

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GABRIELA DALMOLIN MEURER

DINÂMICA ESPACIAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE UMA REPRESA  
SUBTROPICAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2019

GABRIELA DALMOLIN MEURER

DINÂMICA ESPACIAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE UMA REPRESA  
SUBTROPICAL

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Ciências Biológicas – Licenciatura, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Ferrari.

DOIS VIZINHOS

2019



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso nº \_\_\_**

**Dinâmica espacial da comunidade fitoplanctônica de uma represa subtropical**

por

**Gabriela Dalmolin Meurer**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 9 horas e 30 minutos do dia 01 de julho de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de biólogo (Curso Superior em Ciências Biológicas – Licenciatura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos). O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos membros abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof. Daniela Aparecida Estevan  
UTFPR - DV

---

Prof. Fernanda Ferrari  
Orientador  
UTFPR – Dois Vizinhos

---

Biol. Maiara Secco de Souza  
Pós-graduação em Agroecossistemas  
UTFPR – Dois Vizinhos

---

Profa. Marciele Felippi  
Coordenadora do Curso de Ciências  
Biológicas  
UTFPR – Dois Vizinhos

## RESUMO

MEURER, G. D. **Dinâmica espacial da comunidade fitoplanctônica de uma represa subtropical**. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2019.

O fitoplâncton compreende organismos microscópicos fotossintetizantes que habitam a coluna d'água de diversos ambientes aquáticos continentais e marinhos. Esses organismos possuem grande importância ambiental, uma vez que são produtores primários e estão na base da cadeia trófica, e podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade da água. O presente projeto teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial da comunidade fitoplanctônica de uma represa subtropical e relacioná-la às variáveis abióticas físicas e químicas da água e climáticas. A área de estudo é a Represa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná. Realizou-se coletas de água em dois pontos diferentes represa, na região pelágica e litorânea, no mês de março de 2019. Foram avaliados os parâmetros climáticos: temperatura (°C), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar, e parâmetros físicos e químicos da água: pH, transparência, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, ortofosfato, fósforo total, nitrato, nitrito e amônio. Também foi avaliada a estrutura da comunidade fitoplanctônica, utilizando os atributos densidade dos táxons, riqueza específica ( $R$ ), diversidade ( $H'$ ), dominância ( $D$ ) e equitabilidade ( $J$ ). Através dos dados analisados verificou-se que as concentrações de nutrientes são baixas e não estão disponíveis em grandes quantidades no ambiente. Foram identificados 25 táxons, distribuídos em 15 gêneros e 5 classes. A comunidade fitoplanctônica apresenta baixa riqueza e diversidade, e alta dominância de espécies. Não houve variabilidade nos parâmetros físicos, químicos e biológicos entre as regiões pelágica e litorânea da represa.

**Palavras-chave:** Fitoplâncton; Variabilidade espacial; Crisofíceas, Oligotrófico.

## ABSTRACT

MEURER, G. D. **Spatial dynamics of phytoplankton community in a subtropical reservoir**. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2019.

Phytoplankton comprises microscopic photosynthetic organisms that inhabit the water column of various continental and marine aquatic environments. These organisms have great environmental importance, since they are primary producers and are at the base of the food chain, and can be used as bioindicators of water quality. The present project aimed to evaluate the spatial variability of the phytoplankton community of a subtropical reservoir and to relate it to the abiotic physical and chemical variables of water and to the climatic variables. The area of study is the reservoir of the Federal Technological University of Paraná, Dois Vizinhos, Paraná. Water samples were collected at two different reservoir sites in the pelagic and littoral region in March 2019. The following climatic parameters were evaluated: temperature (°C), rainfall (mm) and solar radiation, and physical and chemical parameters of the water: pH, transparency, temperature, dissolved oxygen, conductivity, orthophosphate, total phosphorus, nitrate, nitrite and ammonium. The structure of phytoplankton community were also evaluated using density of the taxa, richness (R), diversity (H'), dominance (D) and equitability (J). Nutrient concentrations are low and are not available in large quantities in the environment. Twenty five taxa were identified, distributed in 15 genera and 5 classes. The phytoplankton community presents low richness and diversity, and high species dominance. There were no significant differences in the physical, chemical and biological variables between the pelagic and littoral regions of the reservoir.

**Keywords:** Phytoplankton; Spatial variability; Chrysophytes, Oligotrophy.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                       | <b>7</b>  |
| 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO FITOPLÂNCTON .....                                   | 7         |
| 2.1.1 Características gerais do fitoplâncton .....                         | 7         |
| 2.1.2 Grupos algais fitoplanctônicos .....                                 | 8         |
| 2.1.3 Hábitat do fitoplâncton .....  | 9         |
| 2.2 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL .....  | 10        |
| 2.3 ECOLOGIA DO FITOPLÂNCTON .....   | 11        |
| 2.3.1 Fatores reguladores da comunidade .....                              | 11        |
| 2.3.2 Variabilidade espacial do fitoplâncton .....                         | 14        |
| 2.4 REVISÃO DE LITERATURA .....  | 15        |
| <b>3. METODOLOGIA</b> .....  | <b>16</b> |
| 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....                                      | 16        |
| 3.2 PONTOS AMOSTRAIS .....   | 17        |
| 3.3 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....   | 17        |
| 3.4 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA .....                              | 17        |
| 3.5 ANÁLISES BIOLÓGICAS .....  | 18        |
| 3.5.1 Obtenção e fixação das amostras fitoplanctônicas .....               | 18        |
| 3.5.2 Análise qualitativa e composição da comunidade fitoplanctônica ..... | 18        |
| 3.5.3 Análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica .....             | 18        |
| 3.5.4 Índices biológicos .....   | 19        |
| <b>4 RESULTADOS e discussão</b> .....                                      | <b>20</b> |
| 4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....   | 20        |
| 4.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS .....                                     | 21        |
| 4.3 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA .....                                       | 25        |
| 4.3.1 Composição e Densidade da comunidade fitoplanctônica .....           | 25        |
| 4.3.2 Índices Biológicos .....   | 28        |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....   | <b>32</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>33</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O fitoplâncton pode ser definido como uma comunidade de micro-organismos fotossintetizantes que possuem adaptações para sobreviver parte ou a totalidade de sua vida em águas abertas (REYNOLDS, 2006), sendo que tais estruturas adaptativas foram desenvolvidas ao longo da evolução para que pudessem estabelecer a coluna d'água como habitat principal (ESTEVES, 2011). Atualmente, o fitoplâncton pode ser encontrado habitando tanto os ambientes aquáticos continentais lênticos e lóticos, quanto ambientes marinhos (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009).

Os organismos fitoplanctônicos exibem uma ampla variedade de tamanhos, formas e relações filogenéticas (REYNOLDS, 2006). Entre os seus principais representantes podem se destacar algas dos grupos das Desmídeas, Clorofíceas, Euglenofíceas, Heterokontas, Criptofíceas e Dinoflagelados, além de Cianobactérias (ESTEVES, 2011).

O fitoplâncton é a parte fotoautotrófica do plâncton, e o maior produtor primário de carbono orgânico nas regiões pelágicas do mar e nas águas continentais (REYNOLDS, 2006) por este motivo, é também considerado a base da cadeia trófica aquática.

Pesquisas demonstram que as espécies de fitoplâncton possuem sensibilidade as alterações químicas e físicas no seu habitat (SANTANA; *et al.*, 2016). Cada espécie desta comunidade sobrevive em determinadas condições ambientais bem definidas, cada qual com sua particularidade. Isto faz do fitoplâncton uma comunidade bioindicadora de condições ambientais, a qual apresenta grande importância na caracterização dos ecossistemas aquáticos, sendo concisa e segura para indicar possíveis mudanças nestes ambientes (BOHNENBERGER, 2017), incluindo atividades humanas que geram impactos danosos ao meio ambiente e seus organismos (SANTANA; *et al.*, 2016).

Por outro lado, como destacaram Fragoso Jr, Ferreira e Marques (2009), o fitoplâncton também pode causar alguns problemas ecológicos quando se desenvolve em excesso, entre os quais cita-se a formação de florações ou “blooms” fitoplanctônicos, devido às condições ambientais estarem muito favoráveis a uma determinada espécie. Estes problemas podem acabar influenciando negativamente o metabolismo de outros organismos aquáticos e do ecossistema como um todo.

Existem vários fatores que podem influenciar o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e sua produtividade primária. Esses fatores podem ser a taxa de reprodução e predação por organismos herbívoros, radiação solar, nutrientes e temperatura (ESTEVES, 2011).

A variabilidade do fitoplâncton é determinada pelas condições ambientais em que aquele ambiente aquático se encontra. É possível observar variações temporais e espaciais na diversidade de fitoplâncton entre regiões temperadas e regiões tropicais ou subtropicais. A variabilidade espacial da comunidade fitoplanctônica é administrada principalmente por mecanismos locais (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009), e as populações que melhor se desenvolvem são aquelas adaptadas para sobreviverem em determinadas condições ambientais que aquela região está fornecendo (WETZEL, 2001).

Desenvolveu-se este trabalho em uma represa localizada na UTFPR-Câmpus Dois Vizinhos, através da realização de análises dos fatores abióticos e bióticos deste ambiente. Objetivou-se quantificar variáveis físicas e químicas da água (fatores abióticos) e analisar, juntamente com estes, a estrutura e a variabilidade espacial da comunidade fitoplanctônica.

As amostras foram obtidas nas zonas pelágica e litorânea da represa, na subsuperfície da água, no mês de março de 2019. Avaliou-se parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, além dos climatológicos do ambiente. A análise biológica foi realizada com a comunidade fitoplanctônica, usando atributos como composição, densidade, riqueza e diversidade de espécies. Os fatores bióticos foram analisados levando-se em consideração os fatores abióticos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO FITOPLÂNCTON

#### 2.1.1 Características gerais do fitoplâncton

O fitoplâncton é definido como um conjunto de micro-organismos fotossintetizantes que possuem adaptações para sobreviver parte ou a totalidade de sua vida em águas abertas, além disso, é considerado uma comunidade aquática bastante diversificada, pois seus micro-organismos componentes apresentam diferentes tamanhos e formas (unicelulares, filamentosas ou coloniais), bem como uma variedade de relações filogenéticas (REYNOLDS, 2006), já que fazem parte de pelo menos cinco reinos da vida.

O fitoplâncton faz parte da comunidade planctônica, que por sua vez abrange também outros grupos aquáticos, como o zooplâncton e o bacterioplâncton, e, assim como eles, possui uma característica principal, não possuem movimentos próprios que sejam capazes de se contrapor aos movimentos da água (ESTEVEVES, 2011).

