



Foto: Alexandre Matthiensen

# Capítulo 10

Diagnóstico ambiental do lajeado  
Clarimundo e lajeado Fragosos  
Composição, abundância e diversidade  
da comunidade fitoplanctônica

*Helga Cristina Fuhrmann Dinnebier*

*William Michelin*

*Luiz Antônio Calvi Junior*

*Andressa Garbossa*

*Alexandre Matthiensen*



## Introdução

Os rios são coletores naturais das paisagens que compõem suas bacias hidrográficas, refletindo o uso e a ocupação do solo na qualidade da água. Entre os principais impactos ambientais decorrentes da ação antrópica, destacam-se o assoreamento, a diminuição da diversidade ecológica e a eutrofização artificial (Ceolin et al., 2017). Tradicionalmente, a qualidade da água é avaliada mediante variáveis físico-químicas e microbiológicas. No entanto, considerando a capacidade de autodepuração e o fluxo unidirecional dos ecossistemas lóticos, os resultados podem ser mascarados quando há um pequeno número de avaliações, como uma “fotografia” do ambiente (Ceolin et al., 2017). Dessa forma, o monitoramento de variáveis bióticas se constitui em excelente ferramenta na avaliação de modificações antrópicas na qualidade da água, uma vez que os organismos que compõe a comunidade biológica aquática apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e limites de tolerância a diferentes alterações no ecossistema.

Os principais bioindicadores utilizados para o monitoramento de ecossistemas aquáticos são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidade perifítica (Goulart; Callisto, 2003). Microalgas e cianobactérias também são importantes bioindicadores para monitorar o saneamento e a ecologia de ecossistemas aquáticos, no aspecto do enriquecimento por nutrientes no ambiente (Desrosiers et al., 2013; Rorig, 2013). Os grupos de organismos utilizados em avaliações e diagnósticos de qualidade da água podem ser usados separadamente ou de forma complementar entre si e com parâmetros físicos e químicos.

Em sua diversidade, as microalgas (divisão Eukarya) e cianobactérias (divisão Bactéria) são organismos fotossintetizantes, microscópicos e amplamente distribuídos em ambientes úmidos terrestres ou em ambientes aquáticos de água doce, salobra e salgada. Assim, podem ser encontrados no fitoplâncton presente na coluna d’água ou nos microfítobento e perifítton associados ao substrato (Rorig, 2013; Richmond, 2017; Lee, 2018).

A composição taxonômica, bem como a diversidade da comunidade fitoplancônica, podem ser utilizadas como indicadores para avaliar a dinâmica do ecossistema aquático e inferir prováveis causas de desequilíbrio ambiental

(Gentil et al., 2008). A variação no número de gêneros nas diferentes comunidades é denominada “diversidade” e é calculada utilizando variáveis quantitativas. A estrutura e a dinâmica da comunidade fitoplanctônica se caracteriza a partir dos seus índices de diversidade, que são determinados pela quantidade de grupos/gêneros/espécies existentes, suas propriedades fisiológicas, seu potencial genético, bem como fatores ambientais, parasitismo e ação de pastoreio (Lopes, 2000).

Nessa perspectiva, este capítulo objetiva apresentar a composição taxonômica, abundância e diversidade da comunidade de fitoplâncton presente na microbacia do lajeado Clarimundo e na sub-bacia do lajeado Fragosos. Também objetiva fornecer informações sobre a distribuição do fitoplâncton durante um ciclo anual, como parte do diagnóstico da qualidade da água e da biodiversidade do projeto Avaliação de indicadores e estratégias para valoração de serviços ambientais em bacias hidrográficas com produção intensiva de animais (SA-SuAve).

## Materiais e métodos

O estudo quali-quantitativo da comunidade fitoplanctônica da sub-bacia do lajeado Fragosos foi desenvolvido a partir da coleta de amostras de água em oito pontos no trecho do rio (Figura 1 do Capítulo 9). Foram realizadas 13 campanhas mensais entre agosto de 2016 e agosto de 2017.

