

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 14/07/2024.



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**CHLOROPHYCEAE, ULVOPHYCEAE, KLEBSORMIDIOPHYCEAE E
TREBOUXIOPHYCEAE FILAMENTOSAS DO ESTADO DE SÃO PAULO:
LEVANTAMENTO FLORÍSTICO**

KARINA ALEJANDRA DÍAZ VALLE

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)**

**CHLOROPHYCEAE, ULVOPHYCEAE, KLEBSORMIDIOPHYCEAE E
TREBOUXIOPHYCEAE FILAMENTOSAS DO ESTADO DE SÃO PAULO:
LEVANTAMENTO FLORÍSTICO**

KARINA ALEJANDRA DÍAZ VALLE

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas, Orientador: Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo.

**Rio Claro – SP
2023**

V181c Valle, Karina Alejandra Díaz
Chlorophyceae, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e
Trebouxiophyceae filamentosas do Estado de São Paulo :
levantamento florístico / Karina Alejandra Díaz Valle. -- Rio Claro,
2023
200 p. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Carlos Eduardo de Mattos Bicudo

1. Chlorophyceae 'sensu amplo'.. 2. levantamento florístico.. 3.
taxonomia. 4. Brasil. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: *Chlorophyceae, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae*
filamentosas do Estado de São Paulo: levantamento florístico

AUTORA: KARINA ALEJANDRA DÍAZ VALLE

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO DE MATTOS BICUDO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Biológicas
(Biologia Vegetal), área: Biologia Vegetal pela Comissão Examinadora:

Professor Doutor CARLOS EDUARDO DE MATTOS BICUDO (Participação Virtual)
Divisão do Jardim Botânico de São Paulo Seção de Ecologia / Instituto de Botânica SP

Profª. Drª. GISELE CAROLINA MARQUARDT (Participação Virtual)
Departamento de Botânica / Universidade Federal do Paraná

Profª. Drª. SÍLVIA MARIA MATHES FAUSTINO (Participação Virtual)
Departamento de Farmácia / Universidade Federal do Amapá

Profª. Drª. ANDREA TUCCI (Participação Virtual)
Núcleo de Conservação da Biodiversidade / Instituto de Pesquisas Ambientais

Profª. Drª. CRISTINA SOUZA FREIRE NORDI (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / Universidade Federal de São Paulo

Rio Claro, 14 de julho de 2023



AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, pela excelente pessoa que é desempenhando o verdadeiro papel de orientador, convertendo-se em meu Pai Científico. Muito obrigada por tudo, Ori.

À Prof^a Dr^a Denise de Campos Bicudo, pelo exemplo de pessoa que é, além de todo apoio, fortaleza e motivação para seguir. Muito obrigada pelas conversas e excelentes passeios junto com o Ori.

Ao Yukio Hayashi da Silva, técnico em computação no Instituto de Pesquisas Ambientais em São Paulo, pelo tempo e paciência para ajudar a procurar todas as (muitas) coisas que eu procurava.

À Prof^a Dr^a Andréa Tucci e Sr^a Neide Pozo Rios de Souza, pelo tempo e paciência para procurar amostras e fichas no herbário seccional de algas do Instituto de Pesquisas Ambientais.

Às meninas do laboratório pelo companheirismo e ajuda.

Às meninas de alojamento, em especial à Patty e à Natália, que sempre fizeram minha estadia muito mais alegre, pelas risadas e por serem tão companheiras e acolhedoras durante minhas estadias em São Paulo.

À minha amiga Lina, pela amizade, companhia, risadas, Smirnoff e séries compartilhadas. Sua presença foi muito importante para mim.

À minha amiga Paula Nishimura e família, por serem tão bons e solícitos comigo cada vez que eu vim ao Brasil.

Às minhas amigas chilenas, por torcerem por mim quando eu estava cabisbaixa, em especial à Claudia e à Paula por toda ajuda na minha vida.

À Prof^a Dr^a Irma Vila, da Universidad de Chile por ter me incentivado a conhecer as microalgas.

