumrich et al. (2000); Levkov et al. (2007)	113–114

¹(Van Dam et al., 1994); ²(Lobo et al., 2015); ³(Faustino et al., 2016); ⁴(Marra et al., 2016) ⁵(Hofmann, 1994); ⁶(Yang & Dickman, 1993); ⁷(Levkov et al., 2016); ⁸(Costa et al., 2017); ⁹(Jüttner et al., 2013); ¹⁰(Lange-Bertalot, 2001); ¹¹(Wojtal et al., 2011); ¹²(Krammer & Lange-Bertalot, 1991); ¹³(Krammer & Lange-Bertalot, 1986); ¹⁴(Lange-Bertalot & Ulrich, 2014); ¹⁵(Tuji & Williams, 2007); ¹⁶(Wetzel et al., 2002); ¹⁷(Lepskaya et al., 2010); ¹⁸(Liu et al., 2011); ¹⁹(Bertolli et al., 2010); ²⁰(Taylor et al., 2007).

De acordo com a análise de variância, a densidade de valvas foi significativamente diferente entre estações ($F = 31.29$, $p = 9.31 \times 10^{-9}$), sendo que a estação 2 difere das demais segundo um teste *a posteriori* de Tukey. A riqueza de espécies também foi significativamente distinta entre as estações ($F = 39.98$, $p = 8.5 \times 10^{-9}$), sendo que o pós-teste de Tukey apontou diferença apenas da estação 1 com as demais estações, enquanto a estação 2 e 3 foram consideradas semelhantes (Tabela 3).

Tabela 3: Mínimo, máximo, valores médios e coeficientes de variação da densidade de valvas de diatomáceas por cm², e riqueza de espécies nas estações de amostragem do rio Cascavel (n = 10). (E: Estação de Amostragem, CV: Coeficiente de variação).

		Mínimo	Máximo	Média	CV
Densidade (valvas/cm ²) x10 ⁶	E1	1.33	2.05	1.63	0,127
	E2	7.30	26.55	12.06	0,462
	E3	1.38	2.27	1.66	0,150
Riqueza de Espécies	E1	30	37	34	0,069
	E2	21	28	24	0,103
	E3	15	31	21	0,227

O teste de PERMANOVA mostrou diferença significativa entre as estações com base na nas variáveis ambientais mensuradas (veja Tabela 4; $F = 27.25$, $R^2 = 0.68$, $p=0.002$).

Tabela 4: Mínimo, máximo, valores médios e coeficientes de variação das variáveis ambientais mensuradas nas estações de amostragem do rio Cascavel (n = 5). (E: Estação de Amostragem, CV: Coeficiente de variação).

		Mínimo	Máximo	Média	CV
Temperatura (°C)	E1	16.60	17.98	17.17	0.03
	E2	17.37	17.90	17.57	0.01
	E3	17.37	17.90	17.57	0.01
Condutividade elétrica (mS/cm ⁻¹)	E1	0.00	0.06	0.02	1.17
	E2	0.04	0.05	0.05	0.09
	E3	0.01	0.05	0.04	0.42
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	E1	9.30	11.41	10.07	0.07
	E2	11.42	14.80	13.63	0.10
	E3	11.15	14.87	13.02	0.12
pH	E1	5.28	6.50	5.71	0.07
	E2	5.79	6.26	6.06	0.03
	E3	6.06	6.47	6.26	0.03
Turbidez (NTU)	E1	3.37	8.16	5.65	0.36
	E2	7.03	10.70	9.24	0.14
	E3	7.79	8.68	8.16	0.04
DQO (mg L ⁻¹)	E1	5.95	24.65	11.73	0.57
	E2	7.23	17.43	11.48	0.33
	E3	5.95	11.05	8.59	0.24
DBO (mg L ⁻¹)	E1	1.78	13.96	6.83	0.59
	E2	0.89	4.16	2.44	0.48
	E3	1.19	5.05	2.50	0.60
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	E1	0.45	0.94	0.75	0.22
	E2	0.45	1.65	0.87	0.49
	E3	0.43	0.92	0.71	0.26
NO ₃ (mg L ⁻¹)	E1	0.73	1.08	0.83	0.15
	E2	0.32	0.37	0.35	0.06
	E3	0.32	0.38	0.35	0.06
NH ₄ (mg L ⁻¹)	E1	0.00	0.07	0.02	1.29
	E2	0.32	0.38	0.34	0.08
	E3	0.01	0.45	0.16	1.08
Fósforo dissolvido total (mg L ⁻¹)	E1	0.01	0.02	0.01	0.18
	E2	0.01	0.02	0.01	0.25
	E3	0.01	0.01	0.01	0.28
PO ₄ ⁻ (mg L ⁻¹)	E1	0.01	0.01	0.01	0.17
	E2	0.00	0.01	0.01	0.24
	E3	0.00	0.01	0.01	0.22
Clorofila a (µg L ⁻¹)	E1	0.00	1.09	0.44	0.93
	E2	0.00	1.09	0.49	0.73
	E3	0.00	0.55	0.11	2.00
Sólidos totais (mg L ⁻¹)	E1	36.00	68.00	54.00	0.23
	E2	10.00	66.00	30.20	0.67
	E3	33.00	84.00	51.20	0.34
Sólidos dissolvidos (mg L ⁻¹)	E1	34.80	68.00	53.60	0.24
	E2	7.80	57.60	26.56	0.69
	E3	31.50	83.40	50.26	0.35
Sólidos suspensos (mg L ⁻¹)	E1	0.00	1.20	0.40	1.06
	E2	0.90	8.40	3.64	0.76
	E3	0.20	1.60	0.94	0.57
Coliformes totais (NMP/100 mL)	E1	17329.00	24196.00	20582.60	0.15
	E2	12997.00	24196.00	18849.60	0.19
	E3	3873.00	8164.00	5695.60	0.25
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	E1	1187.00	2481.00	1909.60	0.26
	E2	1043.00	4106.00	2608.20	0.43
	E3	189.00	292.00	223.60	0.16

A análise de componentes principais (ACP) sumarizou 51.85% da variabilidade total dos dados amostrados nos dois primeiros eixos (Figura 4). A dispersão dos escores dos locais e períodos amostrados nesses eixos evidenciou um gradiente espacial com uma clara separação no diagrama das estações de coleta (Figura 4). O primeiro eixo da ACP explicou

a variabilidade principalmente em relação ao pH (valor da correlação: 0.33) e OD (0.4) de forma positiva; e DBO (-0.32) e nitrato (-0.35) negativamente. Nesse eixo a separação é clara entre a estação 1 e as demais (Figura 4). O segundo eixo é relacionado positivamente com coliformes totais (0.407) e *Escherichia coli* (0.47), e negativamente por sólidos dissolvidos (-0.37), sólidos totais (-0.35) e vazão (-0.33). Esse eixo diferencia bem a estação 2 da estação 3 (Figura 4).

