

Diatomáceas bioindicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos: uma revisão

Diatoms bioindicators of the quality of aquatic environments: a review

Ana Paula Teixeira^{1*}, Andressa de Oliveira Brito², João Paulo Francisco de Souza³, Paulo Fernandes Roges Sousa Silva⁴

1 Universidade Estadual de Goiás (UEG) Câmpus Henrique Santillo, BR-153, Nº 3105, Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis, Goiás, Brasil. E-mail: anapaulateixeira.bio@gmail.com. 2 Universidade Estadual de Goiás (UEG) Câmpus Henrique Santillo, BR-153, Nº 3105, Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis, Goiás, Brasil. 3 Universidade Estadual de Goiás (UEG) Câmpus Henrique Santillo, BR-153, Nº 3105, Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis, Goiás, Brasil. 4 Universidade Estadual do Mato Grosso (UneMat), Campus Universitário de Nova Xavantina, Av. Prof. Dr. Renato Figueiro Varella, S/N, CEP 78.690-000, Nova Xavantina-MT.

*Autor para correspondência: anapaulateixeira.bio@gmail.com

Resumo A diversidade biológica presente nos ecossistemas aquáticos está sujeita a diferentes pressões antrópicas como a poluição por contaminantes resultante da agricultura, processos industriais ou efluentes residenciais. Assim, estudos de monitoramento ambiental dos ecossistemas aquáticos utilizando organismos biológicos se mostram úteis e eficientes. As algas diatomáceas são bioindicadoras da qualidade da água, portanto nesse trabalho revisamos a literatura sobre o uso de diatomáceas como bioindicadoras, ressaltando as principais características do grupo e os ambientes que algumas espécies toleram. A resposta das espécies de diatomáceas à eutrofização ou poluição é utilizada em estudos de monitoramento da qualidade da água, indicando diferentes níveis de trofia dos ecossistemas.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental, Algas, *Bacillariophyta*, Eutrofização.

Abstract The biological diversity present in aquatic ecosystems is subject to different anthropogenic pressures such as pollution from contaminants re-

sulting from agriculture, industrial processes or residential effluents. Thus, environmental monitoring studies of aquatic ecosystems using biological organisms are useful and efficient. Diatom algae are bioindicators of water quality, so in this work we review the literature on the use of diatoms as bioindicators, highlighting the main characteristics of the group and the environments that some species tolerate. The response of diatom species to eutrophication or pollution is used in water quality monitoring studies, indicating different levels of ecosystem trophic.

Keywords: Environmental monitoring, Algae, *Bacillariophyta*, Eutrophication.

Introdução

Atividades antropogênicas que promovem a fragmentação e degradação de habitats, propagação de espécies invasoras, surtos de doenças, poluição e contaminação por efluentes domésticos e industriais

em ambientes terrestres e aquáticos têm aumentado a preocupação da comunidade científica, pois estressores ambientais podem levar a perda de biodiversidade e afetar processos ecossistêmicos, reduzindo a resiliência a mudanças no ambiente. (SCHEFFER et al., 2001, VINEBROOKE et al., 2004, DUDGEON et al., 2006, KEESING et al., 2010, BELLARD et al., 2012, DURÃES et al., 2013, ENDRES JÚNIOR et al., 2015). Na tentativa de solucionar esses problemas muitas estratégias são sugeridas, dentre as mais populares está a adoção de técnicas de biomonitoramento para diagnosticar e avaliar o estado ecológico e diversidade biológica em ambientes impactados (OLIVEIRA et al., 2014, SIDDIG et al., 2016).

O biomonitoramento é um método utilizado em estudos de avaliação de impacto ambiental, cujo objetivo principal é preservar a integridade dos ecossistemas naturais com base na resposta de organismos a alterações em variáveis físicas e químicas (BONADA et al., 2006, KUMARI et al., 2007). O monitoramento biológico aquático fornece informações sobre o efeito de poluentes sobre as comunidades aquáticas, que podem orientar a legislação ambiental (OERTEL; SALÁNKI, 2003). As vantagens do biomonitoramento em relação ao monitoramento convencional, que é baseado em parâmetros físicos e químicos, são principalmente o custo reduzido e simplicidade de operação (SANTOS et al., 2014).