À minha família, em especial aos meus sogros por terem orgulho das minhas conquistas e por cuidarem de meu filho enquanto estive longe de casa por longos períodos.

Aos meus pais, que mesmo estando em outro plano, eu sei que ficariam imensamente felizes e orgulhosos ao verem sua filha caçula fazendo as coisas que ela quis fazer.

Aos Rodrigo e Cristóbal e à Blue, a família que juntos construímos, pelo amor, confiança, compreensão e apoio que me entregaram em cada um de meus (nossos) passos, sem o que tudo seria muito difícil.

Dedico esta tese, por fim, a todos os meus amigos e entes queridos, que estão junto a mim ou me olham de outro plano e que têm sido uma grande contribuição para a minha vida.

“Los científicos son niños que han conservado su capacidad de asombro.”
(Cientistas são crianças que mantiveram sua capacidade de admiração)

Sylvia Earle

Resumo

As algas verdes filamentosas constituem um componente importante das comunidades habitantes dos ambientes dulcícolas. No entanto, a enorme plasticidade morfológica e a dificuldade de observação de vários desses organismos influíram substancialmente em sua taxonomia. Tais fatos são igualmente fundamentais na escassez de informação sobre sua ecologia

O presente estudo teve como objetivo abordar a taxonomia das algas verdes filamentosas do Estado de São Paulo considerando as Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae filamentosas que ocorrem no Estado. O trabalho está inserido em um projeto temático maior intitulado “Flora Ficológica do Estado de São Paulo”. Foram trabalhadas 99 amostras de distintos municípios do Estado de São Paulo. Os municípios foram escolhidos para obter uma cobertura o mais uniforme possível do território do Estado e abranger material de ambientes lênticos e lóticos em proporções equivalentes. Na abordagem taxonômica, foi inventariado o total de 69 espécies, das quais 25 pertencem à classe Chlorophyceae, 39 à Ulvophyceae, três à Trebouxiophyceae e duas à Klebsormidiophyceae. O tipo biológico constituído pelas algas filamentosas tem, em parte, certas vantagens em relação ao unicelular. Os gêneros com maior número de espécies identificadas foram *Trentepohlia* (15 espécies), *Phycopeltis* (8), *Stigeoclonium* (7), *Microspora* (6), *Ulothrix* (5), *Chaetophora* (3), *Uronema*, *Cephaleuros* e *Klebsormidium* (2 cada um) e os demais gêneros apresentaram apenas uma espécie cada um. As citações de *Microspora lauterbornii*, *Microspora pachyderma*, *Gongrosira papuasica* e *Ulothrix tenuissima* constituem novas referências de ocorrência no Estado de São Paulo e a de *Klebsormidium scopulinum* no Brasil.

O tipo dominante de organização celular foi o filamentosos ramificado com ou sem mucilagem envolvente e o tipo de ambiente em que foram encontradas as algas filamentosas foi o bentônico. A informação ora apresentada reuniu dados bibliográficos e de laboratório e visou a ser uma ajuda no reconhecimento ao microscópio das algas verdes filamentosas presentes no Estado de São Paulo.

Palavras-chave: Brasil, Chlorophyceae ‘*sensu amplo*’, levantamento florístico, taxonomia

“Abstract”

The benthic and the litoral flora primary production of lakes and other shallow water bodies represent two to three times the phytoplankton production, the contribution of the filamentous algae being of utmost relevance in such communities. They in shallow, where they usually form dense floating masses favored by the system eutrophication, and that may commonly be associated with representatives of other groups of organisms as are the cases, for instance, of Xanthophyceae and Rhodophyceae with Cyanobacteria. In addition to their role as important primary producers