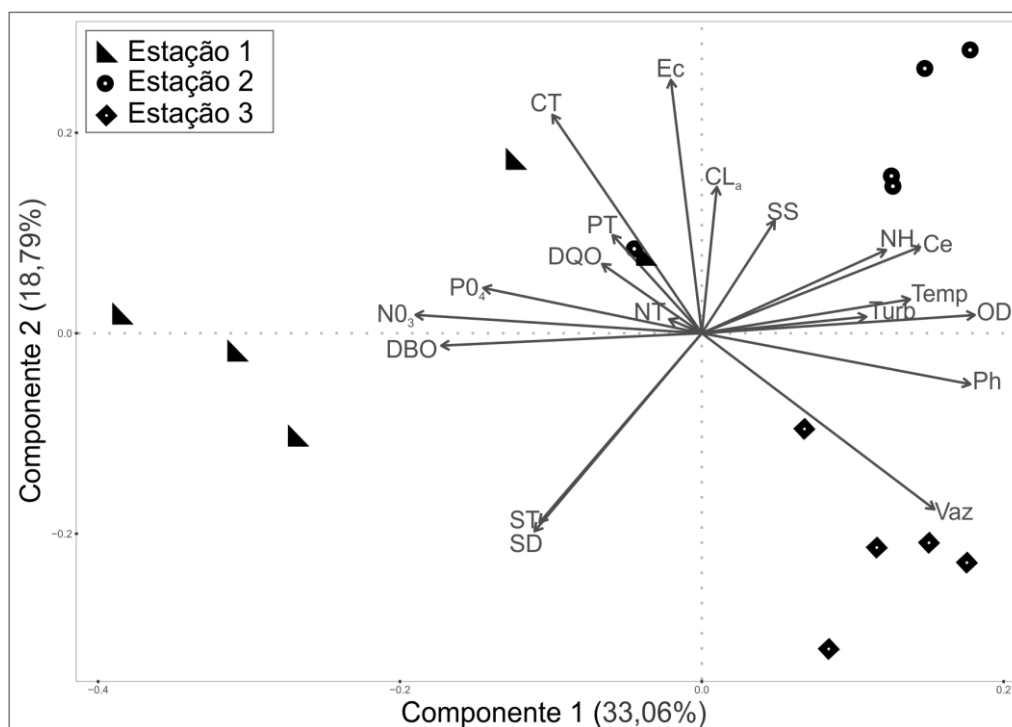


Figura 4: Análise dos componentes principais para os dados físico, químicos e biológicos analisados nas três estações de amostragem do rio Cascavel, PR-Brasil. Legenda: Temp: temperatura, Ce: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, Turb: turbidez, Vaz: vazão, DQO: demanda química de oxigênio, DBO: demanda bioquímica de oxigênio, NT: nitrogênio Kjeldahl total, NO₃: nitrato, NH₄: amônio, PT: fósforo dissolvido total, P₀₄: ortofosfato, CL_a: clorofila a, ST: sólidos totais, SD: sólidos dissolvidos, SS: sólidos suspensos, CT: coliformes totais e Ec: *Escherichia coli*.

A função *ordistep* selecionou 6 variáveis como as mais importantes para o modelo, sendo elas vazão, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, nitrato, amônio e coliformes totais. Assim, a Análise de Redundância Destendenciada (RDA) resultou em um poder de explicação de 78.42%, evidenciando também que a matriz de espécies está significativamente relacionada com as variáveis selecionadas conforme ilustrada no gráfico da figura 5 ($F = 5.33$, $p = 0.001$).

A RDA definiu dois eixos de ordenação. O primeiro eixo (RDA1) com 46.31% de explicabilidade (autovalor = 0.097), apresentou escores positivos mais representativos, e indicaram maior contribuição das variáveis amônio (0.77), oxigênio dissolvido (0.53), e

condutividade elétrica (0.37). As espécies que apresentaram maior relação positiva nestas condições foram *Discostella stelligera*, *Gomphonema lagenula* e *Fragilaria gracilis*. *Nupela pardinhoensis* apresentou relação negativa com as mesmas condições.

O segundo eixo de ordenação (RDA2) com explicabilidade de 32.12% (autovalor = 0.067) foi influenciado positivamente pela variável vazão (0.97). *Achnantheidium minutissimum*, *Gomphonema pumilum* e *Gomphonema saprophilum* apresentaram maior relação nestas condições. Os escores negativos deste eixo apresentaram maiores contribuições para as variáveis nitrato (-0.68) e coliformes totais (-0.88) e relacionados com a ocorrência de *Sellaphora saugerresii* e *Eunotia botulitropica*.

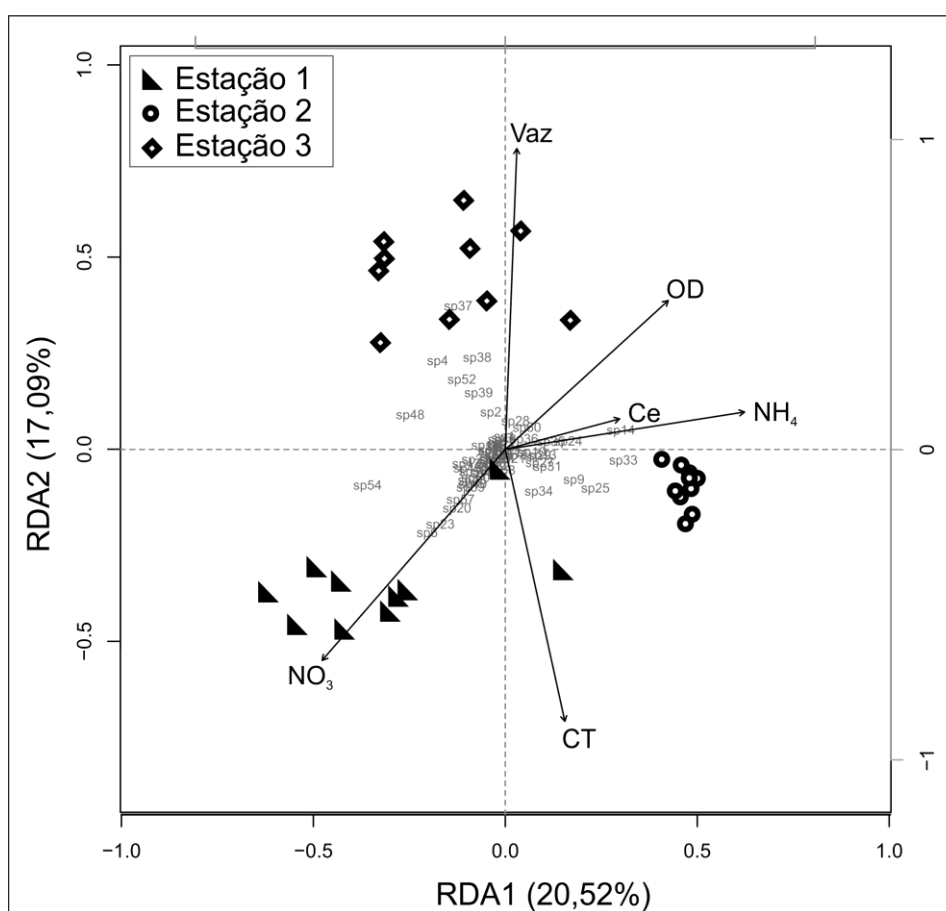


Figura 5: Diagrama da Análise de Redundância Destendenciada (RDA) realizada com a matriz de abundância das espécies a matriz de variáveis mensuradas, selecionadas pelo método *forward selection*. (Ce: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, Vaz: vazão, NO₃: nitrato, NH₄: amônio, CT: coliformes totais).

O método de partição, para quantificar a contribuição dos preditores espaciais e ambientais na composição diatomáceas, resultou em uma variação explicada de 41.92%. No particionamento, o efeito ambiental puro apresentou contribuição de 3.17%, enquanto o espacial resultou em contribuição negativa (-1.68%), não sendo considerada para a avaliação individual (Figura 6a). Consequentemente, a maior parte da explicação da comunidade se deve ao componente ambiental espacialmente estruturado (Figura 6a). Ao analisar somente

o efeito ambiental sem a interferência espacial, uma RDA mostrou um agrupamento disperso das amostras analisadas entre as estações (Figura 6b), destacando relação positiva com o eixo 1 da variável OD e negativa com amônio. Para o eixo 2, a variável condutividade elétrica apresentou relação positiva, e nitrato relação negativa. Porém, essa análise não apresentou explicação significativa para a distribuição das espécies entre os pontos ($F = 1.2204$, $p = 0.09$). Sendo assim, retirando a autocorrelação espacial, não foi possível evidenciar uma explicação única de filtragem ambiental para a variação da comunidade.