As amostras foram coletadas com uma rede de fitoplâncton (20  $\mu\text{m}$ ), cujo volume de água filtrado foi contabilizado com auxílio de um balde de 12 L. As amostras foram acondicionadas e armazenadas em frascos âmbar de 250 mL e a preservação do conteúdo amostral foi assegurado por dois métodos:

- em um dos frascos foi adicionado aproximadamente 10 gotas de Lugol;
- no outro frasco foi adicionado 55 mL de formalina (4%) para completar o volume.

As análises qualitativas e quantitativas foram realizadas no Laboratório de Análises Ambientais da Universidade do Contestado, em microscópio trinocular (Nikon TNB-04T-PL). A quantificação de fitoplâncton foi efetuada pelo

método de contagem dos organismos/células presentes num volume conhecido utilizando a câmara de Sedgewick-Rafter. Assim, temos:

$$C_{cel} = \frac{CC \times Fd \times Va \times 2}{Vf}$$

Onde:

**CCel:** concentração de células (número de células por litro)

**CC:** Número de células contadas

**Fd:** Fator de diluição

**Va:** Volume armazenado (L)

**Vf:** Volume filtrado (L)

A identificação taxonômica da comunidade fitoplanctônica seguiu a descrição de Bicudo e Menezes (2006).

A ecologia das espécies presentes na comunidade fitoplanctônica foi avaliada pelos índices de diversidade de equitabilidade e de similaridade.

A diversidade se refere à medida de quanto a abundância da comunidade está distribuída entre as espécies. Dessa forma, o valor de H aumenta conforme aumenta o número de espécies e a distribuição de indivíduos se torna uniforme.

O índice de diversidade de Shannon (H) foi estimado pela seguinte equação:

$$H = - \sum_{i=1}^R P_i \ln P_i$$

Onde:

**Pi:** número de indivíduos pertencentes a um determinado grupo dividido pelo total de indivíduos da amostra

A equitabilidade ou uniformidade mensura o quão homogênea a abundância é distribuída entre as espécies, variando de 0 a 1. O índice de equitabilidade (E) foi calculado pelo índice de Pielou, em que seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

$$E = \frac{H}{\ln R}$$

Onde:

**H:** índice de diversidade de Shannon's

**R:** número de grupos identificados.

A similaridade compara a presença e ausência dos grupos nos pontos (Begon et al., 2006; Odum; Barrett, 2004). O índice de similaridade foi calculado pela equação de Czekanowski:

$$CZ_{ik} = \frac{2 \sum_{j=1}^S \min(x_{ij}, x_{kj})}{\sum_{j=1}^S \min(x_{ij} + x_{kj})}$$

Onde:

**X<sub>ij</sub>:** abundância das espécies *j*th na amostra *i*th

**X<sub>kj</sub>:** abundância da mesma espécie na amostra *k*th

**S:** número de espécies em todas as amostras

**Min (X<sub>ij</sub>; X<sub>kj</sub>):** abundância mínima de cada espécie entre as duas amostras comparadas

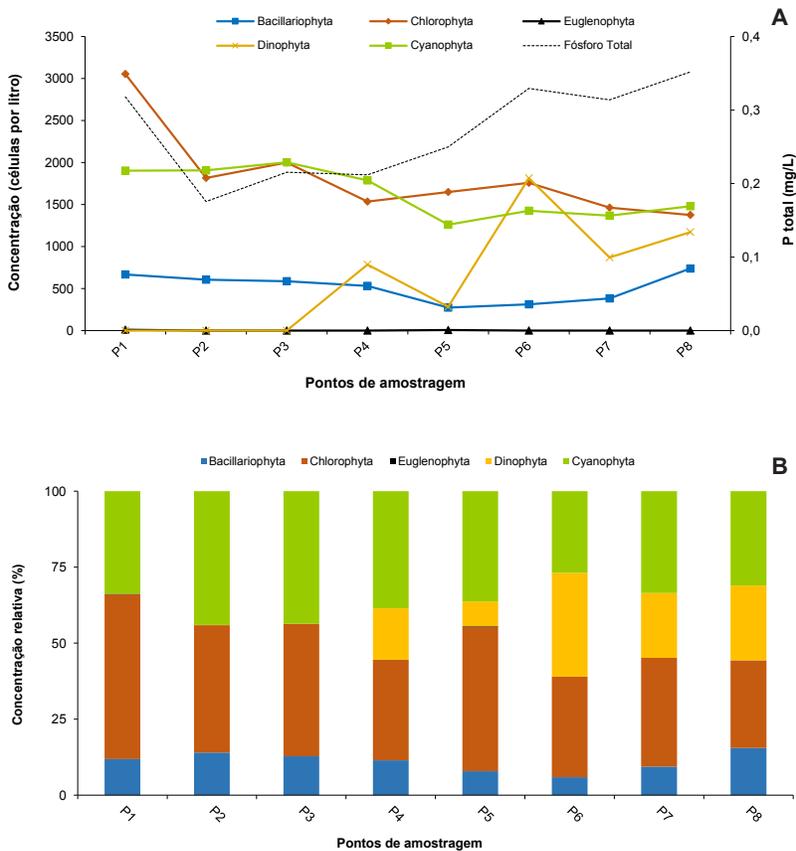
Para cada espécie, é determinada a abundância mínima [ $\min (X_{ij}, X_{kj})$ ] e a soma das abundâncias ( $X_{ij} + X_{kj}$ ) ao longo das duas amostras que estão sendo comparadas. O somatório de [ $\min (x_{ij}, X_{kj})$ ] é multiplicado por 2 e depois dividido pela soma de ( $X_{ij} + X_{kj}$ ).

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Suínos e Aves, localizada no município de Concórdia (SC).

## Resultados e discussão

### Aspectos quantitativos

Foram identificados cinco grandes grupos de microalgas no lajeado Clarimundo: *Bacillariophyta* (diatomáceas), *Chlorophyta* (algas verdes), *Euglenophyta* (euglenófitas), *Dinophyta* (grupo predominante de dinoflagelados) e *Cyanophyta* (cianobactérias) (Figura 1).

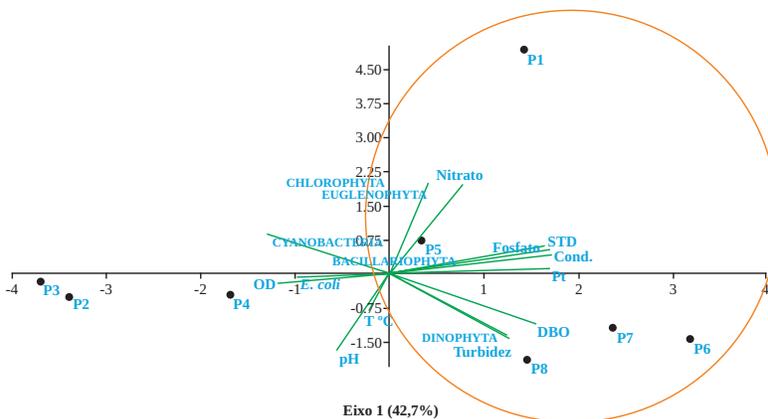


**Figura 1.** Resultados de fósforo total (P total) e riqueza dos principais grupos de fitoplâncton nos pontos de coleta durante o período amostral: (A) Concentração (células por litro) e (B) Concentração relativa (%).

Os grupos *Chlorophyta* e *Cyanophyta* predominam na estrutura da comunidade fitoplanctônica, representando 40% (14.648 células por litro) e 36% (13.135 células por litro), respectivamente. No grupo *Bacillariophyta*, foram contabilizadas 4.100 células por litro (11%), enquanto a divisão *Dinophyta* foi encontrada somente a partir do ponto 4 (P4), totalizando 4.925 células por litro (13%). O grupo *Euglenophyta* foi pouco representativo ao longo do período amostral (17 células por litro).