A principal característica que pode ser encontrada em todos os organismos fitoplanctônicos é a presença dos pigmentos clorofila “a” e betacaroteno. Estes pigmentos, assim como outros existentes, podem variar as concentrações dentro das células, de acordo com a espécie e as condições ambientais, além disso, esses organismos fitoplanctônicos são chamados de fotossintetizante devido aos seus representantes possuírem cloroplastos com pigmentos fotossintéticos (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

A reprodução do fitoplâncton depende de vários fatores ambientais, tais como, temperatura da água, disponibilidade de nutrientes, ciclo luz-escuro, dentre outros. Muitas espécies fitoplanctônicas possuem cistos ou esporos de resistência para sobreviverem em períodos não favoráveis ao seu desenvolvimento, os quais germinam devolvendo as espécies à porção aquática dos ecossistemas quando as condições ambientais se tornam favoráveis novamente (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

O fitoplâncton pode ser classificado da seguinte forma de acordo com seu tamanho: a) Picofitoplâncton, com dimensões que variam de 0.2 a 2  $\mu\text{m}$  (micrômetros); b) Nanofitoplâncton, cujas dimensões que variam de 2 a 20  $\mu\text{m}$ ; c) Microfitoplâncton, com dimensões que variam de 20 a 200  $\mu\text{m}$ ; d) Mesofitoplâncton, com dimensões que variam de 200  $\mu\text{m}$  a 2 mm (milímetros) e; e) Macrofitoplâncton, com dimensões maiores que 2 mm (REYNOLDS, 2006). Esta estrutura de tamanho dos táxons pode ser utilizada como uma

ferramenta importante para avaliar os padrões de abundância das populações fitoplanctônicas, os fluxos de energia e a biomassa da comunidade, isto porque o tamanho corporal afeta todos os aspectos da biologia dos organismos, incluindo taxas metabólicas e uso de recursos, como os nutrientes (SABETTA *et al.*, 2005).

### 2.1.2 Grupos algais fitoplanctônicos

O fitoplâncton envolve organismos de dois domínios, Bacteria e Eucarya, e abrange os seguintes reinos dos seres vivos: Plantae, Monera, Protista (REYNOLDS, 2006) e Chromista (CAVALIER-SMITH, 1998). Para o autor Esteves (2011), os principais representantes do fitoplâncton são:

- a) Desmídeas (domínio Eucarya, reino Plantae, filo Chlorophyta): representadas pela classe Zygnemaphyceae, abrangem mais de 4000 espécies, que residem preferencialmente em ambientes de água doce, em lagos distróficos ou oligotróficos.
- b) Clorofíceas não desmídeas (domínio Eucarya, reino Plantae, filo Chlorophyta): têm cerca de 8000 espécies. A classe mais recorrente na água doce é a Chlorophyceae, sendo essa encontrada frequentemente em lagos mesotróficos ou eutróficos.
- c) Cianobactérias (domínio Bacteria, reino Monera): conhecidas popularmente como cianofíceas ou ainda algas azuis, têm aproximadamente 2000 espécies. Elas também podem ser mixotróficas, ou seja, possuem capacidade de assimilação de compostos orgânicos, o que confere capacidade de sobrevivência em regiões onde há ausência ou redução de luz solar. Estão distribuídas em todos os tipos de ecossistemas aquáticos, pois possuem alta capacidade de absorver diferentes comprimentos de onda de radiação solar. Podem produzir cianotoxinas quando em florações (*blooms*), podendo prejudicar o desenvolvimento de outros organismos aquáticos.
- d) Euglenofíceas (domínio Eucarya, reino Protista): ocorrem frequentemente em ambientes de água doce eutrofizados, contém cerca de 930 espécies, e são unicelulares flagelados.
- e) Heterokontas (domínio Eucarya, reino Chromista): contém cerca de 100000 espécies conhecidas. Em água doce, os heterocontófitos são representados principalmente pelas crisofíceas e diatomáceas. São unicelulares ou coloniais e também podem ser mixotróficas.
- f) Criptofíceas (domínio Eucarya, reino Protista): possuem dois flagelos disformes e sua coloração pode ir do verde ao marrom. Possuem cerca de 100 espécies, e os gêneros *Cryptomonas* Ehrenberg e *Rhodomonas* Karsten (GUIRY; GUIRY, 2018) são os mais importantes em água doce, e comuns em épocas de inverno e em regiões temperadas.

g) Dinoflagelados (domínio Eucarya, reino Protista): contém aproximadamente 230 espécies de água doce, os gêneros mais frequentes são: *Peridinium* Ehrenberg e *Gymnodinium* Stein (GUIRY; GUIRY, 2018). Possuem dois flagelos com funções diferentes e podem ser utilizados para indicar ambientes oligotróficos.

### 2.1.3 Hábitat do fitoplâncton

Os organismos fitoplanctônicos sobrevivem flutuando na coluna d'água, podendo ser encontrados em ambientes aquáticos continentais lênticos (lago, lagoa, represa e reservatório) e lóticos (rios e riachos) ou também em ambientes marinhos. Eles estão distribuídos na coluna d'água de forma vertical (da superfície ao fundo) e horizontalmente (da região litorânea à pelágica). Os movimentos de transporte do fitoplâncton de um determinado lugar ao outro, dependem principalmente de *seiches* internos (ondas paradas), fluxo da água e ondas (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009).

O fitoplâncton possui uma dinâmica heterogênea e descontínua em seu habitat aquático marinho ou continental, sendo assim, possuem diferentes distribuições espaço-temporais nestes ambientes, sendo influenciados principalmente pelas condições climáticas, pela morfometria e ainda pela vazão e hidrodinâmica do ambiente aquático (SETO, 2007).

Pelo fato desses organismos serem dependentes dos movimentos da água para se locomoverem e flutuarem na coluna d'água, eles ficam suscetíveis à sedimentação, fato que confere desvantagem ao fitoplâncton, pela redução da luminosidade disponível. Por outro lado, a sedimentação pode ser favorável, pois pode propiciar uma renovação da disponibilidade de nutrientes, em situações de pouca turbulência e de estratificação. Considerando a organização vegetativa dos organismos fitoplanctônicos, quando há formações de colônias a sedimentação é mais lenta do que quando a forma é unicelular (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Ao longo da evolução dos organismos fitoplanctônicos, surgiram algumas adaptações à suspensão na água, tais como: bainha mucilaginosa, formação de gotículas de óleo, aumento da superfície de contato (relação superfície-volume) e formação de vacúolos gasosos. Tais estruturas adaptativas permitiram que esses organismos aquáticos estabelecessem a coluna d'água como hábitat principal (ESTEVES, 2011).

A composição da comunidade biológica nos ecossistemas aquáticos está associada com a profundidade e ao grau de penetração de luz no ambiente. As regiões pelágicas são habitadas pelo plâncton (organismos microscópicos), e a ocorrência do fitoplâncton (plâncton

fotossintetizante) está limitada as camadas superficiais da água, onde há luz suficiente para a fotossíntese (zona fótica). O zooplâncton (animais protistas não fotossintetizantes) ocorrem em toda a região pelágica, além das bactérias, fungos e dos peixes. A região próxima à margem de um ambiente aquático em que a zona fótica alcança o fundo do lago é chamada de região litorânea. Nessa região também se encontram peixes, zooplâncton, fitoplâncton e ainda as macrófitas aquáticas, que somam-se ao fitoplâncton para o processo de fotossíntese e aumento da presença de oxigênio (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2018).

## 2.2 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL

O fitoplâncton que, contempla organismos aquáticos microscópicos, pertencentes ao nível trófico dos produtores primários fotossintéticos, são a base da cadeia alimentar, e por isso são consumidos por organismos herbívoros maiores, sendo utilizados como uma fonte nutricional (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009). De fato, os organismos fitoplanctônicos são considerados a parte fotoautotrófica do plâncton, e os maiores produtores primários de carbono orgânico nas regiões pelágicas do mar e nas águas continentais (REYNOLDS, 2006). Além disso, acredita-se que o fitoplâncton seja responsável pela produção de 98% do oxigênio da atmosfera terrestre (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009), e pelo fornecimento de grande parte do oxigênio consumido pelos organismos aquáticos (SETO, 2007). Cyrino [199-?], relata que cerca de 50 a 80% desse oxigênio produzido é consumido principalmente pelos organismos planctônicos.

A comunidade fitoplanctônica também apresenta importância na caracterização dos ecossistemas aquáticos, sendo concisa e segura para indicar possíveis mudanças nos ambientes, pois cada espécie da comunidade sobrevive em determinadas condições ambientais bem definidas, cada qual com sua particularidade (BOHNENBERGER, 2017).

Alguns organismos em específico podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade d'água, ou seja, indicadores do estado trófico do ambiente, como por exemplo as euglenofíceas, que preferem ambientes eutrofizados (ricos em matéria orgânica) para se desenvolverem, e os dinoflagelados, que estão presentes principalmente em lagos oligotróficos (pobres em matéria orgânica) (ESTEVES, 2011).

O fitoplâncton pode causar problemas ecológicos quando se desenvolve em excesso, devido às condições ambientais estarem muito favoráveis a uma determinada espécie, e com isso podem acabar influenciando negativamente o metabolismo de outros organismos aquáticos (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009). Além disso, pode afetar a

qualidade da água que é utilizada pela população, e também ocasionar problemas econômicos e ambientais.

As cianobactérias, por exemplo, produzem florações (*bloom*) na superfície da água, geralmente em dias quentes e calmos e, frequentemente em ambientes eutróficos ou eutrofizados artificialmente, e isso pode causar aumento da turbidez, além de gosto e odor desagradável nas águas. (RODRIGUES *et al.*, 2005). Este grupo algal também produz toxinas, que podem ser prejudiciais à saúde humana e a outros animais (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Dada a importância das cianobactérias fitoplanctônicas em águas doces, a análise da densidade destes organismos em ambientes aquáticos brasileiros destinados ao abastecimento público é obrigatória de acordo com a legislação ambiental. A legislação prevê que deve ser realizado constantemente o monitoramento das cianobactérias nas águas, juntamente com a análise da clorofila-a. Em determinadas situações, onde os resultados ultrapassam os valores esperados, serão realizadas análises de cianotoxinas, em razão dos riscos à saúde associados a presença da mesma (BRASIL, 2011).

## 2.3 ECOLOGIA DO FITOPLÂNCTON

### 2.3.1 Fatores reguladores da comunidade

O fitoplâncton possui sensibilidade as alterações químicas e físicas no seu habitat, incluindo atividades humanas, que geram impactos danosos ao meio ambiente e seus organismos (SANTANA, 2016). Esta comunidade apresenta respostas rápidas as mudanças ambientais e é necessário compreender quais fatores ocasionam estas mudanças, buscando compreender a sua dinâmica no ambiente e, quando necessário, utilizar tais informações para subsidiar possíveis manejos adequados do ambiente onde habitam (RODRIGUES; LEAL; OLIVEIRA, 2016).