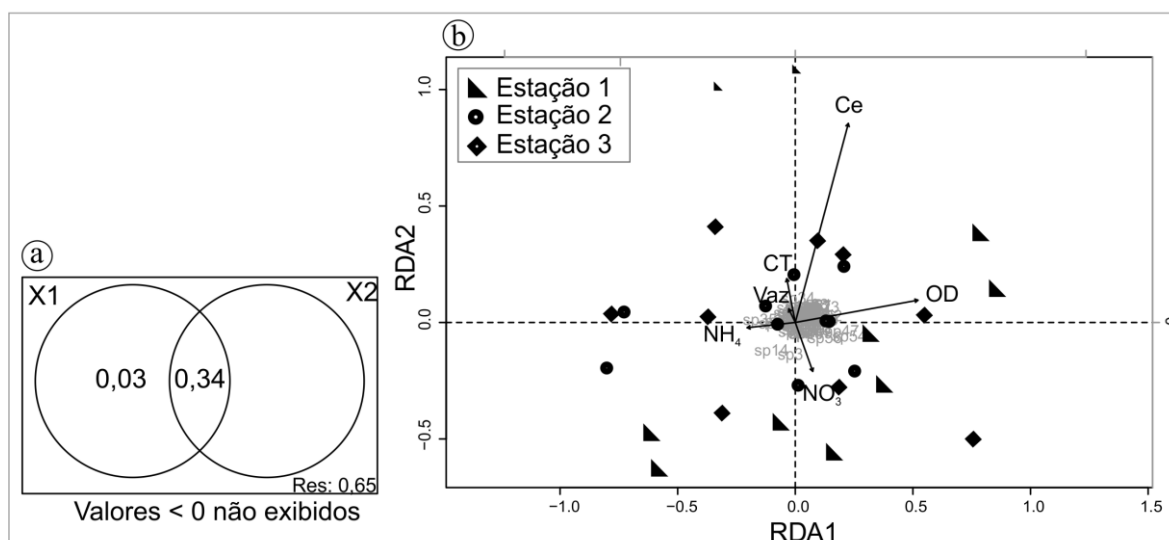


Figura 6: (a) Partição da variação das comunidades de diatomáceas entre variáveis mensuradas no ambiente selecionadas pelo método *forward selection*. (X1) e espaciais (X2) para abundância de espécies entre os transectos das estações de amostragens. Res=resíduos. (b) Diagrama da Análise de Redundância Destendenciada parcial (RDA) resultante da partição, realizada com a matriz de abundância das espécies a matriz de variáveis mensuradas, selecionadas pelo método *forward selection* (Ce: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, Vaz: vazão, NO₃: nitrato, NH₄: amônio, CT: coliformes totais).

4. DISCUSSÃO

Como esperado, a composição de espécies das comunidades de diatomáceas estudadas apresentou grandes diferenças entre as estações de amostragem. Visto a proximidade dos locais, as evidências são fortes no sentido que as alterações antrópicas causam mudanças, e não uma alteração natural como esperado pelo rio contínuo. A influência das variáveis ambientais sobre a estrutura da assembleia das diatomáceas perifíticas também pode ser observada através da análise dos dados. Porém, visto a natureza do desenho amostral, a retirada da autocorrelação espacial causou a não evidência de explicação única de variáveis ambientais.

De qualquer forma, os efeitos do impacto antrópico, evidenciado pela diferença ambiental entre estações, são nítidos. Os ambientes analisados são claramente distintos em relação a todas as condições físicas, químicas e biológicas analisadas. Estudos envolvendo a assembleia de diatomáceas perifíticas têm reportado a influência de ambientes com trofia distintas sobre a estrutura e distribuição destas assembleias. No presente estudo, a ACP agrupou a maior parte dos transectos de acordo com as estações de amostragem, refletindo a diferença das suas estruturas e distribuição das espécies.

A relação das amostras dos pontos em área de reserva com as concentrações de nitrato e DBO podem ser uma resposta a presença de vegetação ciliar, enquanto os pontos sem mais impactados sem vegetação ciliar refletem essas características em maiores temperaturas e turbidez. Considerando que a incidência de luz solar no corpo d'água tem forte efeito sobre o desenvolvimento das diatomáceas perifíticas (Algarte et al., 2017; Liess et al., 2009; Tuji, 2000), a cobertura de mata ciliar e a profundidade do corpo hídrico podem ter influenciado no seu desenvolvimento. Este aspecto explica os maiores valores de riqueza nos pontos com presença de vegetação ciliar e maior densidade em pontos mais impactados, as quais estão localizadas em áreas urbana com baixa proporção de mata ciliar (veja também Dunck et al., 2013).

Os gêneros com riqueza representativa para todas as estações de amostragem são grupos comumente perifíticos. *Eunotia* é o único gênero citado pela literatura como o mais diversificado em ambientes ácidos *Gomphonema*, geralmente, é bem representado quanto à riqueza pela sua forma de fixação, com pedúnculos de mucilagem, e por englobar muitas espécies cosmopolitas (Costa et al., 2017; Levkov et al., 2016; Siver et al., 2006; Krammer & Lange-Bertalot, 1986;).

Em pontos menos impactados, destacaram-se *Eunotia botulitropica*, *E. veneris* e *E. falax*, indicativo das baixas concentrações de nitrogênio total e condutividade elétrica (Costa

et al., 2017; Soininen et al., 2004). A presença de *Sellaphora saugerresii*, nas mesmas amostras pode estar relacionada não apenas as condições de nutrientes, mas também pela baixa turbidez (Marra et al., 2016). A espécie é considerada como tolerante à forte poluição (Lobo et al., 2016; 2015).

A relação das amostras da estação 2 com valores elevados de coliformes totais e *E. coli* podem refletir a influência da urbanização da área, além da presença constante de descarte irregular de lixo doméstico. Todas variáveis indicam impacto, depauperação de mata ciliar e poluição na estação 2, o que favoreceu o desenvolvimento de diatomáceas cosmopolitas como *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema exilissimum* *Discostella steligera* e *Fragilaria gracilis*, porém limitou o desenvolvimento de espécies mais sensíveis a elevadas concentrações de nutrientes (Domingues et al., 2015; Lobo et al., 2015; Langebertalot & Ulrich, 2014; Soininen et al., 2004). Estes taxa são comumente registrados como tolerantes à poluição e ocorrentes em ambientes com elevadas cargas de nutrientes e disponibilidade de luz (Faustino et al., 2016; Marra et al., 2016; Lobo et al., 2015; Jüttner et al., 2013).

Em regiões de grande adensamento populacional, os efluentes provenientes das residências e estabelecimentos comerciais são os principais responsáveis pelo aumento das concentrações de coliformes e nutrientes nos rios e córregos, bem como pela elevação da turbidez, causando desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos (Von Sperling, 2014). Sendo assim, valores elevados de coliformes são indicativos de alta interferência da urbanização da área. Virtanen & Soininen (2012) sugerem que esses fatores são importantes para o fluxo de diatomáceas, uma vez que esse grupo é fortemente influenciado por fatores ambientais pontuais (Bottin et al., 2014; Soininen, 2007). Assim, nossos resultados estão de acordo com estudos anteriores, pois há uma clara distinção na composição de espécies entre as áreas amostradas. Além disso, no local com maior impacto antrópico, as espécies que ocorrem são claramente aquelas tolerantes à poluição (Levkov et al., 2016; Tuji & Williams, 2007; Van Dam et al., 1994).