Nos ambientes aquáticos os organismos mais utilizados para o biomonitoramento são respectivamente macroinvertebrados, peixes e algas (LI et al., 2010). As algas constituem um dos grupos de organismos ecologicamente mais importantes nos ecossistemas aquáticos, pois além de serem a base da cadeia alimentar nesses ambientes, são consideradas boas indicadoras de condições ambientais devido ao seu curto ciclo de vida, taxa de reprodução rápida e sensibilidade a alterações em variáveis limnológicas (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004, OMAR, 2010). Esses organismos respondem a mudanças na temperatura, pH, luminosidade, salinidade, turbidez, sólidos em suspensão e enriquecimento de nutrientes, esse último geralmente provoca eutrofização (VAN DAM et al., 1994, STENGER-KOVÁCS et al., 2007, DESROSIERS et al., 2013, ISBELL et al., 2013, AGHA et al., 2016). Nesse sentido, alterações nos níveis de nutrientes e contaminantes nos ambientes aquáticos afetam os níveis populacionais e/ou taxas fotossintéticas das algas (PARMAR et al., 2016).

As algas diatomáceas são conhecidas por sua

alta produtividade primária e por serem indicadoras da qualidade dos ecossistemas aquáticos (BELLINGER; SEGIEE, 2010). Elas são sensíveis a mudanças em parâmetros físico-químicos dos corpos de água e sua composição e abundância são determinadas pela sua tolerância ao estado trófico do ambiente (JUTTNER et al., 2003, MORESCO; RODRIGUES, 2014). No presente trabalho resumimos a literatura científica para demonstrar a importância das diatomáceas como bioindicadoras da qualidade dos ecossistemas aquáticos.

Diatomáceas (*Bacillariophyta*)

As diatomáceas são algas ubíquas e cosmopolitas pertencente a divisão *Bacillariophyta*. Estima-se que exista cerca de 40.000 espécies globalmente distribuídas. A maioria é fotossintética e necessita de exposição a luz para seu crescimento. Trata-se de um grupo de algas caracterizado pela presença de flagelos em apenas alguns gametas masculinos e pela parede celular chamada de frústula composta por sílica polimerizada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) a qual é dividida em duas metades (valvas), com morfologia diversificada que permite sua identificação e classificação em espécies ou subespécies (ROUND et al., 1990, RAVEN et al., 1996, BATHURST et al., 2010). Devido sua alta diversidade as diatomáceas são consideradas “os insetos do mundo microbiano”. São algas unicelulares, mas que são capazes de formar filamentos frouxos, cadeias ou colônias, podendo ser encontradas livres ou fixas em substratos. Em relação aos pigmentos fotossintéticos nelas é possível encontrar clorofilas a e c, além de carotenoides (JUDD, et al., 2009).

Duas grandes linhagens de diatomáceas são conhecidas, uma de diatomáceas cêntricas e outra de diatomáceas penadas. As cêntricas têm as valvas com simetria radial quando vistas em mais de dois planos, apresentando reprodução sexuada oogâmica. Já diatomáceas penadas têm simetria bilateral, com produção de gametas ameboides (KOCIOLEK et al., 2003). As diatomáceas são amplamente distribuídas na natureza, pois são aptas a colonizar ambientes aquáticos marinhos e dulciaquícolas, e até mesmo ambientes terrestres úmidos ou onde há acúmulo de água, como os fitotelmata (FRANCESCHINI et al., 2010).

Diatomáceas: importantes bioindicadoras da qualidade da água

Vários grupos de organismos são usados para avaliar os efeitos de poluentes e da eutrofização sobre as comunidades aquáticas, sendo as diatomáceas muito utilizadas nas pesquisas, pois (1) suas assembleias mudam em diferentes condições ambientais; (2) elas integram todo o conjunto de poluentes da água; (3) se reproduzem rapidamente, o que pode indicar condições ecológicas de dias a semanas; (4) as valvas de sílica são resistentes à decomposição; e (5) com experiência é fácil sua identificação sob microscópio (MCCORMICK; CAIRNS, 1994, BELORE et al., 2002, TAPIA, 2008). Análises da qualidade da água usando diatomáceas fornecem resultados tão precisos quanto o uso de macroinvertebrados (BELORE et al., 2002). Assim, conhecer a taxonomia e ecologia das diatomáceas é imprescindível em trabalhos de monitoramento ambiental (WENGRAT et al., 2007).

Até mesmo diatomáceas acumuladas no sedimento podem ser usadas em estudos paleoecológicos, pois elas acumulam informações de eventos passados, indicando o estado de eutrofização e con-

servação de ambientes aquáticos (FONTANA; BICUDO, 2009). De acordo com Jüttner et al. (2003) o uso de diatomáceas como indicadoras da qualidade da água se iniciou em rios temperados e posteriormente em ambientes tropicais e subtropicais, em seu estudo eles

concluíram que a riqueza e diversidade de diatomáceas aumentam significativamente com aumento de Si, Na, PO₄, K, Cl, SO₄ e NO₃ e diminui com aumento de Al, Fe, Mg, Ca, surfactantes e fenóis.