Present study aimed at the taxonomy of the filamentous green algae of the State of São Paulo, considering the Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae, and Trebouxiophyceae occurring in the State area. Present investigation is part of the thematic project “São Paulo State algal flora”. Ninety-nine samples from distinct municipalities of the State of São Paulo were very carefully examined. Municipalities were selected to obtain the most uniform possible coverage of the State territory, as well as lentic and lotic environments samples in somewhat equivalent proportions. Identification of 69 species included 25 belonging to the class Chlorophyceae, 39 to Ulvophyceae, three to Trebouxiophyceae, and two to the Klebsormidiophyceae. The biological type represented by the filament has, at least in part, some advantages when compared to the unicellular. Genera with higher numbers of species identified were: *Trentepohlia* (15 species), *Phycopeltis* (8), *Stigeoclonium* (7), *Microspora* (6), *Ulothrix* (5), *Chaetophora* (3), *Uronema*, *Cephaleuros* and *Klebsormidium* (2 each), and the other genera with a single species each. Citations of *Microspora lauterbornii*, *Microspora pachyderma*, *Gongrosira papuasica* and *Ulothrix tenuissima* are new for the State Paulo and that of *Klebsormidium scopulinum* for Brasil. The dominant type of cell organization was the filamentous branched of not with or not some involving mucilaginous sheath, and the kind of habitat in which most filamentous green algae inhabited was dominantly benthic. Information included in this doctoral dissertation was bibliographic and produced in the laboratory and aimed at providing the students some information to recognize the State of São Paulo filamentous green algae at the microscope.

Key words: Brazil, Chlorophyceae ‘*sensu amplo*’, floristic survey, taxonomy

Sumário

1. Introdução	8
1. Importância ecológica e abrangência taxonômica	8
2. Chlorophyceae ' <i>sensu stricto</i> ', Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae dulcícolas no Estado de São Paulo	11
2. Objetivos	13
1. Objetivo geral	13
2. Objetivos específicos	13
3. Material e métodos	14
1. Área de estudo	14
2. Material estudado e métodos de estudo	14
2.1. Material estudado	14
2.2. Coleta, fixação e preservação	21
2.3. Exame ao microscópio	22
2.4. Identificação taxonômica	22
2.5. Material de literatura	22
2.6. Descrição, medição, ilustração e classificação	23
2.6.1. Descrição	23
2.6.2. Medidas e ilustração	23
2.6.3. Classificação	24
2.7. Chaves de identificação taxonômica	25
2.8. Organização da tese	25
4. Resultados e discussão	26
1. Relação dos gêneros estudados	26
2. Referências citadas	30
Capítulo 1. Chlorophyceae '<i>sensu stricto</i>' filamentosas do Estado de São Paulo	
1. Classe Chlorophyceae ' <i>sensu stricto</i> '	33
1.1. Ordem Sphaeropleales	35
1.1.1. Família Microsporaceae	35

1.1.2. Família Sphaeropleaceae	43
1.2. Ordem Chaetophorales	45
1.2.1. Família Aphanochaetaceae	46
1.2.2. Família Chaetophoraceae	48
1.2.3. Família Schizomeridaceae	73
1.2.4. Família Uronemataceae	78
1.3. Conclusões	81
1.4. Literatura citada	82
Capítulo 2. Ulvophyceae filamentosas do Estado de São Paulo	
1. Classe Ulvophyceae	96
1.1. Ordem Trentepohliales	98
1.1.1. Família Trentepohliaceae	101
1.2. Ordem Ulotrichales	129
1.2.1. Família Ulotrichaceae	130
1.2.2. Família Binucleariaceae	139
1.3. Ordem Cladophorales	141
1.3.1. Família Cladophoraceae	145
1.3.2. Família Pseudocladophoraceae	150
1.4. Ordem Bryopsidales	152
1.4.1. Família Dichotomosiphonaceae	155
1.5. Conclusões	155
1.6. Referências citadas	156
Capítulo 3. Classes Trebouxiophyceae (Chlorophyta) e Klebsormidiophyceae (Charophyta) filamentosas do Estado de São Paulo	
1. Classe Trebouxiophyceae	173
1.1. Ordem Chlorellales	173
1.1.1. Família Chlorellaceae	173
1.2. Ordem Microthamniales	177
1.2.1. Família Microthamniaceae	177
2. Divisão Charophyta	180
2.1. Classe Klebsormidiophyceae	181
2.2.1. Ordem Klebsormidiales	181
2.2.1.1. Família Klebsormidiaceae	182
2.2. Conclusões	185