A distinção citada acima é refletida no formato das células das espécies. No local impactado, as espécies citadas tem formato “cêntrico”. Consideradas geralmente como predominantes entre os organismos planctônicos de rios (Round et al., 1990), as diatomáceas cêntricas registradas no rio Cascavel já foram citadas para ambientes mesotróficos a eutróficos, caracterizadas de maneira geral como tolerantes a ambientes impactados com elevada carga de nutrientes (Lobo et al., 2015; Silva et al., 2010). Bicudo et al. (2016) detectaram espécies de *Aulacoseira* em condições similares de concentração de nitrogênio

inorgânico e condutividade elétrica quando comparado com nosso estudo. Descreveram ainda, a preferência ecológica de tais espécies por ambientes ricos em nutrientes e a tolerância a ambientes eutróficos. Isso ressalta que o entendimento completo de como a comunidade responde a gradientes ambientais, principalmente aqueles relacionados com impactos de atividades humanas no ecossistema, são melhor descritos com características funcionais da espécie (Rojo, 1998). Sugerimos que o formato da valva em diatomáceas é um traço funcional chave que reflete as condições ambientais.

A área agrícola foi caracterizada por altos valores de vazão e oxigênio dissolvido, fatores que interferem diretamente na densidade de diatomáceas bem como na riqueza de espécies do ambiente. Diversos estudos enfatizam a importância da velocidade da corrente na comunidade de diatomáceas (Virtanen & Soininen, 2012; Michels et al., 2006; Soininen, 2004). De acordo com Soininen (2004), em altas velocidades, a riqueza de espécies tende a ser baixa. Algumas diatomáceas, como *Achnantheidium* e *Fragilaria*, resistem à velocidade da corrente alta melhor devido a estratégia de locomoção, do que os grupos que, por produzirem a musculagem pela rafe, permanecem fixos por toda a valva se adaptando melhor no substrato, como *Pinnularia* (gênero com maior riqueza na estação 1, onde há menor vazão) e outras espécies birafídeas (Virtanen & Soininen, 2012). Sendo assim, a presença de espécies como *Achnantheidium minutissimum* é considerada como uma adaptação vantajosa de espécies da família Achnanthidiaceae em relação às condições físicas do ambiente.

Os baixos valores de nitrogênio total e amônio na estação 3 (área agrícola), em conjunto com as concentrações baixas de fósforo da microbacia como um todo, indicam um ambiente oligotrófico. A concentração de nitrato em regiões agrícolas pode estar relacionada à presença de fertilizantes nitrogenados (Brigante et al., 2003). Sendo assim, as taxas de absorção de tais nutrientes podem ser relacionadas com o tamanho das células presentes em ambientes lóticos, onde indivíduos menores estabilizam-se melhor em concentrações mais baixas de nitrogênio (Lavoie et al., 2010).

Nossos resultados ilustram claramente a dinâmica da distribuição do tamanho valvar das diatomáceas perifíticas às mudanças nas condições ambientais nos ecossistemas lóticos analisados. Espécies com indivíduos menores como *Gomphonema pumilum* e *Nupela pardinhoensis* apresentaram melhor desenvolvimento na estação 3, com menores cargas de nutrientes e condições mais preservadas (Levkov et al., 2016; Lobo et al., 2015), enquanto espécies dos gêneros *Frustulia*, *Pinnularia* e espécies como *Gomphonema naviculoides*, *Fragilaria pectinalis* e *Fragilaria gracilis* por exemplo, com valvas maiores, foram

relacionados com as estações que apresentam maiores concentrações de nutrientes (Lobo et al., 2015; Lange-Bertalot & Ulrich, 2014; Virtanen & Soininen, 2012).

Apesar dos claros indícios de filtragem ambiental como principal mecanismo estruturado da metacomunidade (veja também Heino et al., 2015), não evidenciamos explicação única de variáveis ambientais, retirando a autocorrelação espacial. Dessa forma, é impossível diferenciar o efeito das variáveis abióticas com a variação espacial. De fato, a autocorrelação é especialmente observada em rios, pois características físicas como profundidade, volume de água, vazão, incidência solar, concentração de sólidos e temperatura são alterados, interferindo diretamente na produção primária da comunidade perifítica (Vannote et al., 1980).

De qualquer forma, ressaltamos que a representação das variáveis ambientais foi feita de forma completa, causando grande porcentagem de explicação da comunidade biológica, o que não é comumente observado na literatura (veja também Valente-Neto et al., 2017). A inclusão de fatores microbiológicos neste estudo foi particularmente relevante, pois ajudou a melhorar a compreensão da relação da comunidade de diatomáceas com os indicadores microbiológicos em fluxos tropicais. As concentrações de coliformes, por serem indicativos de contaminação orgânica, foram fundamentais para determinar que as alterações ao longo da bacia também foram por consequência do uso do solo, e não apenas pela dinâmica do sistema (Beltrami et al., 2012). Além disso, a concentração de fósforo não representou bem as condições tróficas do ambiente, sendo as concentrações de nitrogênio mais representativas para essa análise. Esse fator pode estar relacionado com o alto potencial de produção agrícola da região estudada, pela utilização de fertilizantes nitrogenados, interferindo nas concentrações de nitrogênio.

Detectar impactos humanos em um sistema fluvial é desafiador em função de diversos componentes que devem ser avaliados (Krusche et al., 2005). Apesar de ser em escala local, nosso estudo mostrou claramente o impacto de urbanização e áreas agrícolas na composição e diversidade da comunidade de diatomáceas em uma micro bacia, de acordo com estudos anteriores (Marra et al. 2018). Ao representar de forma completa as variáveis ambientais, mostramos o efeito universal da autocorrelação espacial (veja também Heino et al. 2015). Somente uma análise completa dos taxa (e suas características biológicas) com os padrões de análises multivariadas pode indicar como impactos antrópicos afetam comunidades naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algarte, V.M., Siqueira, T., Landeiro, V.L., Rodrigues, L., Bonecker, C.C., Rodrigues, L.C., Santana, N.F., Thomaz, S.M., Bini, L.M., 2017. Main predictors of periphyton species richness depend on adherence strategy and cell size. *PLoS One* 12, 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181720>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonc, L.D.M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil Clayton. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- APHA, A.P.H.A., 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22^o ed, Standard Methods. Copyright, Washington.
- Battarbee, R.W., 1986. Diatom analysis, in: Berglund, B.E., Ralska-Jasiewiczowa, M. (Orgs.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*, International Geological Correlation Programme. J. Wiley, p. 869.
- Beltrami, M.E., Ciutti, F., Cappelletti, C., Lösch, B., Alber, R., Ector, L., 2012. Diatoms from Alto Adige/Südtirol (Northern Italy): Characterization of assemblages and their application for biological quality assessment in the context of the Water Framework Directive. *Hydrobiologia* 695, 153–170. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1194-x>
- Bertolli, L.M., Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V., 2010. Diatomáceas perifíticas em Polygonum hydropiperoides Michaux, reservatório do Passaúna, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 24, 1065–1081. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000400022>
- Bicudo, D.C., Tremarin, P.I., Almeida, P.D., Zorzal-, S., Wengrat, S., Faustino, S.B., Costa, L.F., Elaine, C.R., Rocha, A.C.R., Bicudo, C.E.M., Morales, E.A., Wengrat, S., Faustino, S.B., Costa, L.F., Bartozek, E.C.R., Rocha, C.R., Bicudo, C.E.M., Morales, E.A., 2016. Ecology and distribution of Aulacoseira species (Bacillariophyta) in tropical reservoirs from Brazil. *Diatom Res.* 33, 1–17. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2016.1227376>
- Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2011. *Use R!*, Springer. Springer US, New York. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78171-6>
- Borcard, D., Legendre, P., 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecol. Modell.* 153, 51–68. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00501-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00501-4)
- Bottin, M., Soininen, J., Ferrol, M., Tison-Rosebery, J., 2014. Do spatial patterns of benthic diatom assemblages vary across regions and years? *Freshw. Sci.* 33, 402–416. <https://doi.org/10.1086/675726>
- Brigante, J., Espíndola, E.G., Povinelli, J., Silva, M.R.C., Nogueira, A.M., Filho, V.A., 2003. Caracterização Física e Química do sedimento do rio Mogi-Guaçu, in: Brigante, J., Espíndola, E.L.G. (Orgs.), *Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu*. RiMa, São Carlos - SP, p. 55–76.
- Burliga, A.L., Torgan, L.C., De Andrade, E.A.N., Sutil, C., Beaumord, A.C., Laux, M., Kociolek, J.P., 2014. Changes in diatom associations with altitudinal gradient and land use in Itajaí-Mirim River, Southern Brazil. *Iheringia - Ser. Bot.* 69, 451–464.
- Costa, L.F., Wetzel, C.E., Lange-Bertalot, H., Ector, L., Bicudo, D.C., 2017. Taxonomy and ecology of Eunotia species (Bacillariophyta) in southeastern Brazilian reservoirs. Cramer, Stuttgart, Germany.
- Cox, E.J., 2015. Diatoms (Diatomeae, Bacillariophyceae s.l.), in: Frey, E.. W. (Org.), *Syllabus of Plant Families - A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien Part 2/1: Photoautotrophic eukaryotic Algae*. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Germany.