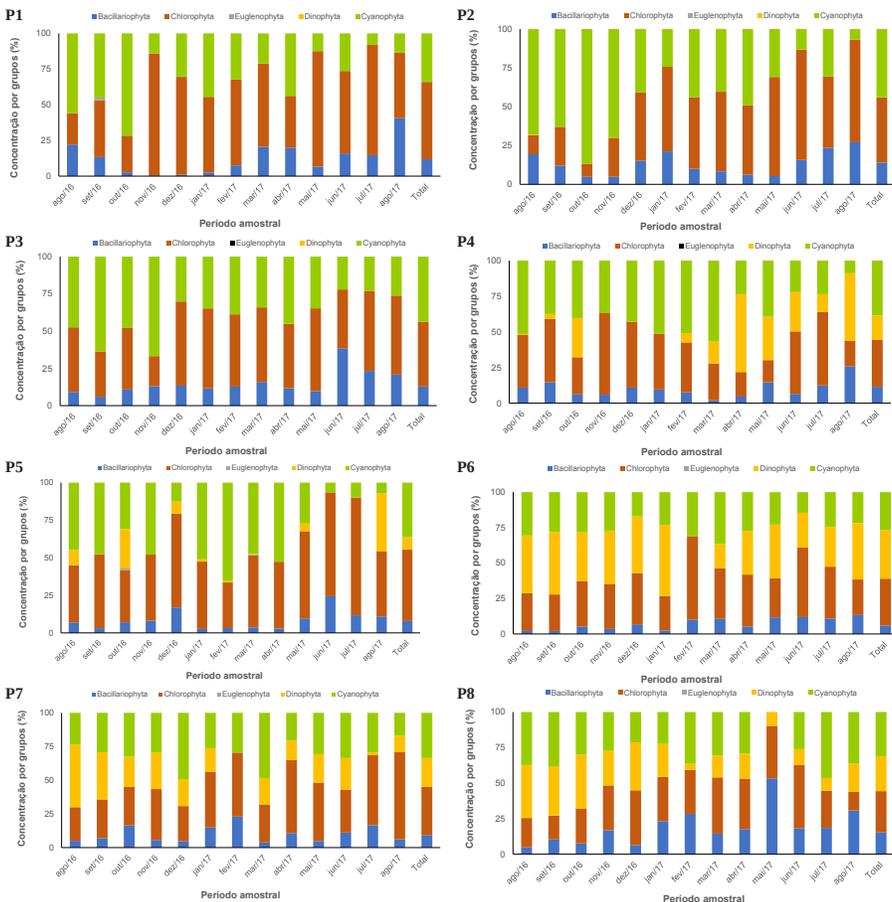
Sob o aspecto sazonal e individual, o grupo *Chlorophyta* predomina em todos os pontos durante o período amostral, destacando-se no P1 em termos de densidade. A densidade de clorófitas acompanha os resultados de fósforo total, especialmente do ponto 1 ao ponto 5, quando aumenta a diversidade dos grupos (Figura 1a) (Figura 5a). Este fato pode ser justificado pelos pontos 6, 7 e 8 representarem a sub-bacia do lajeado Fragosos e não exclusivamente a microbacia do lajeado Clarimundo. Dessa forma, há mudanças na dinâmica ambiental dos três últimos pontos de amostragem que recebem contribuições de outras microbacias além de outras variáveis ambientais, físicas e químicas que inferem na composição da comunidade fitoplanctônica.

A Figura 2 apresenta a análise dos componentes principais que levou em consideração a média dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e da comunidade fitoplanctônica ao longo do período amostral em todos os pontos de amostragem.



**Figura 2.** Análise dos componentes principais integrando as variáveis físico-químicas, microbiológicas e fitoplanctônicas nos pontos de amostragem.