2.3. Referências citadas	185
Capítulo 4. Conclusões gerais	191
Índice das espécies e variedades identificadas	194

1

Introdução

1. Importância ecológica e abrangência taxonômica

Consta nos sistemas aquáticos, entre as comunidades biológicas, a das algas habitantes do plâncton, ou seja, o conjunto dos microrganismos fotossintetizantes ou não que são adaptados à vida em suspensão na coluna d'água (Reynolds 2006); e pelo perifíton representadas por uma comunidade complexa de organismos microscópicos que vive íntima ou frouxamente aderida a algum tipo de substrato submerso vivo ou morto (Wetzel 1983).

As algas são o principal produtor primário nos ecossistemas aquáticos tanto marinhos quanto continentais, sendo responsáveis por quase metade da produção primária total (Field *et al.* 1998, Falkowski *et al.* 2004) e constituem a unidade básica da produção do sistema que sustenta a rede trófica (Reynolds 2006). Variam em tamanho, forma, adaptações evolutivas, posição filogenética e demanda por nutrientes e energia, além de sua sensibilidade aos diferentes processos de perda como, por exemplo, a sedimentação e a predação (Padisák *et al.* 2003, Padisák 2004).

As algas verdes filamentosas constituem um componente importante das comunidades habitantes dos ambientes dulcícolas, especialmente da ficoflórula bentônica. São especialmente importantes em corpos d'água rasos onde formam, habitualmente, densas massas flutuantes favorecidas pela eutrofização do ambiente associadas ou não a representantes de outros grupos de organismos como é o caso, por exemplo, de xantofíceas ou rodofíceas com cianobactérias (Hillebrand 1983, Margalef 1983).

No entanto, a enorme plasticidade morfológica e a dificuldade de observação de vários desses organismos influíram substancialmente em sua taxonomia. Tais fatos são igualmente fundamentais na escassez de informação sobre sua ecologia (Cambra & Aboal 1992).

O filamento é uma excelente forma de adaptação às condições ambientais, pois o indivíduo cresce rapidamente em comprimento e pode, com isso, utilizar maiores volumes de água e manter constante sua relação área:volume. As ramificações representam a estrutura adaptativa que permitiu às algas o melhor aproveitamento da água em espaços confinados, além do melhor

controle da absorção (Margalef 1983). A evolução do filamento simples de crescimento rápido para o filamento ramificado de crescimento mais lento pode ser observada com frequência nos ecossistemas de água doce (Margalef 1983).

O tipo biológico constituído pelas algas filamentosas permite, em parte, certas vantagens em relação ao unicelular. Espécimes multicelulares apresentam alguma especialização em seu talo. Neste sentido, as algas filamentosas possuem ampla gama de representantes desde o filamento mais simples ou a colônia filamentosa (ex. *Spirogyra*) até os talos filamentosos mais complicados, com estruturas especializadas para fixação, fotossíntese e reprodução (ex. *Cladophora*, *Stigeoclonium*). Essa organização aumenta as possibilidades ecológicas do organismo embora, às vezes, de forma pouco evidente no aproveitar com mais eficiência as condições ambientais em que vive, além de aumentar sua capacidade de sobrevivência (Cambra & Dominguez-Pañella 1990).

A produção primária da flórua bentônica e do litoral de lagos e outros corpos d'água rasos representa duas a três vezes a produção do plâncton e a contribuição das algas filamentosas é bastante significativa nestas comunidades (Margalef 1983).

Além do papel que desempenham como importantes produtores primários, as algas verdes também exercem papel capital na ecologia de vários ambientes ao constituírem, junto com outras algas do perifíton, alimento para numerosas formas de invertebrados aquáticos (Graham & Wilcox 2000). Algumas algas verdes são também indicadoras da qualidade ecológica ambiental (Necchi *et al.* 1994, Branco & Pereira 2002, Pereira & Branco 2007).