- Davidson, T.A., Jeppesen, E., 2013. The role of palaeolimnology in assessing eutrophication and its impact on lakes. *J. Paleolimnol.* 49, 391–410. <https://doi.org/10.1007/s10933-012-9651-0>
- Domingues, R.B., Guerra, C.C., Barbosa, A.B., Galvão, H.M., 2015. Are nutrients and light limiting summer phytoplankton in a temperate coastal lagoon? *Aquat. Ecol.* 49, 127–146. <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9512-9>
- Dunck, B., Nogueira, I., Felisberto, S., 2013. Distribution of periphytic algae in wetlands (Palm swamps, Cerrado), Brazil. *Brazilian J. Biol.* 73, 331–346. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000200013>
- Faustino, S.B., Fontana, L., Cristina, E., Bartozek, R., Eduardo, C., Bicudo, D.M., Bicudo, D.D.C., 2016. Composition and distribution of diatom assemblages from core and surface sediments of a water supply reservoir in Southeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 16, 1–23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0129>
- Heino, J., Melo, A.S., Siqueira, T., Soininen, J., Valanko, S., Bini, L.M., 2015. Metacommunity organisation, spatial extent and dispersal in aquatic systems: Patterns, processes and prospects. *Freshw. Biol.* 60, 845–869. <https://doi.org/10.1111/fwb.12533>
- Heino, J., Soininen, J., 2010. Are common species sufficient in describing turnover in aquatic metacommunities along environmental and spatial gradients? *Limnol. Oceanogr.* 55, 2397–2402. <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.6.2397>
- Hofmann, G., 1994. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. Cramer, Stuttgart, Germany.
- Houk, V., Klee, R., 2004. the Stellingma Taxa of the Genus (Bacillariophyceae) and Their Transfer Into the new genus Discostella Gen. Nov. *Diatom Res.* 19, 203–228. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2004.9705871>
- Hustedt, F., 1930. Die Kieselalgen: Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete / von Friedrich Hustedt. Teil 1. Leipzig : Akademische Verlagsgesellschaft.
- Huston, M. a, 1999. Local process and regional patterns: appropriate scales for understanding variation in the diversity of plants and animals. *Oikos* 86, 393–401.
- Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Landkildehus, F., 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshw. Biol.* 45, 201–218. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00675.x>
- Jüttner, I., Ector, L., Reichardt, E., Van De Vijver, B., Jarlman, A., Krokowski, J., Cox, E.J., 2013. Gomphonema varioeduncum sp. Nov., a new species from northern and western Europe and a re-examination of Gomphonema exilissimum. *Diatom Res.* 28, 303–316. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2013.797924>
- Kobayasi, H., Mayama, S., 1982. Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo. *Japanese J. Phycol.*
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991. Suesswasserflora Von Mitteleuropa: Bacillariophyceae, Achnanthaceae and Index to Parts 1-4 Volume 2, Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae., Süßwasserf. ed. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York.
- Krusche, A.V., Victoria, M., Ballester, R., Victoria, R.L., Correa, M., Leite, N.K., Hanada, L., Victoria, D.D.C., Marcondes, A., Ometto, J.P., Moreira, M.Z., Gomes, B.M., Alexandre, M., Neto, S.G., Bonelli, N., Deegan, L., Neill, C., Aufdenkampe, A.K., Richey, J.E., 2005. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d ' água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. *Acta Amaz.* 35, 197–205. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200009>

- Lange-Bertalot, H., 2001. Diatoms of Europe, Volume 2: *Navicula* Sensu Stricto, 10 Genera Separated from *Navicula* Sensu Lato, Frustulia. Gantner Publishers, Stuttgart, Germany.
- Lange-bertalot, H., Ulrich, S., 2014. Contributions to the taxonomy of needle-shaped *Fragi/aria* and *U/- naria* species. *Lauterbornia* 78, 1–73.
- Lavoie, I., Lento, J., Morin, A., 2010. Inadequacy of size distributions of stream benthic diatoms for environmental monitoring. *J. North Am. Benthol. Soc.* 29, 586–601. <https://doi.org/10.1899/09-062.1>
- Lepskaya, E. V., Jewson, D.H., Usoltseva, M. V., 2010. *Aulacoseira subarctica* in kurilskoye lake, kamchatka: A deep, oligotrophic lake and important pacific salmon nursery. *Diatom Res.* 25, 323–335. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705853>
- Levkov, Z., Mitic-Kopanja, D., Reichardt, E., 2016. The diatom genus *Gomphonema* from the Republic of Macedonia, *Diatoms of*. ed. Koeltz Botanical Books, levkov2016.
- Liess, A., Lange, K., Schulz, F., Piggott, J.J., Matthaei, C.D., Townsend, C.R., 2009. Light, nutrients and grazing interact to determine diatom species richness via changes to productivity, nutrient state and grazer activity. *J. Ecol.* 97, 326–336. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01463.x>
- Liu, S., Xie, G., Wang, L., Cottenie, K., Liu, D., Wang, B., 2016. Different roles of environmental variables and spatial factors in structuring stream benthic diatom and macroinvertebrate in Yangtze River Delta, China. *Ecol. Indic.* 61, 602–611. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.011>
- Liu, Y., Wang, Q., Fu, C., 2011. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus *Eunotia* from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China. *Nov. Hedwigia* 92, 205–232. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0092-0205>
- Lobo, E., Leighton, G., 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.,*.
- Lobo, E.A., Heinrich, C.G., Schuch, M., Düpont, A., Costa, A.B. da, Wetzel, C.E., Ector, L., 2016. ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. Santa Cruz do Sul (UNISC).
- Lobo, E.A., Katoh, K., Aruga, Y., 1995. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers located in the Tokyo Metropolitan area, Japan. *Freshw. Biol.* 34, 191–204.
- Lobo, E.A., Schuch, M., Heinrich, C.G., Ben, A., Düpont, A., Wetzel, C.E., Ector, L., 2015. Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4586-3>
- Marra, R.C., Tremarin, P.I., Algarte, V.M., Ludwig, T.A.V., 2016. Epiphytic diatoms (Diatomeae) from Piraquara II urban reservoir, Paraná state. *Biota Neotrop.* 16, 1–19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0200>
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H., 2002. *Iconographia Diatomologica*, Volume 18: Tropical Diatoms of South America , II: Special Remarks on Biogeographic Disjunction. A.R.G. Gantner, California.
- Metzeltin, D., Lange-Bertalot, H., 1998. *Iconographia Diatomologica*, Volume 5: Diversity, Taxonomy and Geobotany: Tropical Diatoms of South America I: About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora, *Iconographia diatomologica*. A.R.G. Gantner, Califórnia.
- Michels, A., Umaña, G., Raeder, U., 2006. Epilithic diatom assemblages in rivers draining into Golfo Dulce (Costa Rica) and their relationship to water chemistry, habitat characteristics and land use. *Arch. für Hydrobiol.* 165, 167–190. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2006/0165-0167>