Dentre os fatores que influenciam o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e sua produtividade primária estão: fatores bióticos (taxa de reprodução e predação por organismos herbívoros) e abióticos (radiação solar, os nutrientes, e a temperatura). Além deste, existem outras substâncias que podem influenciar direta ou indiretamente a comunidade, sendo eles os gases dissolvidos ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ ), hormônios, vitaminas, aminoácidos, polissacarídeos, e ainda os elementos-traços (Co, Cu, Mo, etc.) (ESTEVES, 2011).

A taxa de crescimento populacional da comunidade fitoplanctônica aumenta rapidamente, quando tem uma combinação ótima dos fatores reguladores da comunidade (NISHIMURA, 2008). A repartição irregular de recursos, principalmente nutrientes e luminosidade, pode influenciar os organismos fitoplanctônicos, principalmente sua biodiversidade (BOHNENBERGER, 2017).

No interior do corpo aquático a comunidade fitoplanctônica pode ser bem diversificada, sendo possível encontrar representantes de muitos grupos algais. A dominância de um grupo ou outro, vai depender sobretudo dos atributos predominantes do ambiente. Os nutrientes são um dos mais importantes fatores reguladores da comunidade fitoplanctônica. Os principais nutrientes que são considerados limitante a esses organismos são o fosfato, o nitrato, amônio e o silicato (ESTEVES, 2011).

Para Rodrigues *et al.* (2005), os principais nutrientes controladores são o fósforo e o nitrogênio. Em especial para as diatomáceas, o principal nutriente regulador de crescimento é o silicato. Kalf (2002), relatou que o fósforo, seguido do nitrogênio, são os principais nutrientes responsáveis pelas florações (*blooms*) de algas, no verão em regiões temperadas. Em regiões tropicais, também já foi constatado que estes nutrientes limitam ou regulam a biomassa da comunidade fitoplanctônica de reservatórios ao longo da maior parte de um ciclo estacional completo (DELAZARI-BARROSO *et al.*, 2009).

Ainda em regiões subtropicais foi observado que a concentração de nutrientes, especialmente o fósforo, nitrogênio e sílica, são capazes de provocar alterações na densidade da comunidade fitoplanctônica (AIDAR *et al.*, 1993). De acordo com o estudo realizado por Seto (2007) em uma região subtropical, os nutrientes e luminosidade são as principais influências para a comunidade fitoplanctônica, juntamente com outros fatores químicos, físicos e biológicos, que por sua vez interferem na dinâmica desses organismos na coluna d'água.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2005), há influência da pluviosidade sobre a comunidade fitoplanctônica, sendo que maior diversidade de espécies geralmente é encontrada em reservatórios mais profundos em período de seca, pois ambientes que possuem águas mais rasas sofrem maior influência dos fatores ambientais, como a chuva. Estes autores observaram também que nos meses que houve menor índice de pluviosidade, os valores de biomassa fitoplanctônica aumentaram, e ainda apresentaram diferença quanto ao número de táxons entre os períodos de seca e chuva.

A composição da comunidade fitoplanctônica e também de outros organismos aquáticos, assim como a sua produção primária, dependem também do regime de mistura da

água em ambientes lênticos, pois é o sistema de circulação vertical e horizontal da água que permite uma distribuição homogênea de recursos considerados limitantes às comunidades aquáticas (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

A temperatura da água é um fator ambiental extremamente importante e relacionado ao regime de mistura da coluna d'água, podendo influenciar na distribuição de nutrientes e oxigênio, devido a estratificação térmica que ocorre. A estratificação térmica é caracterizada pela presença de camadas na coluna d'água com diferentes densidades (barreira física), que impossibilita a misturas das águas, quando não há auxílio do vento, ou quando ele não é suficiente. Por consequência disso, a produtividade primária do fitoplâncton pode sofrer redução, devido à falta de nutrientes (ESTEVES, 2011).

Para Tundisi e Tundisi (2008), a taxa de crescimento diminui quando as temperaturas estão baixas, mas as taxas de fotossíntese e respiração não sofrem alterações nessas condições. Para Esteves (2011), quando há aumento de temperatura, aumenta também a taxa de fotossíntese, mas apenas até o valor ótimo de temperatura, caso contrário começa a redução na taxa.

A radiação solar subaquática também pode ser considerada um fator regulador da comunidade. Para algumas espécies fitoplanctônicas, a radiação solar pode favorecer sua reprodução, enquanto que para outras não, pois estas podem ter preferência por períodos escuros para se multiplicarem (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

A qualidade e quantidade de radiação solar subaquática interferem também na taxa de fotossíntese, limitando a produtividade primária. Estudos realizados em ambientes aquáticos lênticos tropicais e subtropicais já verificaram o fator luminosidade como controlador principal da dinâmica das comunidades fitoplanctônicas (CUNHA; CALIJURI, 2011), de forma que a superfície da coluna d'água, que recebe radiação solar em excesso, pode inibir a produção de O<sub>2</sub>. Nas camadas abaixo da superfície, tem a região de saturação de radiação, onde há as melhores condições para a realização da fotossíntese. Abaixo desta camada, os organismos sofrem com escassez de radiação, e então as taxas de fotossíntese diminuem (ESTEVES, 2011).

Os fatores ambientais não afetam somente o desenvolvimento de uma comunidade aquática, mas também na morfologia de algumas espécies de fitoplâncton, interferindo nos organismos ou em colônias fitoplanctônicas. A deficiência de algum nutriente importante para determinada espécie pode interferir na sua morfologia, mas também outros fatores, como a intensidade ou qualidade da luz, temperatura e pressão osmótica (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

### 2.3.2 Variabilidade espacial do fitoplâncton

As espécies fitoplanctônicas possuem distintas necessidades de desenvolvimento, diferentes dependências fisiológicas e também diferentes adaptações morfológicas. Devido a este fato, as populações fitoplanctônicas terão distribuição diferenciada conforme as características intrínsecas ao seu organismo, as quais respondem aos fatores ambientais, podendo ter preferência pela zona pelágica ou litorânea do ambiente aquático (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

A variabilidade espacial da comunidade fitoplanctônica pode ser administrada por mecanismos locais, como altura da coluna d'água, temperatura, nutrientes e predação, e também por mecanismos de transporte da biomassa (FRAGOSO JR; FERREIRA; MARQUES, 2009). Para Tundisi e Tundisi (2008), além destes, o período de estabilidade térmica, o efeito do vento e correntes de advecção também influenciam na distribuição espacial destes organismos.

Diante de algumas pesquisas sobre a comunidade fitoplanctônica, como foi descrito por Nabout e Nogueira (2007), os perfis verticais da coluna d'água de lagos rasos são heterogêneos. Se tratando de variabilidade nas diferentes profundidades, em casos de estratificação térmica em ambientes aquáticos, haverá diferenças nas composições química, física e biológica entre as camadas d'água (ESTEVES, 2011). Isto pode ser explicado pelo fato do fitoplâncton ser capaz de circular desde a superfície do ambiente aquático até as zonas mais profundas do mesmo (HENRY *et al.*, 1998), em razão da disponibilidade de luz solar, profundidade da coluna d'água e circulação das camadas d'água (SANTOS, 2003).

Por outro lado, Para Henry *et al.* (1998), a distribuição vertical da biomassa fitoplanctônica na zona de mistura é homogênea quando a extensão desta zona de mistura ultrapassa a camada eufótica, mostrando que a movimentação das camadas da coluna d'água tem influência sobre a distribuição vertical dos indivíduos da comunidade.

A distribuição horizontal do fitoplâncton está relacionada com diversos fatores, dentre eles a morfometria do ambiente aquático, entrada de matéria orgânica alóctone, ação do vento e principalmente a disponibilidade de recursos (SANTOS, 2003). A entrada de matéria orgânica alóctone no ambiente aquático interfere na transparência de água e espessura da camada eufótica (HENRY *et al.*, 1998; NISHIMURA, 2008).

Já foi observado também que a comunidade perifítica tem uma grande influência sobre o fitoplâncton nas regiões litorâneas (TANIGUCHI; BICUDO; SENNA, 2005), aportando espécies para esta comunidade, principalmente em época chuvosa, quando a

movimentação da massa de água (e assim o desprendimento de espécies do biofilme perifítico) é maior devido à precipitação. Nestes casos, heterogeneidade espacial é facilmente observada, devido aos maiores valores dos atributos da comunidade fitoplanctônica, especialmente riqueza e diversidade, nas regiões litorâneas em relação às pelágicas.

## 2.4 REVISÃO DE LITERATURA

Ao longo dos últimos anos, foram realizados vários trabalhos envolvendo a variação espacial do fitoplâncton, no estado do Paraná. Para Moro *et al.* (2003), que objetivou verificar a riqueza de espécies fitoplanctônicas e definir padrões espaciais em duas regiões de uma represa (corpo da represa e área de barragem), relatou que em ambientes com padrões lóticos a diversidade é menor do que ambientes com padrões lênticos, mas com progressiva transição entre eles. Borges, Train e Rodrigues (2008), tiveram por objetivo verificar a distribuição longitudinal da biomassa fitoplanctônica em reservatórios subtropicais, e ainda gradientes espaciais da biomassa. Grupos funcionais distintos foram encontrados nos diferentes reservatórios, por causa de fatores como: estabilidade da coluna d'água, concentração de fósforo e nitrato, e também pela extensão da zona de mistura.

Por outro lado, Riediger *et al.* (2015), que tinha por objetivo analisar a composição, riqueza e abundância espacial da comunidade fitoplanctônica em duas lagoas de estabilização de uma região subtropical, observou que estes ambientes possuem comportamento similar dos fatores abióticos, e por isso apresentaram similaridade entre a variabilidade espacial do fitoplâncton nas duas lagoas de estabilização. O trabalho desenvolvido por Menezes, Bueno e Rodrigues (2013), tinha por objetivo avaliar a composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica a montante e a jusante das Cataratas do Iguaçu, Rio Iguaçu, Paraná. De acordo com este trabalho, a diversidade de espécies e a densidade dos grupos de fitoplâncton foram baixas em ambos os locais de estudo, e a diferença espacial não foi significativa.

Moreti *et al.* (2013), tiveram por objetivo desenvolver um estudo para testar uma hipótese de que os maiores valores de biovolume fitoplanctônico ocorrem na zona de transição de um reservatório, relatou que não houve diferença significativa para os valores de fitoplâncton nas diferentes zonas do reservatório, mas os maiores valores foram encontrados na zona lacustre e de transição. Para Borges *et al.* (2003), que tinha por objetivo caracterizar a comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis abióticas do rio Pirapó, foi possível analisar que os valores de riqueza e diversidade foram baixos, e as elevadas concentrações de nutrientes demonstram que esse ambiente possui um alto grau de trofia.