Existe também certa tendência recente para a utilização tecnológica das algas. Estes organismos vêm sendo usados com frequência em modelos experimentais como, por exemplo, na fabricação de produtos alimentares e farmacêuticos (Graham & Wilcox 2000). Além disso, vem-se tentando usar as algas como fonte de biomassa para produção de combustível renovável e, neste sentido, as algas verdes contam entre as que apresentam a maior viabilidade (Carlsson *et al.* 2007). Algumas algas verdes filamentosas podem ser, contrariamente, consideradas “pragas” em ambientes de água corrente que sofrem impacto antropogênico. Segundo Biggs (1985), essas algas atuariam no entupimento de filtros de estações de tratamento de água para consumo humano e na degradação da qualidade ecológica da água graças à flutuação diária de seu teor de oxigênio e do pH causando, como consequência, perda do valor estético da água. O melhor exemplo dessas algas é o gênero *Cladophora*, que vem sendo constantemente documentado como verdadeira “praga” em ambientes lóticos de várias partes do mundo (Biggs 1985, Biggs & Price 1987, Dodds & Gudder 1992).

As Chlorophyceae ‘*sensu lato*’ incluem pouco mais de 500 gêneros e quase 15.000 espécies (John 1994, 2003) constituindo, portanto, uma das maiores classes de microalgas em termos de

diversidade taxonômica. Ao redor de 80% das Chlorophyceae '*sensu lato*' vivem na água doce e o restante ocupa ambientes de água salobra, marinha, hipersalina e o solo. A maioria dessas algas é de vida livre, mas há espécimes parasitas e outros simbioses (Chapman & Waters 1992, Gärtner 1992). As Chlorophyceae '*sensu lato*' apresentam taxonomia razoavelmente difícil decorrente da grande plasticidade fenotípica e da dificuldade de quantificação de várias suas características potencialmente utilizáveis na taxonomia, o que certamente contribuiu para a escassez de estudos mais específicos sobre esse grupo de algas (Cambra & Dominguez-Pañella 1990).

As algas verdes são consideradas um dos grupos mais diversificados entre as algas. No que tange às Chlorophyceae '*sensu lato*', os distintos níveis morfológicos de organização (monadoide, cocoide, filamentosos, parenquimatosos e sifonáceos) derivaram independentes através de três ou quatro linhas de evolução (Mattox & Stewart 1984). Decorre daí o uso amplo e continuado dos níveis morfológicos de organização do talo como base para a delimitação de ordens e famílias nessas algas (Parra & Bicudo 1995).

Um grupo importante de clorofíceas '*sensu lato*' é o formado pelas algas filamentosas simples ou ramificadas constituído por desde algumas poucas até um número grande e indefinido de células. Tais algas estão distribuídas pelas quatro classes taxonômicas que seguem e serão incluídas no presente estudo: Chlorophyceae '*sensu stricto*', Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae. Foram excluídos os representantes das Zygnematophyceae e Oedogoniophyceae, porque a identificação taxonômica de gêneros e categorias infragenéricas nessas duas classes exige o conhecimento de suas estruturas de reprodução que nem sempre e até raramente estão presentes na natureza (Bicudo & Menezes 2017).

A série linear de células (filamento) é o tipo de organização mais generalizado nestas algas. Podem existir nos filamentos partes do talo com divisão mais ativa e caráter de meristema ou todas as células reterem a mesma capacidade de divisão. A diferenciação longitudinal (polaridade) manifesta-se pela existência de rizoides na base do filamento e de células terminais com certas particularidades. O filamento constitui uma excelente forma de adaptação ao ambiente, ou seja, a planta cresce rápido em comprimento (crescimento exponencial), distende-se, utiliza maiores volumes de água e mantém constante, por conseguinte, certas propriedades como a relação superfície:volume do talo. A ramificação do filamento constitui uma variável relacionada com a relação superfície:volume do talo, por permitir uma melhor utilização do espaço se comparada com o crescimento do talo apenas em comprimento. Essas duas modalidades podem ser comparadas, respectivamente, com um sistema fluvial que converge (ramificação) para um rio de planície, o qual desenvolve meandros (filamentos simples); ou ao incluir a divisão longitudinal

das células algumas vezes muito accidental e outras vezes mais regular para formar os talos tubulares (*Enteromorpha*) (Margalef 1983).