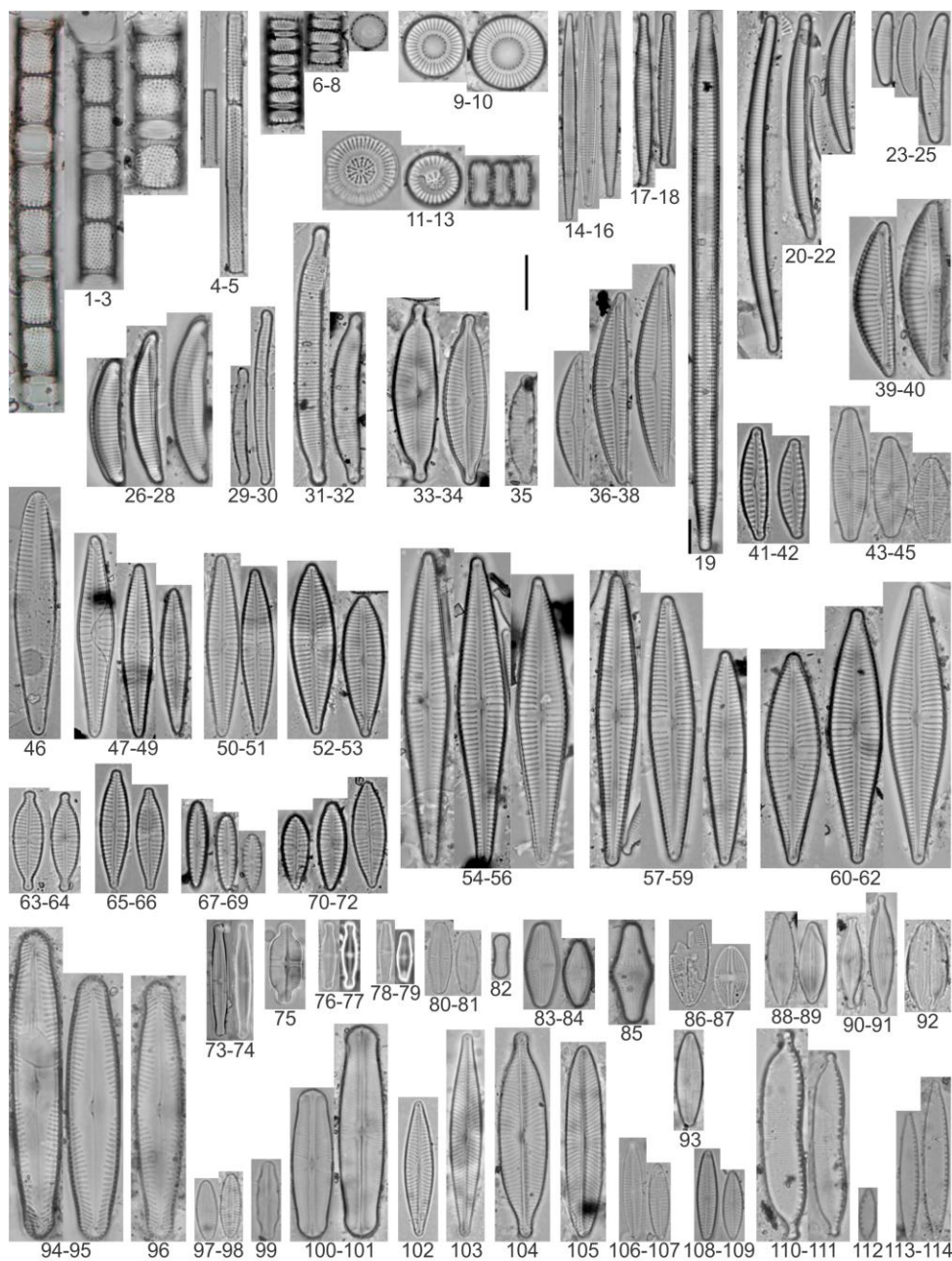
- Moreira-Filho, H., Valente Mreira, I., 1981. Avaliacao taxonomica e ecologica das Diatomaceas (Bacillariophyceae) epifitas em algas pluricelulares obtidas nos litorais dos Estados do Parana, Santa Catarina e Sao Paulo. Bol. do Mus. Bot. Munic. (Brazil). 1, 17.
- Moro, R.S., Bicudo, C.E.M., 2002. Estimativa de contagem de valvas câmara ou lâmina - Moro e Bicudo 2002 SP.pdf.
- Pappas, J.L., Stoermer, E.F., 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count. J. Phycol. 32, 693–696. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1996.00693.x>
- Patrick, R., Reimer, C.W., 1975. The diatoms of the United States : Exclusive of Alaska and Hawaii. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- Rao, C.R., 1964. The Use and Interpretation of Principal Component Analysis in Applied Research. Sankhyā Indian J. Stat. Ser. A 26, 329–358.
- Raupp, S. V, Torgan, L.C., Melo, S., 2009. Planktonic diatom composition and abundance in the Amazonian floodplain Cutiauaú Lake are driven by the flood pulse. Biol. Limnol. 21, 227–234.
- Rojo, C., 1998. Differential attributes of phytoplankton across the trophic gradient: a conceptual landscape with gaps. Hydrobiologia 370, 1–9.
- Round, F.E., 1990. Diatom Communities their Response to Changes in Acidity. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 327, 243–249. <https://doi.org/10.1098/rstb.1990.0059>
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G., 1990. The diatoms.
- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H., Rumrich, M., 2000. Diatomeen der Anden : von Venezuela bis Patagonien/Feuerland : und zwei weitere Beiträge = Diatoms of the Andes : from Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego : and two additional contributions. A.R.G. Gantner, Königstein, Germany.
- Silva, A.M. da, Ludwig, T.A.V., Tremarin, P.I., Vercellino, I.S., 2010. Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófi co brasileiro (Reservatório do Iraí , estado do Paraná). Acta Bot. Brasilica 24, 997–1016.
- Siver, P.A., Hamilton, P.B., Morales, E.A., 2006. Two new planktic species of <I>Eunotia</I> (Bacillariophyceae) from freshwater waterbodies in North Carolina, U.S.A. Arch. Hydrobiol. Suppl. Algol. Stud. <https://doi.org/10.1127/1864-1318/2006/0119-0001>
- Soininen, J., 2016. Spatial structure in ecological communities - a quantitative analysis. Oikos 125, 160–166. <https://doi.org/10.1111/oik.02241>
- Soininen, J., 2007. Environmental and spatial control of freshwater diatoms—a review. Diatom Res. 22 (2), 473–490. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/0269249X.2007.9705724>
- Soininen, J., 2004. Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid and a clear water river. Aquat. Ecol. 38, 495–501. <https://doi.org/10.1007/s10452-005-4089-3>
- Soininen, J., Paavola, R., Muotka, T., 2004. Benthic diatom communities in boreal streams: community structure in relation to environmental and spatial gradients. Ecography (Cop.). 27, 330–342. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2004.03749.x>
- Soininen, J., Weckström, J., 2009. Diatom community structure along environmental and spatial gradients in lakes and streams. Fundam. Appl. Limnol. 174, 205–213. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2009/0174-0205>
- Taylor, J.C., Harding, W.R., Archibald, C.G.M., 2007. An Illustrated Guide to Some Common Diatom Species from South Africa An Illustrated Guide to Some Common Diatom.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.A.V., 2006. BACILLARIOPHYTA, in: de Mattos Bicudo, C.E.,