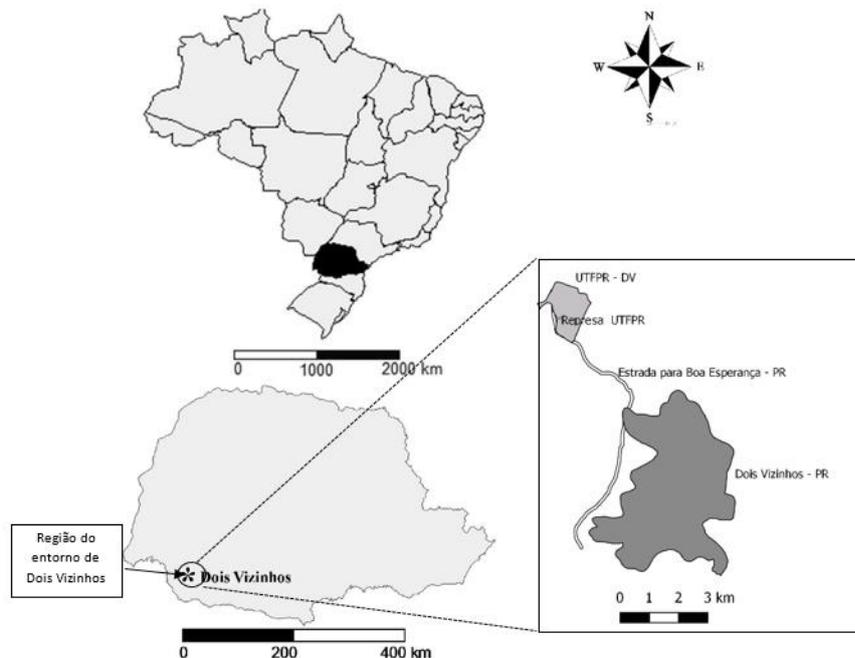
### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Desenvolveu-se este trabalho em uma represa localizada nas dependências da UTFPR, Câmpus Dois vizinhos (Figura 1). O município de Dois Vizinhos está localizado no Estado do Paraná (Região Sudoeste), a uma latitude sul  $25^{\circ}44'01''$  S e longitude oeste  $53^{\circ}03'26''$  W. Esta região apresenta clima subtropical úmido, com verão quente, sem estação de seca bem definida (ALVARES *et al.*, 2013).

A UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, localiza-se na Estrada para Boa Esperança - Km 4, no interior do município de Dois Vizinhos. Nas dependências da Universidade há uma Trilha Ecológica, utilizada por docentes e discentes como local de estudos e pesquisa, visando a preservação do meio ambiente (GORENSTEIN *et al.*, 2011). Neste local encontra-se uma represa, considerada um ecossistema artificial, que foi previamente classificada por Secco-Souza (2016) como sendo um ambiente oligotrófico.

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Dois Vizinhos na UTFPR.



Fonte: SECCO-SOUZA, 2016.

### 3.2 PONTOS AMOSTRAIS

Dois diferentes pontos amostrais foram selecionados na represa, um representativo da zona pelágica e outro da zona litorânea, buscando avaliar a variabilidade espacial dos parâmetros físicos e químicos e biológicos. As coletas foram realizadas na subsuperfície da água em cada um destes pontos, no mês de março de 2019.

### 3.3 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Foram avaliadas as variáveis climáticas temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar ( $\text{kJ}/\text{m}^2$ ) utilizando, respectivamente, termômetro de bulbo seco, pluviômetro e instrumento medidor de irradiância. Estes dados climáticos foram obtidos do site do GEBIOMET, Grupo de Estudos em Biometeorologia, da UTFPR – câmpus Dois Vizinhos.

### 3.4 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

Para efetuar a caracterização abiótica da água da represa analisou-se os seguintes parâmetros: transparência da água (m), através da utilização do disco de Secchi, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) (termômetro), pH (potenciômetro de bancada), oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (oxímetro), amônio ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (SOLORZANO, 1969), fósforo total dissolvido ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), ortofosfato ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (STRICKLAND; PARSONS, 1965), fósforo total ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (VALDERRAMA, 1981), nitrato ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e nitrito ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (MACKERETH; HERON; TALLING, 1978). As análises de frações dissolvidas de nutrientes foram realizadas a partir de amostras filtradas sob baixa pressão em fibra de vidro Whatman GF/F (47 mm de diâmetro, 0,6-0,7  $\mu\text{m}$  de porosidade) previamente calcinada ( $450^{\circ}\text{C}/4\text{ h}$ ).

As amostras foram coletadas em garrafas plásticas na subsuperfície da represa na região pelágica e litorânea, no início da manhã. Acondicionou-se as amostras dentro de caixas térmicas, que posteriormente foram transportadas até o laboratório para o processamento das análises. As análises de temperatura e oxigênio dissolvido foram realizadas no momento da coleta e as análises de pH, amônio, nitrato, nitrito e ortofosfato foram realizadas no dia da coleta, no laboratório de Ecologia Geral da UTFPR-DV. A análise de fósforo total foi realizada em laboratório no mês de maio de 2019.

### 3.5 ANÁLISES BIOLÓGICAS

#### 3.5.1 Obtenção e fixação das amostras fitoplanctônicas

A coleta das amostras fitoplanctônicas foi realizada com garrafas plásticas de 500 mL na subsuperfície da represa, em ambas as regiões pelágica e litorânea, no início do período da manhã. Logo após a coleta e o acondicionamento em frascos de polietileno, as amostras foram fixadas através da adição de 4 mL de lugol acético a 5%.

#### 3.5.2 Análise qualitativa e composição da comunidade fitoplanctônica

A identificação dos táxons fitoplanctônicos realizou-se, sempre que possível, em nível específico ou infraespecífico, com base em bibliografias clássicas e modernas (SILVA, 1999; GRAÇA SOPHIA, et. al. 2005; BICUDO, 2007; SOUZA e MELO, 2011; SANT'ANNA; et. al., 2012; SANTOS; et. al., 2013; ROSINI, et. al. 2013; LOAIZA-RESTANO, 2014; AQUINO, et. al. 2014; KIM, 2014; NOGUEIRA, 2016). Para a identificação das algas utilizou-se um microscópio invertido, em aumento de 400 vezes.

#### 3.5.3 Análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica

A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo Utermöhl (1958) utilizando um microscópio invertido, em aumento de 400 vezes. O tempo de sedimentação das amostras nas cubetas foi de no mínimo 4 horas e seguiu Lund, Kipling e Le Cren (1958). A quantificação das amostras foi feita por meio de transeções horizontais e verticais, com a enumeração dos táxons realizada em um a cada três campos seguidos.

O limite de contagem seguiu Bicudo (1990), até atingir 100 indivíduos da espécie mais comum e alcançar a curva de rarefação de espécies, passando-se cinco campos sem a ocorrência de nenhum táxon adicional. Desta forma, com o intuito de incluir as espécies com baixa ocorrência, não foi estabelecido um número mínimo de campos a serem quantificados.

A densidade foi calculada conforme a equação abaixo, descrita por Ros (1979) e expressa em ind.mL<sup>-1</sup>:

$$\text{Indivíduos.mL}^{-1} = n (s.c)^{-1} (1/h) (10^3 \text{mm}^3) \text{mL}^{-1}$$

Onde:

$n$  = número total de indivíduos efetivamente contados;

$s$  = área do campo de contagem ( $\text{mm}^2$ );

$c$  = número de campos efetivamente contados;

$h$  = altura da câmara de sedimentação usada (mm).

Foram consideradas espécies dominantes aquelas cujas densidades superarem 50% da densidade total da amostra e espécies abundantes aquelas cujas densidades superaram a densidade média de cada amostra, conforme Lobo & Leighton (1986).

### 3.5.4 Índices biológicos

Calculou-se os seguintes índices biológicos: Riqueza específica (R) definida como o número total de táxons encontrados em uma amostra; Índice de diversidade ( $\text{bits.ind}^{-1}$ ), definida como a variabilidade de espécies encontradas (SHANNON; WEAVER, 1963); Dominância (D), que expressa a probabilidade de todos os indivíduos pertencerem a mesma espécie ou não (SIMPSON, 1949); e Equitabilidade ( $J$ ), que expressa a forma com que os indivíduos estão distribuídos entre os táxons (PIELOU, 1975). As análises dos índices biológicos foram calculadas com o auxílio do programa Microsoft® Office Excel.

- Para a obtenção do índice de Diversidade utilizou-se a fórmula descrita por Shannon-Weaver (1963):

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2 p_i$$

- Para a obtenção do índice de Equitabilidade utilizou-se a fórmula de Pielou (1975):

$$E = \frac{H'}{H'^{\text{max}}}$$

Onde: E = Equitabilidade;  $H'$  = índice de Diversidade;  $H'^{\text{max}} = \log_2 S$

- Para a obtenção do índice de Dominância utilizou-se a fórmula de Simpson (1949):

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (p_i)^2},$$

Sendo  $p_i$  a contribuição da espécie  $i$  para a densidade total da comunidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

A temperatura atmosférica no mês de coleta apresentou valor mínimo de 14,8 °C e máximo de 32,8 °C, com média de 22,72 °C. No dia da coleta foi verificado o valor de 17,7 °C. A precipitação pluviométrica no mês de coleta apresentou valor mínimo de 0,2 mm e máximo de 16,8 mm com média de 1,21 mm, precipitação total de 115 mm, totalizando 17 dias com chuva. A radiação solar apresentou, no mês de coleta, valor mínimo de -3,54 kJ/m<sup>2</sup> e máximo de 8622 kJ/m<sup>2</sup> com média de 701,60 kJ/m<sup>2</sup>, conforme apresentado no Quadro 01.

Quadro 01 – Valores de temperatura atmosférica (°C), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar (kJ/m<sup>2</sup>) verificados no período da coleta (março de 2019).

| Temperatura (°C)       |                         | Precipitação (mm)    |                                    |                           | Radiação solar (kJ/m <sup>2</sup> ) |
|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Vmín-Vmáx (Média)      | Valor da hora da coleta | Vmín-Vmáx (Média)    | Nº de dias no mês com precipitação | Precipitação total no mês | Vmín-Vmáx (Média)                   |
| 14,8 – 32,8<br>(22,72) | 17,7                    | 0,2 – 16,8<br>(1,21) | 17                                 | 115                       | -3,54 - 8622<br>(701,60)            |

Fonte: Gebiomet (2019).

Os valores de temperatura do ar e precipitação pluviométrica observados estão de acordo com o esperado para o período de transição de época chuvosa para época seca em regiões subtropicais/tropicais, sendo considerados valores medianos para temperatura e baixos para precipitação, embora, no caso da precipitação, tenha chovido mais da metade dos dias do mês.

Valores de temperatura do ar menores no início do período de seca e maiores em período chuvoso são normalmente registrados para localidades subtropicais e tropicais do país (SANTOS, 2012; MATOS, 2010). Da mesma forma, Pellegrini e Ferragut (2012), em período chuvoso obtiveram média de valores de temperatura do ar de 20,9°C e precipitação pluviométrica de 237,00 mm, e em período de seca apresentaram média para temperatura do ar de 15,6 °C e precipitação de 106,9 mm. Menores índices de chuva no período seco, com mínima de 1,52 mm, também foram observados por Anderle (2004).