A eutrofização dos ambientes aquáticos ocasionada pela entrada excessiva de nutrientes como fósforo e nitrogênio devido a causas antrópicas, como poluição pontual ou difusa, provoca sérios prejuízos à biodiversidade (SMITH et al., 1998), pois com o aumento da biomassa algal devido a altos níveis de nutrientes na água, ocorre a proliferação de bactérias para decompor a biomassa causando depleção de oxigênio, o que afeta os níveis superiores na cadeia trófica, nesses casos as diatomáceas podem ser utilizadas para indicar o grau de eutrofização do ambiente aquático, possibilitando estratégias de restauração e conservação (BELLINGER et al., 2006, CONLEY et al., 2009, SILVA et al., 2010).

O uso de diatomáceas como bioindicadores

Tabela 1. Diatomáceas com tolerância a ambientes aquáticos com diferentes estados tróficos.

Espécies de diatomáceas	Tolerância a ambiente	Ambiente aquático	Referência
<i>Achnantheidium minutissimum</i> ; <i>Aulacoseira itálica</i> ; <i>Cocconeis placentula</i> <i>var. lineata</i> ; <i>Encyonema silesiacum</i> ; <i>Eolimna mínima</i> ; <i>Eunotia bilunaris</i> ; <i>Fragilaria parva</i> ; <i>Gomphonema parvulum var. saprophilum</i> ; <i>Gomphonema gracile</i> ; <i>Gomphonema parvulum</i> ; <i>Lemnicola hungarica</i> ; <i>Navicula cryptotenella</i> ; <i>Nitzschia palea</i> ; <i>Sellaphora seminulum</i> .	Hipereutrófico	Reservatório	FARIA et al. (2013)
<i>Luticola goeppertiana</i> ; <i>Sellaphora pupula</i> ; <i>Eolimna subminuscula</i> ; <i>Ulnaria ulna</i> .	Tolerante à poluição	Rio	SALOMONI et al. (2006)
<i>Nitzschia palea</i> .	Hipereutrófico	Rio	SALOMONI et al. (2006)

<i>Encyonema minutum</i> ; <i>Eunotia bilunaris</i> ; <i>Frustulia saxônica</i> ; <i>Frustulia crassinervia</i> ; <i>Navicula cryptonella</i> ; <i>Cyclotella meneghiniana</i> ; <i>Diadesmis contenta</i> ; <i>D. confervacea</i> ; <i>Navicula radiosa</i> , <i>N. rostellata</i> ; <i>Nitzschia amphibia</i> ; <i>N. palea</i> var. <i>tenuirostris</i> ; <i>Pinnularia Braunii</i> ; <i>Sellaphora seminulum</i> <i>Synedra acus</i> ; <i>Cocconeis placentula</i> ; <i>Gomphonema gracile</i> ; <i>Gomphonema Parvulum</i> ; <i>Lemnicola hungarica</i> ; <i>Navicula cryptocephala</i> ; <i>Nitzschia clausii</i> .	Mesotrófico	Rio	SALOMONI et al. (2006)
<i>Achnanthes impexa</i> ; <i>Cocconeis placentula</i> ; <i>Cymbella turgid</i> ; <i>Eolimna mínima</i> ; <i>Eunotia</i> sp.	Ambientes pouco poluídos	Rio	SALOMONI et al. (2006)
<i>Fragilaria crotonensis</i> ; <i>Gomphonema gracile</i> ; <i>Nitzschia gracilis</i> .	Mesotrófico	Reservatório	SILVA et al. (2010)
<i>Fragilaria vaucheriae</i> var. <i>capitellata</i> ; <i>Gomphonema pseudoaugur</i> ; <i>Gomphonema pumilum</i> ; <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> ; <i>Luticola mutica</i> ; <i>Navicula cryptocephala</i> ; <i>Navicula rostellata</i> ; <i>Craticula halophila</i> ; <i>Craticula riparia</i> ; <i>Nitzschia clausii</i> ; <i>Surirella angusta</i> .	Eutrófico	Reservatório	SILVA et al. (2010)
<i>Stenopterobia delicatissima</i> ; <i>Diploneis ovalis</i> ; <i>Diploneis subovalis</i> ; <i>Chamaepinnularia mediocris</i> ; <i>Pinnularia divergens</i> var. <i>media</i> ; <i>Pinnularia brauniana</i> ; <i>Pinnularia borealis</i> var. <i>rectangularis</i> ; <i>Neidium affine</i> ; <i>Brachysira rostrata</i> ; <i>Frustulia saxônica</i> ; <i>Frustulia crassinervia</i> ; <i>Frustulia neomundana</i> ; <i>Planothidium biporum</i> ; <i>Encyonopsis schubartii</i> ; <i>Encyonopsis diffi cilis</i> ; <i>Encyonema neomesianum</i> ; <i>Eunotia subarcuatooides</i> ; <i>Eunotia rhomboidea</i> ; <i>Eunotia naegelii</i> ; <i>Eunotia pirla</i> ; <i>Eunotia rabenhorstii</i> ; <i>Eunotia flexuosa</i> ; <i>Eunotia major</i> .	Oligotrófico	Reservatório	SILVA et al. (2010)