É possível notar uma correlação positiva entre os parâmetros físico-químicos sólidos totais dissolvidos (SDT), condutividade elétrica, fosfato e fósforo total (Pt) com os pontos P1, P6, P7 e P8. No entanto, destaca-se a correlação positiva entre nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e o grupo das clorófitas no P1, enquanto no P6, P7 e P8 a correlação é evidente entre o grupo de dinoflagelados turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O aumento da turbidez a partir do ponto 6 pode explicar o aumento da diversidade fitoplanctônica e do grupo *Dinophyta* (Figura 3). Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos são detalhados no Capítulo 9.



**Figura 3.** Principais grupos de fitoplâncton distribuídos sazonalmente em todos os pontos de coleta.

A composição e a densidade das espécies de fitoplâncton encontradas nos ambientes aquáticos são diferentes de acordo com as condições ecológicas de cada ecossistema. Entretanto, na maioria das vezes, o grupo *Chlorophyceae* é dominante em ambientes diversos, (considerando diferentes condições climáticas, ambientais ou graus de trofia) e, por isso, estão amplamente distribuídas nas águas continentais brasileiras (Tucci et al., 2006).

Além das clorofíceas, a densidade de cianobactérias também é predominante entre os pontos 1 e 4. O grupo *Cyanophyta* compreende um dos mais importantes encontrados em ambientes eutróficos, fato associado à ocorrência de florações de espécies potencialmente tóxicas (Costa et al., 2006). Teoricamente, o crescimento de cianobactérias é favorecido sob condições ricas de nutrientes e altos valores de pH e condutividade (Magalhães, 2012). A predominância de cianobactérias pode ser associada às elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo na água (Dinnebier et al., 2017).

A partir do ponto 4, há ocorrência do grupo *Dinophyta*, principalmente nos pontos 6, 7 e 8. Os três últimos pontos se encontram no rio principal do lajeado Fragosos e não correspondem à microbacia do lajeado Clarimundo, justificando tal variação na composição da comunidade fitoplanctônica.

Destaca-se um episódio pontual (dez/2016) de floração de microalgas (Mathiensen et al., 2017). A floração foi identificada à jusante do ponto 8 e pode ser relacionada com os níveis de precipitação e temperatura (Figura 4). No mês da coleta, foram registradas chuvas torrenciais, fato que favorece o carreamento superficial do solo, aumentando a concentração de fósforo na água, nutriente limitante no surgimento de florações.

A floração de microalgas e cianobactérias em ecossistemas aquáticos é consequência da eutrofização artificial, quando há incorporação de nutrientes na água, tendo como principal consequência o comprometimento do equilíbrio biológico e a morte de espécies aquáticas. Eventos de poluição pontual ou difusa podem ser associados ao manejo inadequado de dejetos na microbacia de estudo (Mathiensen et al., 2017).