## 4.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS

Em relação a temperatura da água percebeu-se que não houve variação entre os valores nos dois pontos de coleta (região pelágica e região litorânea), tendo sido registrado 24°C para ambas as regiões.

Podem haver também variações de temperatura entre diferentes pontos de coleta e também entre períodos diferentes ao longo do ano em um mesmo ambiente aquático. No trabalho desenvolvido por Vercellino e Bicudo (2006), o período chuvoso foi o que apresentou maior valor de temperatura (22,4°C), assim como observado por Taniwaki (2012), que registrou 21,7°C. Secco-Souza (2016) também descreveu, para o mesmo ambiente estudado no presente trabalho, maiores valores no período chuvoso e praticamente ausência de diferenças de temperatura entre os dois pontos do lago, assim como ocorreu neste trabalho.

A variável temperatura exerce grande influência sobre os organismos aquáticos, uma vez que é considerada um fator decisivo para o aumento ou redução nas taxas de reações químicas e biológicas. Sendo assim, considera-se que esse fator influencia diretamente a sobrevivência dos organismos aquáticos e sua produtividade (MARTINS, 2009; SECCO-SOUZA, 2016). No caso do presente trabalho, é provável que a temperatura não tenha atuado como fator limitante para a comunidade fitoplanctônica, pois não foi considerada baixa.

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou maior valor na região litorânea (8,38 mg.L<sup>-1</sup>) e menor valor na região pelágica (7,65 mg.L<sup>-1</sup>). Esses valores respeitam a resolução do CONAMA 357/2005, onde o limite mínimo permitido de OD na água é de 5 mg.L<sup>-1</sup>. O oxigênio presente nas águas é fundamental para sobrevivência de grande parte dos organismos aquáticos, e quando em baixas concentrações pode causar o aumento da mortalidade, atraso no crescimento, aumento na incidência de doenças, dentre outros (KUBITZA, 1998).

De acordo com Martins (2009) a maior incidência de OD ocorre no inverno e em época de menor pluviosidade, e ainda também diante da baixa taxa de decomposição da matéria orgânica. Os valores obtidos no presente trabalho são típicos de ambientes preservados oligotróficos. A maior concentração na zona litorânea pode ser explicada pela presença de comunidades algais perifíticas, características destas regiões em reservatórios, as quais devido a serem fotossintetizantes, contribuem com o acréscimo de oxigênio na água nestes locais.

O pH apresentou valores de 6,68 para a região pelágica, e 6,81 para a região litorânea. Os valores de pH estão dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005,

que estabelece os valores entre 6,0 a 9,0 para água doce. Se os valores de pH estiverem fora desse padrão previsto pela regulação, pode acabar dificultando a sobrevivência dos organismos aquáticos (MISTURA, 2015). Além disso, o pH fora do padrão pode indicar que o ambiente aquático pode estar sofrendo contaminações por meio de atividades antrópicas, e isso pode desencadear um processo de eutrofização do ambiente em questão (SECCO-SOUZA, 2016).

Santos (2003) em análise de um ambiente oligotrófico obteve pH 6,35, e em ambiente hipertrófico obteve pH 7,4. Riediger *et al.* (2015) analisou um ambiente eutrofizado e obteve pH 7,8. Ferrari (2010) descreve em seu trabalho que o pH apresentou maior valor no reservatório hipertrófico do que no oligotrófico.

A condutividade elétrica apresentou maior valor na região pelágica ( $38,23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e menor na região litorânea ( $27,05 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), porém ambos dentro do esperado para ambientes oligotróficos. Essa variável é influenciada pela quantidade de íons dissolvidos na água, sendo assim, quanto maior a concentração dos mesmos maior será o valor encontrado. Esse parâmetro também pode ser influenciado pelo regime de chuvas ao longo do ano (ABILIO *et al.*, 2007).

A transparência da água apresentou maior valor na região pelágica (1,96 m) e menor na região litorânea (1,59 m). Essa variável é facilmente influenciada pela quantidade de material suspenso na água, isso significa que quanto maior for a concentração desse material menor é a quantidade de luz que penetra na água (LAMPARELLI, 2004). A transparência da água também está relacionada com a quantidade de chuva, isso significa que quanto maior é o índice chuvoso, maior é a movimentação das águas nos ambientes aquáticos e conseqüentemente maior é a quantidade de material em suspensão, ou seja, menor será a transparência da água em períodos chuvosos (AZEVEDO; FEITOSA; KOENING, 2008).

No que diz respeito aos nutrientes presentes na água, observou-se que os valores de nitrato foram os mesmos para a região pelágica e região litorânea da represa, em uma concentração de  $8 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Para os valores de nitrito, a maior concentração foi encontrada na região pelágica ( $91 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e a menor na região litorânea ( $78 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Os valores de ortofosfato foram maiores na região pelágica ( $11 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e menores na região litorânea ( $7 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Para os valores de amônio, observou-se a mesma concentração na região pelágica e na região litorânea ( $10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Os valores de fósforo total apresentaram maior concentração na região litorânea ( $20 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e menor na região pelágica ( $9 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) (figura 2).

Todos os valores dos nutrientes descritos acima respeitam a concentração máxima permitida na resolução do CONAMA 257/05 e são considerados baixos, como era esperado

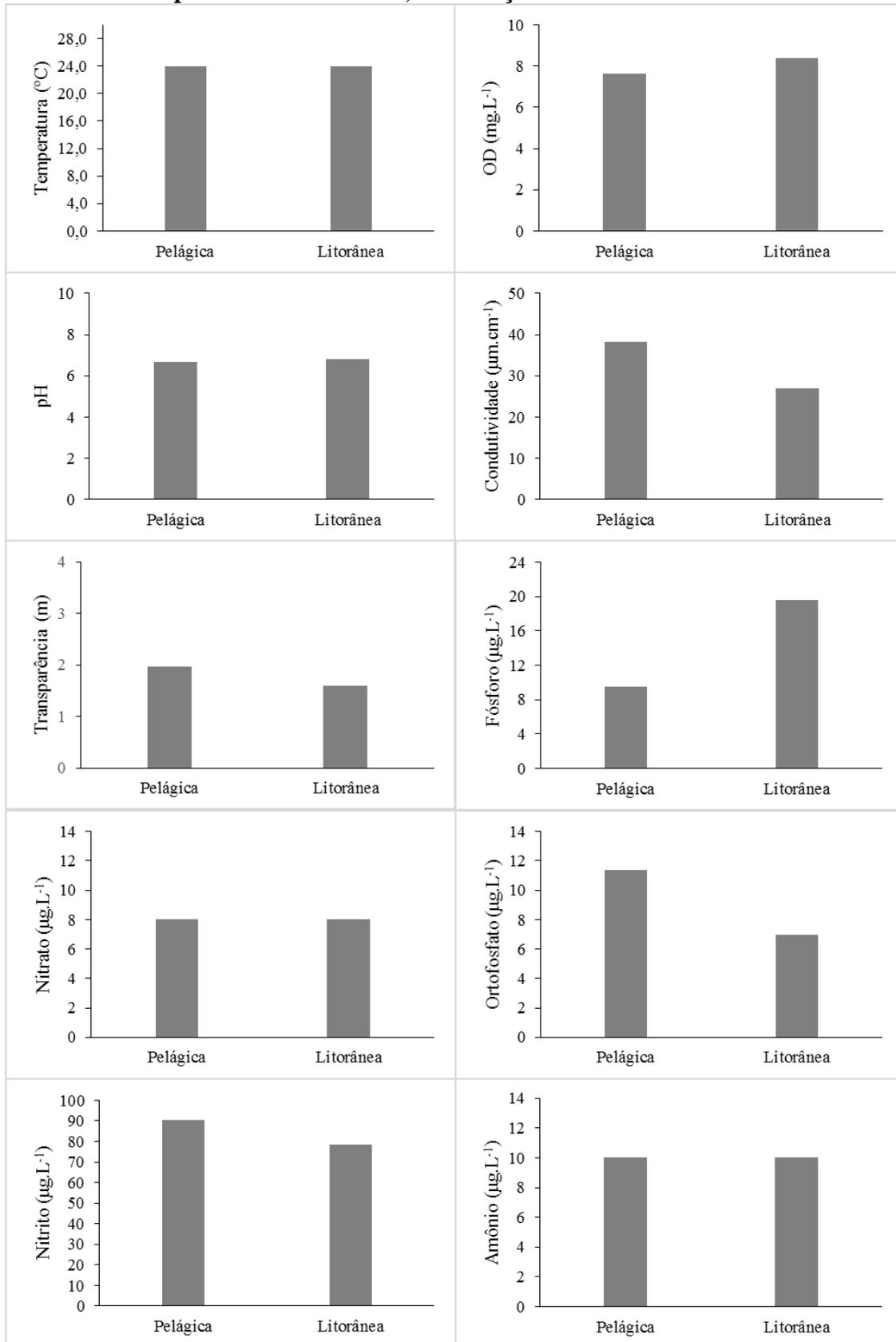
para um ambiente previamente classificado, em 2016, como oligotrófico. As baixas concentrações de nutrientes também podem ocorrer devido à pouca profundidade do ambiente, que acaba por favorecer a circulação da água (GOMES, 2007).

Em um estudo realizado no ano de 2016 por Secco-Souza, neste mesmo ambiente aquático, foram observados que o nitrato, amônio e ortofosfato apresentaram maiores valores do que aqueles obtidos no presente trabalho. Apenas o fósforo total apresentou maior valor no presente estudo do que no estudo anterior. Segundo esta autora, em 2016, a represa apresentou características de um ambiente oligotrófico (pobre em matéria orgânica).

Segundo Matos (2010) o fósforo é considerado o principal nutriente responsável pela eutrofização de ambientes aquáticos, principalmente quando este ambiente está próximo de áreas agrícolas, como é o caso da represa estudada. Isso pode indicar que a represa da UTFPR-DV pode estar passando de um ambiente oligotrófico para um ambiente mesotrófico ou até mesmo eutrofizado, já que a concentração de fósforo aumentou com o passar dos anos. Para Carvalho (2003), ambientes com tendência a eutrofização ou eutrofizados podem apresentar maiores valores de densidade populacional.

Para Matos (2010), águas com baixas concentrações de nutrientes possuem tendência a apresentarem uma comunidade fitoplanctônica com alta diversidade e pouca abundância de espécies. Enquanto que em águas com altas concentrações de nutrientes tendem a apresentar menor diversidade e alta abundância de espécies.