no Brasil é recente e centralizado na região sul com estudos de descrição da comunidade e inferências ecológicas, abordando particularmente a eutrofização (LOBO; TORGAN, 1988; LOBO et al., 2002, LOBO et al., 2004, SALOMONI et al., 2006). Atualmente

os estudos com esses organismos vem avançando no Brasil contemplando seus aspectos como bioindicadores em outros biomas e regiões (PROCOPIAK et al., 2006; ALMEIDA; BICUDO 2014).

Tabela 2. Tolerância de diatomáceas a eutrofização em rios do sudeste brasileiro de acordo com Lobo et al., (2004).

Espécies de diatomáceas	Tolerância a eutrofização do ambiente aquático
<i>Amphora montana</i> ; <i>Frustulia cf. weinholdii</i> ; <i>Luticola goeppertiana</i> ; <i>Geissleria aikenenses</i> ; <i>Rhopalodia gibberula</i> ; <i>Surirella angusta</i> ; <i>Ulnaria ulna</i> .	Muito baixa
<i>Cocconeis placentula var. placentula</i> ; <i>Encyonema silesiacum</i> ; <i>Gomphonema angustum</i> ; <i>Nitzschia amphibia</i> ; <i>Planothidium rostratum</i> .	Baixa
<i>Adlafia bryophila</i> ; <i>Amphipleura lindheimeri</i> ; <i>Cocconeis placentula var. euglypta</i> ; <i>Cyclotella meneghiniana</i> ; <i>Cymbella affinis</i> ; <i>Cymbella aff. hustedii</i> ; <i>Diadsmis contenta</i> ; <i>Gomphonema cf. clevei</i> ; <i>Melosira varians</i> ; <i>Navicula cryptotenella</i> ; <i>Navicula gregaria</i> ; <i>Navicula symmetrica</i> ; <i>Nitzschia linearis</i> ; <i>Nitzschia palea</i> .	Média
<i>Eolimna minima</i> ; <i>Fragilaria capucina var. rumpens</i> ; <i>Gomphonema angustatum</i> ; <i>Gomphonema parvulum</i> ; <i>Navicula rostellata</i> .	Alta
<i>Achnanthes exigua var. exigua</i> ; <i>Achnantheidium minutissimum</i> ; <i>Mayamea atomus</i> ; <i>Sellaphora seminulum</i>	Muito alta

Considerações finais

As diatomáceas são muito utilizadas em estudos de biomonitoramento da qualidade da água, há espécies típicas de ambiente oligotróficos e mesotróficos. Há espécies de diatomáceas que toleram níveis altos de poluição outras existem em ambientes com nível de eutrofização muito baixa. Entretanto a resposta rápida das diatomáceas a mudanças nas variáveis físicas e químicas da água permite o uso dessas algas como bioindicador em substituição ou suporte aos índices baseados apenas em variáveis físico-químicas.

Referências Bibliográficas

Agha R, Saebefeld M, Manthey C, Rohrlack T, Wolinska J (2016) Chytrid parasitism facilitates trophic transfer between bloom forming cyanobacteria and zooplankton (*Daphnia*). **Scientific Reports** 6(1): 1-8.

Almeida PD, Bicudo DDC (2014) Diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Sudeste do Brasil. **Hoehnea** 41(2): 187-207.