- **Chlorophyceae ‘sensu stricto’** → incluem os seguintes gêneros de algas filamentosas: *Chaetophora*, *Draparnaldia*, *Gonatoblaste*, *Gongrosira*, *Hormotila*, *Microspora*, *Protoderma*, *Radiofilum*, *Schizomeris*, *Stigeoclonium* e *Uronema*.
- **Ulvophyceae** → incluem os seguintes gêneros de algas filamentosas: *Binuclearia*, *Cephaleuros*, *Cladophora*, *Dichotomosiphon*, *Phycopeltis*, *Physolinum*, *Pithophora*, *Printzina*, *Rhizoclonium*, *Trentepohlia*, *Ulothrichopsis* e *Ulothrix*.
- **Klebsormidiophyceae** → incluem só o gênero *Klebsormidium* de algas filamentosas.
- **Trebouxiophyceae** → incluem os seguintes gêneros de algas filamentosas: *Geminella*, *Gloeotila* e *Microthamnion*.

2. Chlorophyceae ‘sensu stricto’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae dulcícolas no Estado de São Paulo

Relativamente pouco ainda se conhece sobre as classes Chlorophyceae ‘sensu stricto’, Ulvophyceae, Klebsormidiophyceae e Trebouxiophyceae no Estado de São Paulo. Poucos trabalhos referiram a ocorrência dessas algas no Estado, um dos quais (Bicudo & Bicudo 2014) divulgou a presença de *Gonatoblaste rostrata* Huber na área do PEFI, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga e o outro (Bicudo & Pereira 2003) de *Uronema confervicolum* Lagerheim var. *africana* (Borge) Printz e *U. elongatum* Hodgetts também na área do PEFI. A primeira referência à ocorrência de representante de *Microspora* no Brasil foi para São Paulo e consta em Borge (1918), que citou *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. amoena* (Kützinger) Rabenhorst, *M. brevis* Nordstedt, *M. loefgrenii* Nordstedt e *M. stagnorum* (Kützinger) Lagerheim. Os trabalhos taxonômicos de Bicudo (1984) e Necchi *et al.* (2002) constituem, entre outros, a contribuição para o Estado de São Paulo. Foram descritas e ilustradas nesses trabalhos as seis espécies seguintes: *M. abbreviata* (Rabenhorst) Lagerheim, *M. floccosa* (Vaucher) Thuret, *M. quadrata* Hazen e *M. stagnorum* (Kützinger) Lagerheim. Há também a referência a *Radiofilum conjunctivum* Schmidle em Bicudo & Bicudo (1970) e dela consta a ilustração de material coletado no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Branco *et al.* (2002) apresentaram boa descrição dos *Stigeoclonium* ocorrentes no Estado.

O conhecimento das Ulvophyceae filamentosas de águas continentais é numericamente maior em termos de publicações, ao ser comparado com as demais classes, com seis trabalhos. Assim, cronologicamente, Bicudo & Santos (2001) documentaram a presença de *Physolinum monilia* (De Wildeman) Printz e de quatro espécies de *Trentepohlia* [*T. arborum* (C. Agardh) Hariot, *T. aurea*