**Figura 2 – Valores dos parâmetros físicos e químicos avaliados na região pelágica e litorânea da Represa da UTFPR-DV, em março de 2019.**



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

### 4.3 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

#### 4.3.1 Composição e Densidade da comunidade fitoplanctônica

Foram identificados 25 táxons, distribuídos em 15 gêneros e 5 classes, Zygnematomyxaceae (04), Chrysophyceae (02), Chlorophyceae (15), Euglenophyceae (01), Cryptophyceae (02) e não identificadas (01) (Tabela 1). Os gêneros com maior representatividade foram *Monoraphidium* (4 espécies) e *Scenedesmus* (3 espécies), ambos pertencentes à classe Chlorophyceae.

**Tabela 1 - Espécies identificadas e ocorrência das mesmas nas regiões litorânea e pelágica (março de 2019).**

| Espécie  | Pelágica | Litorânea |
|--|----------|-----------|
| <i>Ankistrodesmus stipitatus</i> Komárková-Legnerová           | X        | X         |
| <i>Chlamydomonas</i> sp.                                       | X        | X         |
| <i>Chlorococcum</i> sp.  | X        | X         |
| <i>Chromulina</i> sp.  | X        | X         |
| <i>Cloroficea colonial</i>                                     | X        |           |
| Crisofíceia 1  | X        | X         |
| <i>Cryptomonas</i> sp  | X        | X         |
| <i>Cryptomonas obovata</i> Ehrenberg                           | X        | X         |
| <i>Desmodesmus communis</i> E.Hegewald                         | X        | X         |
| <i>Desmodesmus serratus</i> Corda                              | X        | X         |
| <i>Kirchneriella lunares</i> (Kirchner) Möbius                 | X        |           |
| <i>Monoraphidium circinale</i> Nygaard                         | X        | X         |
| <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová | X        | X         |
| <i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová      | X        | X         |
| <i>Monoraphidium tortile</i> West & G. S. West                 | X        | X         |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> Reinhard                         | X        | X         |
| <i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehrenberg) Chodat                  |          | X         |
| <i>Scenedesmus parisienses</i> Chodat                          | X        | X         |
| <i>Staurastrum claviferum</i> (Delponte) West e GSWest         |          | X         |
| <i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte                         |          | X         |
| <i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs (Kützing) Ralfs ex Ralfs   | X        | X         |
| <i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald                | X        | X         |
| <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Svirenko                    | X        | X         |
| <i>Xanthidium octocorne</i> Ehrenberg ex Ralfs                 | X        | X         |
| Não identificada   |          | X         |

**Fonte: Arquivo pessoal (2019).**

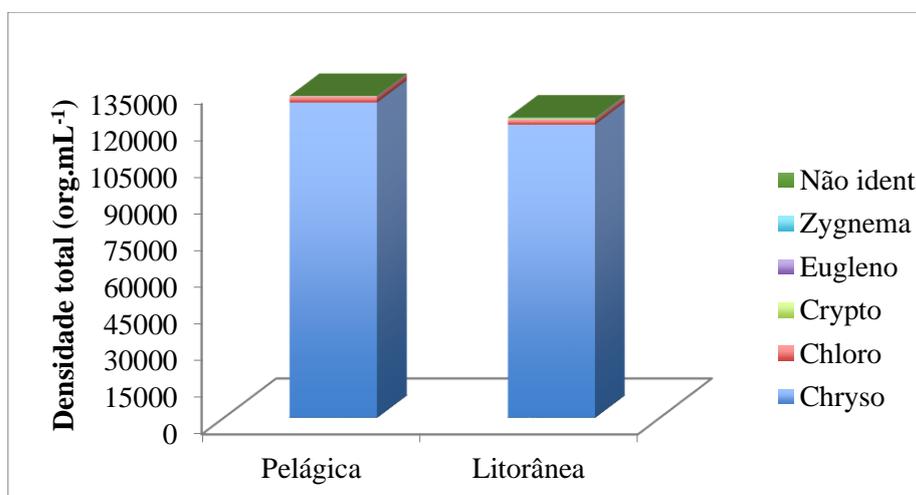
Ferrari (2010), em análise feita também em ambiente oligotrófico, identificou 127 táxons na região litorânea e 193 táxons na região pelágica, distribuídos em 12 classes. Em outro ambiente oligotrófico, Matos (2010) encontrou 92 táxons, distribuídos em 59 gêneros e 8 classes, sendo que as Chlorophyceae apresentaram maior riqueza. Os maiores valores encontrados pelos autores citados se devem, provavelmente, à maior amostragem realizada, em comparação a realizada no presente trabalho.

Foram registrados valores médios de densidade de 131.472,2 org.mL<sup>-1</sup> para a região pelágica, e 122.642,0 org.mL<sup>-1</sup> para a região litorânea, verificando uma branda diferença entre as duas regiões da represa, onde a maior densidade encontra-se na região pelágica, conforme apresentado na Tabela 2 e no Gráfico 1. A comunidade fitoplanctônica é típica de regiões pelágicas e, embora seja também encontrada em regiões litorâneas, nestas, a competição por luz e nutrientes com outros componentes autotróficos presentes (perifíton e macrófitas aquáticas) pode desfavorecê-la fazendo com que as taxas de densidade diminuam.

**Tabela 2 - Densidade por classe da comunidade fitoplanctônica nas regiões litorânea e pelágica em março de 2019.**

|           | Chryso   | Chloro | Crypto | Eugleno | Zygnema | Não ident | Total    |
|-----------|----------|--------|--------|---------|---------|-----------|----------|
| Pelágica  | 128746,3 | 2427,5 | 136,5  | 30,3    | 131,5   | 0         | 131472,2 |
| Litorânea | 119728,9 | 2048,2 | 475,4  | 116,3   | 182,1   | 91,0      | 122642,0 |

**Legenda: Chryso: Chrysophyceae; Chloro: Chlorophyceae; Crypto: Cryptophyceae; Eugleno: Euglenophyceae; Zygnema: Zygnematophyceae; Não ident: Não identificada.**  
**Fonte: Arquivo pessoal (2019).**



**Gráfico 1 - Densidade por classe da comunidade fitoplanctônica nas regiões litorânea e pelágica em março de 2019.**

**Fonte: Arquivo pessoal (2019).**

Chrysophyceae foi a classe mais abundante nas amostras, tanto para a região pelágica quanto para a região litorânea. Acredita-se que a abundância desta classe tenha ocorrido devido às estratégias adaptativas das espécies do grupo, as quais as permitem se desenvolver em ambientes limitados por nutrientes, como no caso da represa estudada. Crisofíceas são consideradas grandes estrategistas, que possuem capacidade de alterar seus processos de autotrofia, heterotrofia e fagotrofia para assim sobreviver em ambientes com baixas concentrações de nutrientes. Além disso, podem alternar a utilização de amônio, nitrato, aminoácidos e ureia como fontes de nitrogênio (FERRARI, 2010). Com relação a espécie descritora da comunidade a crisofíceia 1 (Chrysophyceae) foi quem se destacou com 97,5 % de contribuição sobre a densidade média total de todas as amostras.

As Chlorophyceae também ocorreram no atual estudo, assim como as Cryptophyceae e Zygnematophyceae, embora em número consideravelmente menor em relação às crisofíceas.

Clorofíceas são consideradas um dos principais grupos presentes em ambientes de água doce, e são facilmente encontradas em ambientes eutrofizados, sendo também comuns em ambientes mesotróficos, sendo o fósforo o nutriente mais importante para o seu crescimento (FELISBERTO, LEANDRINI; RODRIGUES, 2011). Desta forma, a baixa ocorrência do grupo pode ser explicada pela baixa disponibilidade das formas de fósforo na água registrados para as coletas realizadas.

A classe Zygnematophyceae compreende organismos que são encontrados principalmente em ambientes de água doce, oligotróficos ou mesotróficos, ou seja, algumas espécies podem ser utilizadas como bioindicadores de água limpa (SILVA; FONSECA; FELISBERTO, 2018). Por outro lado, também é comum encontrar alguns organismos desta classe em ambientes eutrofizados (FELISBERTO, LEANDRINI; RODRIGUES, 2011). São mais característicos de comunidades perifíticas (SECCO-SOUZA, 2016), o que justifica a sua baixa ocorrência no fitoplâncton como um todo e também a maior densidade registrada na zona litorânea, região com influência da comunidade perifítica devido a presença de macrófitas aquáticas.

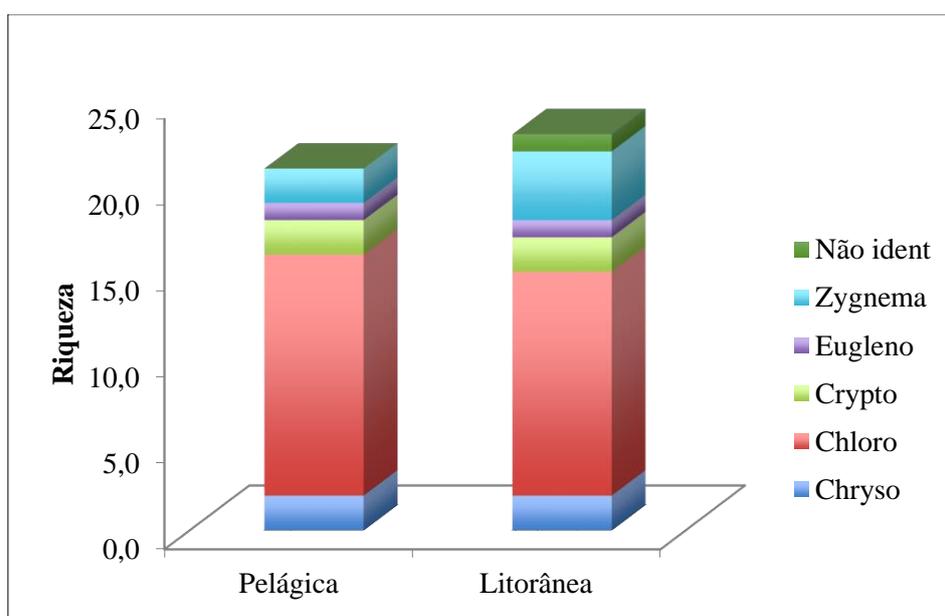
O crescimento das Cryptophyceae, por sua vez, está relacionado com períodos de verão, onde ocorre os maiores valores de temperatura, fósforo e material em suspensão (FERRAREZE, 2012).

A classe Euglenophyceae é reportada como sendo um grupo onde as espécies possuem grande afinidade por ambientes aquáticos ricos em matéria orgânica (ANDRADE,

2008), desta forma é possível observar que não foram encontrados muitos representantes desta classe no ambiente estudado para este trabalho.