- Bathurst RR, Zori D, Byock J (2010) Diatoms as bioindicators of site use: locating turf structures from the Viking Age. **Journal of Archaeological Science** 37(1): 2920-2928.
- Bellard C, Bertelsmeier C, Leadley P, Thuiller W, Courchamp F (2012) Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology Letters** 15(4): 365-377.
- Bellinger BJ, Cocquyt C, O'Reilly CM (2006) Benthic diatoms as indicators of eutrophication in tropical streams. **Hydrobiologia** 573(1): 75-87.
- Bellinger EG, Sigeo DC (2010) **Freshwater algae: identification and use as bioindicators**. John Wiley & Sons, Chichester.
- Belore ML, Winter JG, Duthie HC (2002) Use of diatoms and macroinvertebrates as bioindicators of water quality in southern ontario rivers. **Canadian Water Resources Journal** 27(4): 457-484.
- Bicudo CEM, Menezes M (2010) Introdução: As algas do Brasil. **Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro** 1(1): 49-60.
- Bonada N, Prat N, Resh VH, Stazner B (2006) Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative Analysis of Recent Approaches. **Annual Review of Entomology** 51(1): 495-523.
- Conley DJ, Paerl HW, Howarth RW, Boesch DF, Seitzinger SP, Havens KE, Lancelot C, Likens GE (2009) Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. **Science** 323(5917): 1014-1015.
- Desrosiers C, Leflaivea J, Eulinb A, Ten-Hagea L (2013) Bioindicators in marine waters: Benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophic coastal ecosystems. **Ecological Indicators** 32(4): 25-34.
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan SA (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews** 81(2): 163.
- Durães R, Carrasco L, Smith TB, Karubian J (2013) Effects of forest disturbance and habitat loss on avian communities in a Neotropical biodiversity hotspot. **Biological Conservation** 166(1): 203-211.
- Endres JD, Sasamori MH, Cassanego MBB, Droste A (2015) Biomonitoring of water genotoxicity in a Conservation Unit in the Sinos River Basin, Southern Brazil, using the *Tradescantia micronucleus* bioassay. **Brazilian Journal of Biology** 75(2): 91-97.
- Faria M, Guimarães ATB, Ludwig TAV (2013) Responses of periphytic diatoms to mechanical removal of *Pistia stratiotes* L. in a hypereutrophic subtropical reservoir: dynamics and tolerance. **Brazilian Journal of Biology** 73(4): 681-689.
- Fontana L, Bicudo DC (2009) Diatomáceas (Bacillariophyceae) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): *Coscinodiscophyceae* e *Fragilariophyceae*. **Hoehnea** 36(3): 375-386.
- IM, Franceschini IM, Burliga AL, Reviers B, Hamlaoui S, Prado JF (2010) **Algas: uma abordagem filogenética taxonômica e ecológica**. Porto Alegre: Artmed 73-213.
- Gobler CJ, Joann M, Burkholder B, Timothy W, Davis C, Matthew J. Harke A, Tom JD, Craig A, Stow C, Dedmer B, Van De Waal E (2016) The dual role of nitrogen supply in controlling the growth and toxicity of cyanobacterial blooms. **Harmful Algae** 54(1): 87-97.
- Guiry MD (2012) How many species of Algae are there? **Journal of Phycology** 48 (5): 1057-1063.
- Hammond PM (1992) Global biodiversity, status of the earth's living resources species inventory. In: GROOMBRIDGE B. **Royal Society of London** 345(1):119-136.
- Isbell F, Reich PB, Tilman D, Hobbie SE, Polasky S, Binder S (2013) Nutrient enrichment, biodiversity loss, and consequent declines in ecosystem productivity. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 110:11911-1191.
- Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ (2009) **Sistemática Vegetal – Um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Artmed.
- Jüttner I, Sharma S, Dahal BM, Ormerod SJ, Chimonides PJ, Cox EJ (2003) Diatoms as indicators of stream quality in the Kathmandu Valley and Middle Hills of Nepal and India. **Freshwater Biology** 48(11): 2065-2084.
- Keesing F, Belden LK, Daszak P, Dobson A, Harvell CD, Hudson P, Jolles A, Jones KE, Mitchell CE, Myers SS, Bogich T, Ostfeld R (2010) Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. **Nature** 468(6): 647-652.
- Kitner M, Pouličková A (2003) Littoral diatoms as indicators for the eutrophication of shallow lakes. **Hydrobiologia** 506(1): 519-524.
- Kociolek JP, Theriot EC, Williams DM, Julius M. Stoermer EF, Kingston JC (2003) Centric and Araphid. In WEHR, J.; Sheath, R. **Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification**. San Die-

go, Academic Press.