- Menezes, M. (Orgs.), Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil. RiMa, São Carlos - SP, p. 3091–440.
- Tremarin, P.I., Ludwig, T.V., Torgan, L.C., 2013. Morphological variation and distribution of the freshwater diatom *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen in Brazilian continental environments. *Iheringia - Ser. Bot.* 68, 139–157.
- Tuji, A., 2000. Note the Effect of Irradiance on the Growth of Different Forms of Freshwater Diatoms : Implications for Succession in Attached Diatom Communities 1 661, 659–661.
- Tuji, A., Houki, A., 2004. Taxonomy, Ultrastructure, and Biogeography of the *Aulacoseira subartica* Species Complex. *Natl. Sci. Museum* 30, 35–54.
- Tuji, A., Williams, D.M., 2008. Typification and type examination of *Synedra familiaris* Klitz . and related taxa. *Diatom Res.* 24, 25–29.
- Tuji, A., Williams, D.M., 2007. Type Examination of Japanese Diatoms Described by Friedrich Meister (1913) from Lake Suwa. *Natl. Sci. Museum* 33, 69–79.
- Valente-Neto, F., Durães, L., Siqueira, T., Roque, F.O., 2017. Metacommunity detectives: Confronting models based on niche and stochastic assembly scenarios with empirical data from a tropical stream network. *Freshw. Biol.* 63, 86–99. <https://doi.org/10.1111/fwb.13050>
- Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J., 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands J. Aquat. Ecol.* 28, 117–133. <https://doi.org/10.1007/BF02334251>
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E., 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 130–137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>
- Virtanen, L., Soininen, J., 2012. The roles of environment and space in shaping stream diatom communities. *Eur. J. Phycol.* 47, 160–168. <https://doi.org/10.1080/09670262.2012.682610>
- Von Sperling, M., 2014. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos - Volume 1. Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Água, 4º ed. UFMG, Belo Horizonte.
- Wehr, J.D., Sheath, R.G., 2003. FRESHWATER HABITATS OF ALGAE, in: *Freshwater Algae of North America*. Elsevier, p. 11–57. <https://doi.org/10.1016/B978-012741550-5/50003-9>
- Wetzel, C.E., Bicudo, D. de C., Ector, L., Lobo, E.A., Soininen, J., Landeiro, V.L., Bini, L.M., 2012. Distance Decay of Similarity in Neotropical Diatom Communities. *PLoS One* 7, e45071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045071>
- Wetzel, C.E., Ector, L., 2015. Taxonomy and Ecology of *Fragilaria microvaucheriae* sp. nov. and Comparison with the Type Materials of *F. uliginosa* and *F. vaucheriae*. *Cryptogam. Algol.* 36, 271–289. <https://doi.org/10.7872/crya/v36.iss3.2015.271>
- Wetzel, C.E., Ector, L., Van De Vijver, B. V.D., Compère, P., Mann, D.G., 2015. Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta). *Fottea* 15, 203–234. <https://doi.org/10.5507/fot.2015.020>
- Wetzel, C.E., Lobo, E.A., Oliveira, M.A., Bes, D., 2002. Diatomáceas epilíticas relacionadas a fatores ambientais em diferentes trechos dos rios Pardo e Pardinho, Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil: resultados preliminares. *Cad. Pesqui. série Biol.* (ISSN 1677-5600) 14, 17–38.
- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology : lake and river ecosystems*. Academic Press.
- Wiegand, G., 1980. Some applications of principal components analysis in vegetation: ecological research of aquatic communities, in: Maarel, E. Van Der (Org.), *Vegetation:*

- Ecological research of aquatic communities. Vegetatio, Oldenburg, p. 67–73.
<https://doi.org/10.1007/978-94-009-9197-2>
- Wojtal, A.Z., Ector, L., Van de Vijver, B., Morales, E.A., Blanco, S., Piatek, J., Smieja, A., 2011. The <i>Achnanthes minutissima</i> complex (Bacillariophyceae) in southern Poland. Arch. Hydrobiol. Suppl. Algal. Stud. 136, 211–238. <https://doi.org/10.1127/1864-1318/2011/0136-0211>
- Yang, J.R., Dickman, M., 1993. Diatoms as indicators of lake trophic status in central ontario, canada. Diatom Res. 8, 179–193.
<https://doi.org/10.1080/0269249x.1993.9705249>

APÊNDICES

Apêndice 1: espécies de diatomáceas registradas nas amostras do rio Cascavel, PR.



1-3. *Aulacoseira ambigua*. 4-5. *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*. 6-8. *Aulacoseira pusilla*. 9-10. *Discostella* sp. 11-13. *Discostella stelligera*. 14-16. *Fragilaria gracilis*. 17-18. *Fragilaria pectinalis*. 19. *Ulnaria ulna*. 20-22. *Eunotia bilunaris*. 23-25. *Eunotia botulitropica*. 26-28. *Eunotia meridiana*. 29-30. *Eunotia fallax*. 31-32. *Eunotia veneris*. 33-34. *Cymbopleura naviculiformis*. 35. *Encyonema angustecapitatum*. 36-38. *Encyonema neogracile*. 39-40. *Encyonema silesiacum*. 41-42. *Encyonema perpusillum*. 43-45. *Geissleria punctifera*. 46. *Gomphonema affine*. 47-49. *Gomphonema angustatum*. 50-51. *Gomphonema exilissimum*. 52-53. *Gomphonema pseudoaugur*. 54-56. *Gomphonema guaraniarum*. 57-59. *Gomphonema graciledictum*. 60-62. *Gomphonema naviculoides*. 63-64. *Gomphonema lagenula*. 65-66. *Gomphonema exilissimum*. 67-69. *Gomphonema pumilum*. 70-72. *Gomphonema saprophilum*. 73-74. *Achnanthisdium caledonicum*. 75. *Achnanthisdium exiguum*. 76-77. *Achnanthisdium macrocephalum*. 78-79. *Achnanthisdium minutissimum*. 80-81. *Achnanthisdium modestiforme*. 82. *Humidophila contenta*. 83-84. *Luticola acidoclinata*. 85. *Luticola hustedtii*. 86-87. *Luticola permuticoides*. 88-89. *Nupela pardinhoensis*. 90-91. *Brachysira neoexilis*. 92. *Halamphora montana*. 93. *Caloneis bacillum*. 94-95. *Pinnularia* sp. 1. 96. *Pinnularia* sp. 2. 97-98. *Sellaphora saugerresii*. 99. *Sellaphora tridentula*. 100-101. *Sellaphora pupula*. 102. *Navicula cryptotenella*. 103. *Navicula cryptocephala*. 104. *Navicula rostellata*. 105. *Navicula symmetrica*. 106-107. *Navicula salinicola*. 108-109. *Navicula tenelloides*. 110-111. *Hantzschia amphioxys*. 112. *Nitzschia* cf. *inconspicua*. 113-114. *Nitzschia palea*. Escalas: 10µm.