### 4.3.2 Índices Biológicos

A riqueza total ( $S'$ ) foi maior na região litorânea da represa com a presença de 23 táxons, e menor na região pelágica com 21 táxons presentes. Embora a diferença seja de apenas dois táxons, é compreensível esse resultado, devido a região litorânea proporcionar uma maior diversidade de habitats e também maiores concentrações de fósforo total, provindos do aporte da matéria orgânica para dentro da represa (ALGARTE; MORESCO; RODRIGUES, 2006). No que diz respeito a riqueza por classe, encontrou-se maior número de táxons da classe Chlorophyceae, seguida da classe Zygnematophyceae, conforme valores descritos no gráfico 2.



**Gráfico 2 - Riqueza de espécies por classe da comunidade fitoplanctônica na represa da UTFPR, nas regiões litorânea e pelágica em março de 2019.**

**Fonte: Arquivo pessoal (2019).**

A classe das Chlorophyceae foi aquela que apresentou maior riqueza na comunidade. Além de serem comuns em ambientes de água doce, as Chlorophyceae possuem alta variabilidade morfológica, capacidade para se desenvolverem em ambientes com características diversificadas (ANDRADE, 2008) e a tolerar mudanças ambientais melhor que outras espécies (IKPI; OFFEM; OKEY, 2013).

Na literatura é descrito que ambientes oligotróficos possuem maior riqueza de espécies quando comparadas com ambientes eutrofizados. Em análise realizada por Ferrari (2010) um ambiente oligotrófico apresentou riqueza média de 78 táxons para região litorânea e 70 táxons para a região pelágica, e em ambiente hipertrófico riqueza média de 56 táxons para região litorânea e 51 para região pelágica. Confirma-se, portanto, a tendência de maior riqueza em ambientes oligotróficos e regiões litorâneas.

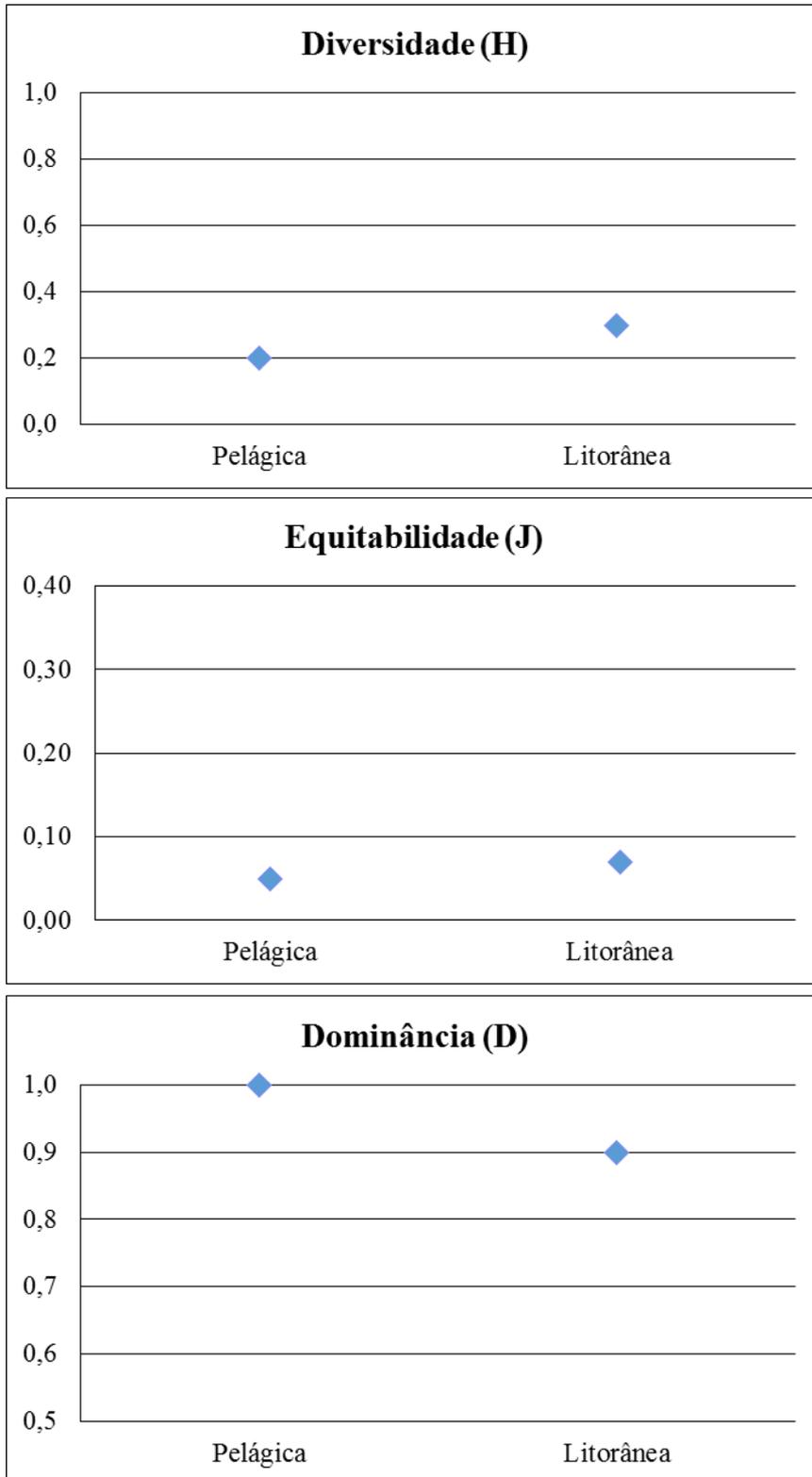
Os nutrientes são um importante fator para o desenvolvimento das comunidades fitoplanctônicas, considerados fatores limitantes, especialmente o fósforo e nitrogênio. Em uma comunidade quando há dominância de uma espécie, significa que os nutrientes e também fatores físicos estão combinando otimamente para favorecer o seu desenvolvimento (VARGAS, 2012).

O valor da diversidade ( $H'$ ) foi igualmente maior na região litorânea ( $0,3 \text{ bits ind}^{-1}$ ) em relação à pelágica ( $0,2 \text{ bits ind}^{-1}$ ), acompanhando a tendência da riqueza. No entanto, estes valores representam baixa diversidade de espécies, sendo que quanto maior for o valor maior será a diversidade (variam de 0 a  $5 \text{ bits.ind}^{-1}$ ) (VERCELLINO; BICUDO, 2006). O menor valor de diversidade ocorre quando todos os indivíduos pertencem a mesma espécie, e o máximo quando cada indivíduo pertence a uma espécie diferente, isso significa que quanto maior for a dominância, menor será a diversidade da comunidade (MATOS, 2010).

Os nutrientes possuem grande influência sobre o índice de diversidade, sendo que o excesso deles presente na água pode acarretar na eutrofização do ambiente e conseqüentemente reduzir a diversidade da comunidade fitoplanctônica, sendo assim, em geral ambientes oligotróficos possuem maior diversidade de organismos quando comparados a ambientes eutrofizados (SANTOS, 2016). Neste estudo, observou-se uma tendência contrária ao que normalmente é observado para ambientes oligotróficos considerando o atributo diversidade, que foi baixa. Esta baixa diversidade, no entanto, pode ser explicada pela dominância da crisofícea 1, a qual se sobressaiu às demais espécies devido à já comentada capacidade de explorar ambientes limitados por nutrientes.

O valor da equitabilidade ( $J$ ) foi maior na região litorânea ( $0,7$ ) e menor na região pelágica ( $0,5$ ). Os valores de equitabilidade variam de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 as espécies estão mais igualmente distribuídas. Quanto maior for a equitabilidade de uma comunidade menor será a dominância (MATOS, 2010). Para os valores de dominância a região pelágica apresentou  $1,0$  e a região litorânea  $0,9$ . Houve a dominância de Chrysophyceae em ambas as regiões da represa.

Em um estudo realizado por Matos (2010) em um ambiente oligotrófico encontrou-se valores de diversidade entre 1,26 a 3,75, equitabilidade de 0,38 a 0,91 e dominância de 0,09 a 0,66. Ferrari (2010) descreveu em seu trabalho realizado em ambiente hipertrófico, valores médios de diversidade em 2,5-3,1, equitabilidade em 0,5-2,2. Já em ambiente oligotrófico esta mesma autora descreve valores médios de diversidade em 2,3-2,8 e equitabilidade em 0,4-0,6.



**Gráfico 3 - Diversidade, equitabilidade e dominância por classe da comunidade fitoplanctônica da represa da UTFPR nas regiões litorânea e pelágica em março de 2019. Fonte: Arquivo pessoal (2019).**

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos dados obtidos conclui-se que a represa da UTFPR-DV apresenta baixas concentrações de nutrientes e respeita os valores máximos permitidos pela legislação brasileira para ambientes de água doce. Não houve diferença significativa nas variáveis físicas, químicas e biológicas entre as regiões pelágica e litorânea da represa.

A comunidade fitoplanctônica apresenta baixa riqueza e diversidade, e alta dominância de espécies (Chrysophyceae), sendo que os maiores valores dos atributos da comunidade foram encontrados na região pelágica, hábitat preferencial do fitoplâncton.

Assim, conclui-se que a diferença espacial da comunidade fitoplanctônica entre as regiões da represa existe, porém é mínima. Isto pode ser explicado pelas características morfométricas deste ambiente aquático, entre as quais se destacam o tamanho pequeno e a pouca profundidade, que contribuem para tornar o ambiente mais homogêneo em relação às características da água e de outras comunidades adjacentes.

## REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, F. J. P. et al. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 397-409, 2007.
- AIDAR, E. *et al.* Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. **Publicação especial do Instituto de Oceanografia**. São Paulo, v. 10, n. 740, p. 9-43, 1993.
- ALGARTE, V. M.; MORESCO, C.; RODRIGUES, L. Algas do perifíton de distintos ambientes na planície de inundação do alto rio Paraná. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 28, n. 3, 2006.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, Alemanha, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDERLE, P. N. **Fitoplâncton na baía de Paranaguá, Paraná, Brasil**: variação anual e recorrência interanual de espécies abundantes. 58f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.
- ANDRADE, R. S. **Dinâmica do fitoplâncton, qualidade de água e a percepção ambiental da comunidade de pescadores em açudes da bacia do rio Taperoá**. 150f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Paraíba, João Pessoa. 2008.
- AQUINO, C. A. N.; BUENO, N. C.; MENEZES, V. C. Chlorococcales sensu lato (Chlorophyceae) de um ecossistema lótico subtropical, estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 41, n. 3, p. 431-451. São Paulo, 2014.
- AZEVEDO, A. C. G; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22 n° 3, p. 870-877. 2008.
- BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, n. 1, p. 459-475, 1990.
- BICUDO, C. E. M. et al. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP: Algas, 24: Zygnemaphyceae (Desmidiaceae: Octacanthium, Staurastrum e Staurodesmus). **Hoehnea**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 497-517, 2007.
- BOHNENBERGER, J. E. **Estrutura e dinâmica do fitoplâncton em diferentes escalas temporais e espaciais em ambientes límnicos**. 192 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, 2017.

BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 607, n. 1, p. 63-74, 2008.

BORGES, P. A. F. *et al.* Spatial variation of phytoplankton and some abiotic variables in the Pirapó River-PR (Brazil) in August 1999: a preliminary study. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Maringá, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2003.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, 2011.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3º ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2018.

CAVALIER-SMITH, T. A revised six-kingdom system of life. **Biological Reviews of the Cambri**. Reino Unido, v. 73, n. 3, p. 203-266, 1998.

CARVALHO, M. C. **Comunidade fitoplanctônica como instrumento de biomonitoramento de reservatórios no Estado de São Paulo**. 167 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.. Limiting factors for phytoplankton growth in subtropical reservoirs: the effect of light and nutrient availability in different longitudinal compartments. **Lake and Reservoir Management**. EUA, v. 27, n. 2, p. 162-172, 2011.

CYRINO, J. E. P. OLIVEIRA, A. M. B. M. S. de. COSTA, A. B. **Curso de atualização em piscicultura**. Piracicaba, SP, 199-?.

DELAZARI-BARROSO, A. *et al.* Physical regimes and nutrient limitation affecting phytoplankton growth in a meso-eutrophic water supply reservoir in southeastern Brazil. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 14, n. 4, p. 269-278, 2009

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2011.

FELISBERTO, S. A.; LEANDRINI, J. A.; RODRIGUES, L. Effects of nutrients enrichment on algal communities: an experimental in mesocosms approach. **Acta Limnol. Bras.** Rio Claro, v. 23, n. 2, p. 128-137, junho de 2011.

FERRAREZE, M. The effect of the land use on phytoplankton assemblages of a Cerrado stream (Brazil). **Acta Limnol. Bras.**, Rio Claro, v. 24, n. 1, p. 43-51, Mar. 2012.

FERRARI, F. **Estrutura e dinâmica da comunidade de algas planctônicas e perifíticas (com ênfase nas diatomáceas) em reservatórios oligotrófico e hipereutrófico (Parque Estadual das fontes do Ipiranga, São Paulo)**. 359 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

FRAGOSO JUNIOR, C. R.; FERREIRA, T. F.; MARQUES, D. M. L. M. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

GORENSTEIN, M. R. *et al.* Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, Campus Dois Vizinhos através do método de Quadrantes. **V Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária-Ciências Agrárias, Animais e Florestais-UTFPR**. Dois Vizinhos, p. 01-04, 2011.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G.M. **AlgaeBase**. Publicação eletrônica mundial, Universidade Nacional da Irlanda, Galway. Disponível em: <http://www.algaebase.org>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

GRAÇA SOPHIA, M.; DIAS, I. C. A.; ARAÚJO, A. M. Chlorophyceae and Zygnematophyceae from the Turvo State Forest Park, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia. Série Botânica**, v. 60, n. 1, p. 25-48, 2005.

HENRY, R.; *et al.* Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**. Botucatu - SP, v. 58, n.4, p 571-590, 1998.

IKPI, G. U.; OFFEM, B. O.; OKEY, I. B. Plankton distribution and diversity in tropical earthen fish ponds. **Environment and Natural Resources Research**, v. 3, n. 3, p. 45, 2013.

KALFF, J. **Limnology: inland water ecosystems**. Upper Saddle River, NJ.: Prentice-Hall, 2002.

KIM, Y. J. Floristic survey and five new records of fresh-water coccoid green algae (genus *Coenochloris*, *Radiococcus*, *Schizochlamydeella*, and *Thorakochloris*). **Journal of Ecology & Environment**, v. 37, n. 4, 2014.

KUBITZA, F. Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte III (Final). **Panorama da aquicultura**. v. 8, p. 35-43, 1998.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 238 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LOAIZA-RESTANO, A. M.; BICUDO, C. E. M. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Algas 40: Chlorophyceae (Hydrodictyaceae). **Hoehnea**, v.41, n. 3, p. 353-364. São Paulo, 2014.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista de Biología Marine y Oceanografía**, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LE CREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, n. 2, p. 143-170, 1958.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F., **Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists**. Titus Wilson and Son Ltd - Freshwater Biological Association Scientific Publication. n. 36. Kendall, 1978.

MARTINS, M. **Variação e tendências das variáveis de qualidade de água do ecossistema aquático da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no município de Ilha Solteira/SP.** 57f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Campus Ilha Solteira. São Paulo, 2009.

MATOS, J. C. **Aspectos hidrobiológicos do complexo de represas Paraibuna-Paraitinga, São Paulo, com ênfase na comunidade fitoplanctônica.** 191 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MENEZES, V. C; BUENO, N. C; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal variation of the phytoplankton community in a section of the Iguaçu River, Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Biology.** São Carlos, v. 73, n. 2, p. 279-290, 2013.

MISTURA, M. **Caracterização e monitoramento da qualidade da água do Lago Municipal de Dois Vizinhos, Lago Dourado.** 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado em Química) – Universidade Federal da Fronteira Sul. Realeza, 2015.

MORETI, L. O. R. *et al.* Spatial and temporal fluctuation of phytoplankton functional groups in a tropical reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences.** Maringá, v. 35, n. 3, p. 359-366, 2013.

MORO, R. S. *et al.* Heterogeneidade espacial do fitoplâncton na represa Alagados (Ponta Grossa, PR) (Phytoplankton spatial heterogeneity in Alagados reservoir (Ponta Grossa, PR)). **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde.** Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 21-30, 2003.

NISHIMURA, P. Y. **Ecologia da comunidade fitoplanctônica em dois braços de Represa Billings (São Paulo, SP) com diferentes graus de trofia.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

NABOUT, J. C. NOGUEIRA, I. S. Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica do lago dos Tigres (Goiás, Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences.** Maringá, v. 30, n. 1, p. 47-55, 2007.

NOGUEIRA, I. S. *et al.* Desmídias (Zygnematophyceae) de hábito filamentoso da região do Vale do Paranã (Goiás, Brasil). **Rodriguésia,** v. 67, n. 3, p. 677-689. Rio de Janeiro, 2016.

PELLEGRINI, B. G.; FERRAGUT, C. Variação sazonal e sucessional da comunidade de algas perfiticas em substrato natural em um reservatório mesotrófico tropical. **Acta botânica brasileira,** v. 26, n. 4, p. 810-821, 2012.

PIELOU, E. C. **Ecology diversity.** New York: John, 1975.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil.** 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

REYNOLDS, C. **Ecology of phytoplankton: ecology, biodiversity and conservation.** Cambridge University Press, 2006.

- RIEDIGER, W. *et al.* Spatial and temporal variation of phytoplankton in subtropical stabilization ponds. **Acta Limnologica Brasiliensia**. Rio Claro, v. 27, n. 4, p. 441-453, 2015.
- RODRIGUES, L. *et al.* **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005.
- RODRIGUES, E. I.; LEAL, C.B.; OLIVEIRA, M. C. P. Interação entre fatores ambientais e fitoplâncton como ferramenta de educação ambiental no curso de licenciatura em ciências biológicas ufpi / ead. **Revista da SBEnBio**, n. 9. 2016.
- ROS, J. Práticas de ecologia. Barcelona: **Omega**, 1979.
- ROSINI, E. F.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Scenedesmaceae (Chlorococcales, Chlorophyceae) de pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil: levantamento florístico. **Hoehnea**, v. 40, n. 4, p. 661-678. São Paulo, 2013.
- SABETTA, L. *et al.* Body size abundance distributions of nano-and micro-phytoplankton guilds in coastal marine ecosystems. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 63, n. 4, p. 645-663, 2005.
- SANTANA, LM *et al.* Spatial and temporal variation of phytoplankton in a tropical eutrophic river. **Brazilian Journal of Biology**. São Carlos, v. 76, n. 3, p. 600-610, 2016.
- SANTOS, A. C. A. **Heterogeneidade espacial e variabilidade temporal de dois reservatórios com diferentes graus de trofia, no estado de São Paulo**. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.
- SANTOS, L. G. **O fitoplâncton como discriminador ambiental dos reservatórios do Sistema Cantareira (SP)**. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia. Sorocaba, 2016.
- SANTOS, M. A. et al. Desmidiaceae (Zygnematophyceae, Streptophyta) of Lagoa das Bateias, Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 13, 2013.
- SANTOS, T. R.; **Variação sazonal da biomassa, do estado nutricional e da estrutura da comunidade de algas perifíticas desenvolvida sobre substrato artificial e *Utricularia foliosa* L.** 87 f. Dissertação (Mestrado em diversidade vegetal e meio ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 2012.
- SECCO-SOUZA, M. **Estrutura da comunidade algal perifítica de uma represa subtropical do sudoeste do Paraná**. 2016. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.
- SETO, L. M. **Inter-relação entre a comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em tanques de piscicultura nos períodos de seca e chuva**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2007.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1963.

SILVA, F. K. L.; FONSECA, B. M.; FELISBERTO, S. A. Estrutura da comunidade de Zygnematophyceae periférica (Streptophyta) em tanques eutróficos urbanos do Brasil central (Goiânia, GO). **Acta Limnol. Bras.** Rio Claro, v. 30, e206, 2018.

SILVA, L. H. S. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, v. 59, n. 2, p. 281-303. São Carlos, 1999.

SIMPSON, E. H. **Measurement of diversity**. Nature, 1949.

SOLORZANO, L. Determination of ammonia in natural Waters by the phenolhypochlorite method. **Limnology and Oceanography**, v. 14, n. 5, p. 799-801. 1969.

SOUZA, K. F.; SERGIO, M. E. L. O. Levantamento taxonômico de desmídias (Chlorophyta) do lago Novo (Amapá, Brasil): Gêneros *Staurastrum* Meyen, *Staurodesmus* Teiling e *Xanthidium* Ehrenberg. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 3, 2011.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A manual of sea water analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada. **Bulletin**, v. 125, n. 2, p. 1-185, 1965.

TANIGUCHI, G. M.; BICUDO, D. C.; SENNA, P. AC. Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifíton em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 1, p. 137-147, 2005.

TANIWAKI, Ricardo H. **A comunidade perifítica e suas relações com a qualidade da água no reservatório de Itupararanga (SP – Brasil)**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba, 2012.

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

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitative phytoplankton: metodik. **Internationale Vereinigung und Theoretische und Angewandte Limnologie**. Mitteilungen, v. 9, n.1, p. 1-38. 1958.

VALDERRAMA, J. C.. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural Waters. **Marine Chemistry**, v. 10 n. 2, p 109-122. 1981.

VARGAS, S. R. **Influência da concentração de nutrientes na interação entre duas espécies fitoplanctônicas isoladas do Reservatório de Itupararanga-SP**. Dissertação (Mestre em Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.

VERCELLINO, I. S.; BICUDO, D. C.; Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p.363-377, jul./set. 2006.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3 ed. San Diego, CA: Academic Press, 2001.