Kumari P, Dhadse S, Chaudhari PR, Wate SR (2007) Bioindicators of pollution in lentic water bodies of Nagpur city. **Journal of Environmental Science & Engineering** 49(4): 317-324.

Lee RE (2008) Phycology. Cambridge: Cambridge University Press.

Li L, Zheng B, Liu L (2010) Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: Definitions, approaches and trends. **Procedia Environmental Sciences** 2: 1510–1524.

Lobo EA, Callegaro VLM, Bender P (2002) **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul, EDUNISC.

Lobo EA, Callegaro VLM, Hermany G, Bes D, Wetzel CE, Oliveira MA (2004) Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia** 16(1): 25-40.

Lobo EA, Torgan LC (1978) Análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae), em duas estações do sistema Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, 1: 103-119, 1988. Margalef, R. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. **Oceanologica Acta** 4(1): 493-509.

McCormick PV, Shuford RBE, Backus JG, Kennedy WC (1997) Spatial and seasonal patterns of periphyton biomass and productivity in the northern Everglades, Florida, USA. **Hydrobiologia** 362(1–3): 185–208.

Moresco C, Rodrigues L (2014) Periphytic diatom as bioindicators in urban and rural streams. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 36(1): 67–78.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403(6772):853–858.

Oertel N, Salánki J (2003) Biomonitoring and Bioindicators in Aquatic Ecosystems. In: AMBASHT, R. S., Ambasht, N. K. **Modern trends in applied aquatic ecology**. Boston, Springer.

Oliveira MA, Gomes CFF, Pires EM, Marinho CGS, Lucia TMCD (2014) Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres** 61:801-807.

Omar WMW (2010) Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to Ma-

laysian freshwater ecosystems. **Tropical Life Sciences Research** 21(2): 51–67.

Parmar TK, Rawtani D, Agrawal YK (2016) Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. **Frontiers in Life Science** 9(2): 110–118.

Procopiak LK, Fernandes LF, Moreira FH (2006) Diatomáceas (*Bacillariophyta*) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. **Biota Neotropica** 6(3): 1-28.

Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE (1996) **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990) **The Diatoms - Biology & Morphology of the genera**. Cambridge, University Press.

Salomoni SE, Rocha O, Callegaro VL, Lobo EA (2006) Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravata river, Rio Grande do Sul, Brazil. **Hydrobiologia** 559(1): 233–246.

Santos CM, Oliveira RC, Roig HL, Réquia Júnior, WJ (2014) Biomonitoramento passivo com casca de aroeira vermelha (*Myracrodruon urundeuva* Lorenzi Harri) para verificar a variabilidade espacial da poluição atmosférica em uma região do Distrito Federal, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 19(4): 453-460.

Scheffer M, Carpenter S, Foley JA, Folke C, Walker B (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. **Nature** 413: 591-596.

Siddig AAH, Ellison AM, Ochs A, Villar-Leemand C, Laub MK (2016) How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators. **Ecological Indicators** 60: 223–230.

Silva AMDA, Ludwig TAV, Tremarin PI, Vercellino IS (2010) Diatomáceas perifíticas em um sistema eutrófico brasileiro (Reservatório do Iraí, estado do Paraná). **Acta Botanica Brasilica** 24(4): 997–1016.

Smith VH, Tilman GD, Nekola JC (1998) Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution** 100(1–3):179–196.

Stenger-Kovács CS, Buczkó K, Hajnal É, Padisák J (2007) Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. **Hydrobiologia** 589: 141–154.

Tapia PM (2008) Diatoms as bioindicators of pollution in the Mantaro River, Central Andes. **International Journal of Environment and Health** 2(1): 82-91.

Peru (2008) **International Journal of Environment**

and Health 2 (1): 82–91.

Van Dam H, Mertens A, Skindellam J (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from Netherlands. **Netherland Journal of Aquatic Ecology** 28(1): 117-133.

Vidotti EC, Rollemberg MDCE (2004) Algas: Da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Quimica Nova** 27(1): 139–145.

Vinebrooke RD, Cottingham KL, Norberg J, Scheffer M, Dodson SI, Maberly SC, Sommer U (2004) Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: the role of species co-tolerance. **Oikos** 104(4): 451–457.

Wengrat S, Tavares B, Silva AMD, Aquino NF (2007) Riqueza de *Bacillariophyta* (*Nitzschia*) no Rio Piquiri , Nova Laranjeira - Paraná , nos anos de 2003 e 2004. **Revista Brasileira de Biociências** 5(2): 1002-1004.