(Linnaeus) Martius, *T. calamicola* (Zeller) De Toni & Levi e *T. rigidula* (Müller) Hariot] na área do PEFI; Bicudo & Pereira (2003) noticiaram a ocorrência de *Ulothrix aequalis* Kützinger var. *aequalis*, *U. subtilissima* Rabenhorst e *U. tenerrima* (Kützinger) Kützinger também no PEFI; Lemes-da-Silva *et al.* (2010) reportaram a presença de seis espécies de *Trentepohlia* [*T. abietina* (Flotow) Hansgirg, *T. arborum* (C. Agardh) Hariot, *T. aurea* (Linnaeus) Martius, *T. diffracta* (Krempelhuber) Hariot, *T. cf. duseinii* (Wittrock & Nordstedt) Hariot e *T. monilia* De Wildemann] e uma de *Printzina* [*P. effusa* (Krempelhuber) Thompson & Wujek] ao estudarem material proveniente de 10 localidades da região Noroeste do Estado de São Paulo (Vila Iolanda, Matão, Novo Horizonte, Planalto, Sales, São João de Iracema, Turmalina, União Paulista, Vicentópolis e Votuporanga); Bicudo (2014) documentou a ocorrência de *Pithophora roetleri* (Roth) Wittrock também para a área do PEFI; e, finalmente, Lemes-da-Silva *et al.* (2017) estudaram a diversidade florística e a distribuição geográfica das espécies de Trentepohliales coletadas nos anos 2009 e 2010 em cinco localidades, duas das quais no Estado de São Paulo, quais sejam: uma floresta sazonal semidecídua no Parque Estadual da Serra do Mar e uma floresta mista em Campos do Jordão. Nesse trabalho, os autores registraram a existência de uma espécie de *Cephaleuros* (*Cephaleuros* sp.), sete de *Phycopeltis* (*P. amboinensis* Printz, *P. arundinacea* De Toni, *P. epiphyton* Millardet, *P. flabellata* Thompson & Wujek, *P. pilosa* Thompson & Wujek e dois materiais identificados só em nível gênero) e 10 de *Trentepohlia* [*T. abietina* Hansgirg var. *abietina*, *T. abietina* Hansgirg var. *tenue* Cribb, *T. arborum* (C. Agardh) Hariot, *T. cf. chapmanii* Rindi & López-Bautista, *T. depressa* Hariot, *T. diffracta* Hariot, *T. peruana* Printz e três materiais identificados apenas ao nível gênero]. Somente um trabalho, de Bicudo & Pereira 2003, documentou a presença de *Klebsormidium*, através da espécie *K. flacidum* (Kützinger) P.C. Silva, Mattox & Blackwell, no Estado de São Paulo e, mais especificamente, no PEFI. Finalmente, *Gloeotila pelagica* (Nygaard) Skuja foi a única espécie de Trebouxiophyceae filamentosa identificada para o PEFI e para o Estado (Bicudo & Pereira 2003).

Uma rápida passada de olhos pelos materiais acima referidos para o Estado de São Paulo mostra que Ulvophyceae foi a classe que reuniu o maior número de espécies de indivíduos de hábito filamentoso pertencentes, principalmente, à família Trentepohliaceae e, mais especificamente, ao gênero *Trentepohlia*, com 10 espécies. Quanto às localidades estudadas, o PEFI e a região Noroeste do Estado de São Paulo foram as únicas que receberam atenção até o momento.

2. Referências citadas

- Bicudo, C.E.M.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 38: Chlorophyceae (Tetrasporales e Siphonocladales). *Hoehnea* 41(3): 337-343.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C.** 2014. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 36: Chlorophyceae (Chaetophorales). *Hoehnea* 41(3): 411-422.
- Bicudo, C.E.M. & Bicudo, R.M.T.** 1970. Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação de gêneros. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, São Paulo.
- Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. RiMa Editora, São Carlos. 3ª edição.
- Bicudo, C.E.M. & Pereira, F.C.** 2003. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 16: Chlorophyceae (Ulotrichales). *Hoehnea* 30: 31-37.
- Bicudo, C.E.M. & Santos, C.I.** 2001. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 15: Chlorophyceae (Trentepohliales). *Hoehnea* 28(3): 183-190.
- Bicudo, D.C.** 1984. Algas epifitas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninfeias, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro
- Biggs, B.J.F.** 1985. Algae, a blooming nuisance in rivers. *Soil & Water* 21: 21-31.
- Biggs, B.J.F. & Price, G.M.** 1987. A survey of filamentous algal proliferations in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 21: 175-191.
- Borge, O.** 1918. Die von Dr. A. Löfgren in São Paulo gessammelten Süßwasseralgen. *Arkiv för Botanik* 15(13): 1-108.
- Branco, C.C.Z., Necchi Jr., O. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of Chaetophoraceae (Chaetophorales, Chlorophyta) in lotic ecosystems from São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 106: 43-75.
- Branco, L.H.Z. & Pereira, J.L.** 2002. Evaluation of seasonal dynamics and bioindication potential of macroalgal communities in a polluted tropical stream. *Archiv für Hydrobiologie* 155: 147-161.
- Cambra, J. & Aboal, M.** 1992. Filamentous green algae of Spain: distribution and ecology. *Limnetica* 8: 213-220.