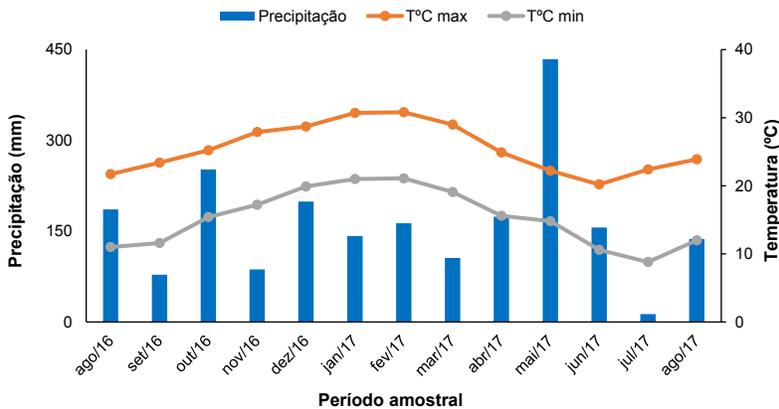


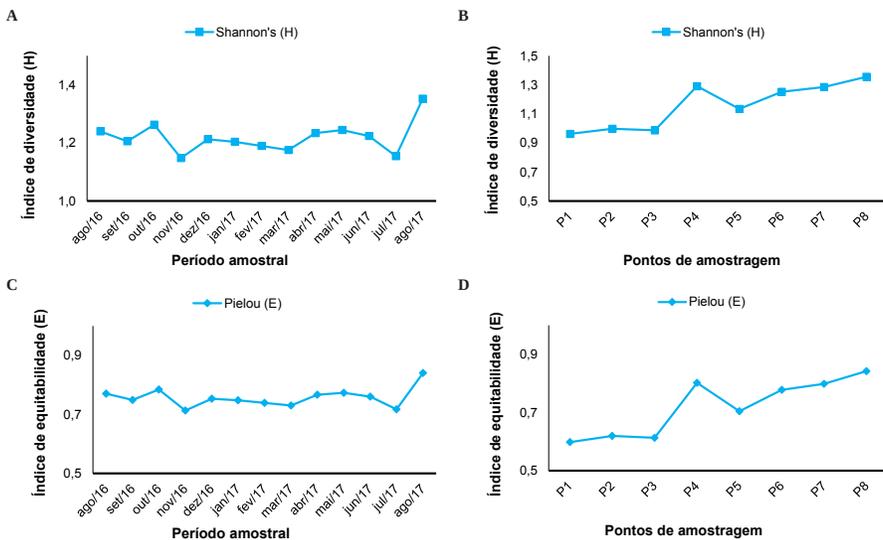
Figura 4. Dados de precipitação e temperatura ao longo do período amostral.

## Aspectos qualitativos

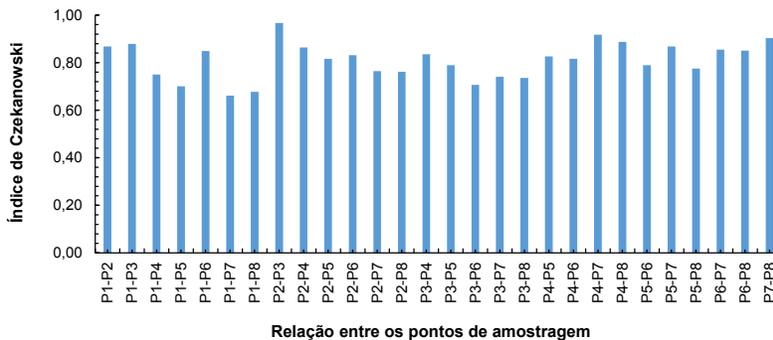
O índice de diversidade (H), aumentou entre o P1 (0,96) e o P8 (1,36) (Figura 5a). Também houve aumento do índice de equitabilidade (E) entre o P1 (0,59) e o P8 (0,84), corroborando com os resultados apresentados na Figura 1a.

Na análise temporal, o índice de diversidade permaneceu entre 1,15 (nov/2016 e jul/2017) e 1,35 (ago/2017), enquanto o índice de equitabilidade (E) variou de 0,71 (nov/2016) a 0,84 (ago/2017), demonstrando pouca variação ao longo do período amostral.

Salusso e Moraña (2002) classificam o índice de diversidade em três níveis de poluição: H: >3, baixo; H: 1-3, moderado; e H: <1, alto. De acordo com essa classificação, os pontos 1, 2 e 3 apresentam alto nível de poluição, enquanto a partir do ponto 4 o nível de poluição passa a ser moderado. Os pontos 4 e 8 apresentaram os maiores valores para os índices H e E. Esses resultados podem ser correlacionados com o uso e ocupação do solo descrito no Capítulo 2. O índice de Czekanowski demonstra similaridade entre os pontos 2 e 3 (97%), 4 e 7 (92%) e 7 e 8 (90%). A menor similaridade foi verificada entre os pontos 1 e 7, com 66% (Figura 6).