ANEXOS

ANEXO 1: normas da revista *Limnologica***LIMNOLOGICA**

Ecology and Management of Inland Waters

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

• Description	p.1
• Audience	p.1
• Impact Factor	p.1
• Abstracting and Indexing	p.2
• Editorial Board	p.2
• Guide for Authors	p.4



ISSN: 0075-9511

DESCRIPTION

Limnologica publishes peer-reviewed articles addressing biological, physical and chemical aspects of **freshwater ecosystems** and adjacent habitats. We particularly invite contributions dealing with applied topics (e.g. **ecotechnology, bioindication, restoration and conservation**) and with less frequently investigated **aquatic ecosystems** and world regions such as **South America, Africa and Asia**).

Limnologica is a primary journal for limnologists, aquatic ecologists, freshwater biologists, restoration ecologists and ecotoxicologists working with freshwater habitats.

AUDIENCE

Limnologists, ecologists, hydrobiologists, eco- and biotechnologists, biologists

IMPACT FACTOR

2017: 1.814 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2018

ABSTRACTING AND INDEXING

Aqualine Abstracts
 Biological Abstracts
 BIOSIS
 Cambridge Scientific Abstracts
 Water Resources Abstracts
 Pollution Abstracts
 Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts
 Chemical Abstracts
 Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences
 Ecological Abstracts
 Elsevier BIOBASE/Current Awareness in Biological Sciences
 EMBASE
 Excerpta Medica
 Fisheries Review
 Engineering Village - GEOBASE
 GeoRef
 INIS Atomindex
 NISC - National Information Services Corporation
 Oceanographic Literature Review
 Selected Water Resources Abstracts
 Science Citation Index Expanded
 Scopus
 Wildlife Review
 Zoological Record

EDITORIAL BOARD

Co Editor-in-Chief

Daniel Hering, Faculty of Biology, Aquatic Ecology, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstr. 5, 45117, Essen, Germany, Fax: +49 201 183 4442

Michael Hupfer, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Müggelseedamm 310, 12587, Berlin, Germany, Fax: +49 30 64181 - 682

Editorial Assistant

Jutta Schumacher, Faculty of Biology, Aquatic Ecology, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstr. 5, 45117, Essen, Germany, Fax: + 49(0)201/183-4442

Editors

Ingrid Chorus, Federal Environmental Agency of Germany (UBA), Schichauweg 58, 12307, Berlin, Germany
Martin Schmid, Swiss Federal Institute of Aquatic Science & Technology (EAWAG), Seestraße 79, CH 6047, Kastanienbaum, Switzerland, Fax: +41 41 349 2162

Stefan Woelfl, Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile, Fax: ++56-63-221315

Christian Wolter, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Müggelseedamm 310, D-12587, Berlin, Germany

Advisory Board

Kaare Aagaard, Norwegian University of Science & Technology NTNU, Schøninghuset, Norway

Gunnel Ahlgren, Uppsala Universitet, Uppsala, Sweden

Ivan Arismendi, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA

Irmgard Blindow, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Kloster, Germany

Bertram Boehrer, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Magdeburg, Germany

Maria Dittrich, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada

Martin Dokulil, Austrian Academy of Sciences, Mondsee, Austria

Sami Domisch, Yale University, New Haven, Connecticut, USA

Philipp Fischer, Alfred Wegener Institute, Helgoland, Germany

Silvano Focardi, Università degli Studi di Siena, Siena, Italy

Wilhelm Foissner, Universität Salzburg, Salzburg, Austria

Leopold Füreder, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Hötting, Austria

Walter Geller, Freiburg, Germany

Giovany Guevara, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia

Hans Jürgen Hahn, Universität Koblenz-Landau, Landau, Germany
Peter Hancock, University of New England, Armidale, New South Wales, Australia
Seppo Hellsten, Finnish Environment Institute, Oulu, Finland
Peter Herzsprung, Umweltforschungszentrum (UFZ) Leipzig-Halle GmbH, MAGDEBURG, Germany
Henning Jensen, University of Southern Denmark, Odense M, Denmark
Gary Jones, UNSW Australia, Bruce, Australian Capital Territory, Australia
Peter Kasprzak, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Stechlin, Germany
Martyn Kelly, Bowburn Consultancy, Bowburn, England, UK
Thomas Mehner, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlin, Germany
Elisabeth I. Meyer, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Germany
Wolf M. Mooij, Netherlands Institute of Ecology, Wageningen, Netherlands
Ernst Nusch, Essen, Germany
Oscar Parra, Universidad de Concepcion, Concepción, Chile
Fernando Luis Pedrozo, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina
Ricardo M. Pinto-Coelho, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brazil
Peter H. Rich, University of Connecticut, Storrs, Connecticut, USA
Thomas Rohrlack, Norwegian University of Life Sciences, Aas, Norway
Sergei Ryanzhin, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation
Astrid Schmidt-Kloiber, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria
Claus-Jürgen Schulz, Staatliches Umweltamt Sondershausen, Sondershausen, Germany
Katrin Teubner, University of Vienna, Vienna, Austria
Ralf Thiel, Universität Hamburg, Hamburg, Germany
Thomas Weisse, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Mondsee, Austria
Heike Zimmermann-Timm, Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Unpublished papers of scientific value which comply with the standards of the editorial aims of LIMNOLOGICA will be readily accepted. Acceptance for publication is dependent upon recommendation by one of the editors. The editor-in-chief reserves the right to reject any manuscript submitted, whether on invitation or otherwise, and to make suggestions and modifications before publication. All manuscripts will be peer-refereed. Submission of a manuscript implies that the submitted work has not been published before (except as part of a thesis, lecture note or in the form of an abstract) and that it is not under consideration for publication elsewhere.

Manuscripts can be published as original investigations, short communications or reviews.

Research articles: Research articles are reports of original research within the scope of the journal (<http://www.journals.elsevier.com/limnologica/>). By default, the manuscript should be divided into: Abstract, Introduction, Material and methods, Results, Discussion (or together as Results and Discussion), Acknowledgements, References. Other structures are possible, if appropriate.

Short communications: A short communication is a concise, but independent report representing a significant contribution to limnology, which is however not suited as a full research article. For instance, short communications might report a case study on a topic already documented in literature, but now being investigated e.g. in another region. Short communications should not exceed 2,000 words of text (excl. references and figures), 3 figures or tables, and 20 references. They should include a short Abstract (max. 75 words). They should not include subheadings (Introduction, Material and methods etc.) but should follow this pattern, if appropriate.

Reviews: Manuscripts that review and integrate the current state of knowledge in a special field of limnology are also welcome. The text must provide an Abstract, special headings depending on the subject, Acknowledgements, References.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

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

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

Manuscripts should be prepared with numbered lines, with wide margins, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc. should be numbered.

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa

- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

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

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

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

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).
- No open access publication fee payable by authors.
- The Author is entitled to post the [accepted manuscript](#) in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The [published journal article](#) cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or Academia.edu, to ensure the sustainability of peer-reviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below.

Gold open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

Creative Commons Attribution (CC BY)

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

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The gold open access publication fee for this journal is **USD 1500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [green open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 24 months.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's WebShop.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

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

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

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

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

References

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

Formatting Requirements

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

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

Divide the article into clearly defined sections. Please do not include line numbering, as line numbers will be added automatically to the submitted manuscript.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. [More information on types of peer review](#).

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

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

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

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

Introduction

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

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

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

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

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

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

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

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

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

Highlights

Highlights are a short collection of bullet points that convey the core findings of the article. Highlights are optional and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

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

Acknowledgements

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

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

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

Artwork

Electronic artwork

General points

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

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

Formats

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

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

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

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

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

Please do not:

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

Color artwork

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

information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Illustration services

[Elsevier's WebShop](#) offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

Figure captions

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

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

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

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

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

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#) and [Zotero](#), as well as [EndNote](#). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/limnologica>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

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

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your Data in Brief.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the MethodsX website. Please use [this template](#) to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

Scientific names

Italics should be used for all scientific names from the level of the genus downward.

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

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

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

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>