**Figura 5.** Índices de diversidade (a) por ponto e (b) espacialmente; e de equitabilidade (c) por ponto e (d) espacialmente.



**Figura 6.** Índices de Czekanowski.

## Considerações finais

Quando associada aos parâmetros físico-químicos avaliados e discutidos no Capítulo 9, o levantamento quali-quantitativo da comunidade fitoplanctônica na sub-bacia do lajeado Fragosos evidencia o potencial para ocorrência de episódios de eutrofização na microbacia, como a floração registrada em dezembro de 2016. Em uma região caracterizada pela criação intensiva de suínos, aves e bovinos, tornam-se necessárias ações de mitigação e manejo adequado do solo nas práticas de fertilização.

As características do solo e seus diferentes usos refletem a qualidade da água nas microbacias hidrográficas, ressaltando a relevância do monitoramento dos recursos hídricos a fim de apontar potenciais fontes de poluição difusa ou pontual na área de estudo. De modo geral, são escassos estudos limnológicos que utilizam a comunidade fitoplanctônica para caracterizar ambientes aquáticos na região centro-oeste de Santa Catarina, enfatizando a importância desta e de futuras pesquisas na região.

## Referências

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWHSEND, C. R. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592 p.

BICUDO, C. E. de M.; MENEZES, M. **Gênero de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2006. 502 p.

CEOLIN, L. P. W.; DE AGUIAR JÚNIOR, T. R.; MORAIS, M. M. Avaliação de impactos ambientais em sistemas aquáticos. Caso de estudo do Rio Órbigo, Espanha. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 535-542, 2017. DOI: 10.5935/1984-2295.20170034.

COSTA, I. A. S.; AZEVEDO, S. M. F.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R.; COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 1B, p. 211-219, 2006. DOI: 10.1590/S1519-69842006000200005.

DESROSIERS, C.; LEFLAIVE, J.; EULIN, A.; TEN-HAGE, L. Bioindicators in marine waters: benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophic coastal ecosystems. **Ecological Indicators**, v. 32, p. 25-34, Aug.2013. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.02.021.

DINNEBIER, H. C. F.; GARBOSSA, A. A.; MATTHIENSEN, A. Caracterização da comunidade fitoplanctônica na microbacia do Lajeado Santa Fé Baixa, Itapiranga-SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Ciência e tecnologia da água: inovação e oportunidades para o desenvolvimento sustentável: anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017.

GENTIL, R. C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, 265-280, 2008.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M., Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

LEE, R. E. **Phycology**. 5 th. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 546 p.

LOPES, M. R. M. **Eventos perturbatórios que afetam a biomassa, composição e a diversidade de espécies do fitoplâncton em um lago tropical oligotrófico raso (Lago do Instituto Astronômico e Geofísico, São Paulo, SP)**. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

MAGALHÃES, F. S. **Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ**. 2012. 160 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia e Ciências, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MATTHIENSEN, A.; DINNEBIER, H. C. F.; GARBOSSA, A. A. Qualidade da água em microbacia com produção intensiva de animais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Ciência e tecnologia da água: inovação e oportunidades para o desenvolvimento sustentável: anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017.

ODUM, E. P.; WARRET, G. **Fundamentos de Ecologia**. 7. ed. Lisboa: Fundação Clouste Gulbenkian, 2004.

RICHMOND, A. **Handbook of microalgal mass culture (1986)**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.

RÖRIG, L. R. Algal Analysis. In: NOLLET, L. M.; DE GELDER, L. S. (Ed.). **Handbook of water analysis**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013.

SALUSSO, M. M.; MORAÑA, L. B. Características físicas, químicas y fitoplancton de ríos y embalses de la Alta Cuenca del río Juramento (Salta, Argentina). **Natura Neotropicalis**, Santa Fe, v. 1, n. 31, p. 20-44, 2000. DOI: 10.14409/natura.v1i31.3754.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; GENTIL, R. C.; AZEVEDO, M. D. P. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 147-175, 2006.