- Cambra, J. & Domínguez-Pañella, A.** 1990. Datos para el estudio de las algas filamentosas en arrozales de l'Alt Empordà (Girona, N.E. de Espanya). *Scientia Gerundensis* 16(2): 43-53.
- Carlsson, A.S., van Beilen, J.B., Möller, R. & Clayton, D.** 2007. Micro- and macro-algae: utility for industrial applications. Outputs from the EPOBIO Project September 2007. CPL Press, Newbury.
- Chapman, R.L. & Waters, D.A.** 1992. Epi- and endobiotic chlorophytes. *In*: Reisser, W. (ed.). *Algae and symbioses: plants, animals, fungi, viruses, interactions explored*. Biopress Ltd, Bristol. p. 620-639.
- Dodds, W.K. & Gudder, D.A.** 1992. The ecology of *Cladophora*. *Journal of Phycology* 28: 415-427.
- Falkowski, P.G., Katz, M.E., Knoll, A.H., Quigg, A., Raven, J.A., Schofield, O. & Taylor, F.J.R.** 2004. The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* 305: 354-360.
- FAPESP.** 2008. Contribuições da pesquisa paulista para o conhecimento sobre mudanças climáticas (1992-2008). Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo.
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T. & Falkowski, P.G.** 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-240.
- Gärtner, G.** 1992. Taxonomy of symbiotic eukaryotic algae. *In*: Reisser, W. (ed.). *Algae and symbioses: plants, animals, fungi, viruses, interactions explored*. Biopress Ltd, Bristol. p. 325-338.
- Graham, L.E. & Wilcox, L.W.** 2000. *Algae*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Hillebrand, H.** 1983. Development and dynamics of floating clusters of filamentous algae. *In*: Wetzel, R.G. (ed.). *Periphyton of freshwater systems*. W. Junk Publishers, The Hague. p. 31-39.
- John, D.M.** 1994. Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Reviews* 69: 275-291.
- John, D.M.** 2003. Filamentous and plantlike green algae. *In*: Wehr, J.D. & Sheath, R.G. (eds.). *Freshwater algae of North America: ecology and classification*. Academic Press, San Diego. p. 311-352.
- Joly, C.A., Rodrigues, R.R., Metzger, J.P., Haddad, C.F.B., Verdade, L.M., Oliveira, M.C., & Bolzani, V.S.** 2010. Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. *Science* 328: 1358-1359.
- Lemes-da-Silva, N.M., Branco, L.H.Z. & Necchi-Júnior, O.** 2010. Corticolous green algae from tropical forest remnants in the Northwest region of São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 33(2): 215-226.

- Lemes-da-Silva, N.M., Garey, M.V. & Branco, L.H.Z.** 2017. Floristic diversity, richness, and distribution of Trentepohliales (Chlorophyta) in Neotropical ecosystems. *Brazilian Journal of Botany* 40(4): 883-896.
- Margalef, R.** 1983. *Limnología*. Editorial Omega, Barcelona.
- Mattox, K.R. & Stewart, K.D.** 1984. Classification of the green algae: a concept based on comparative cytology. *In*: Irvine, D.E.G. & John, D.M. (eds.). *Systematics of the green algae*. Academic Press, London. p. 29-72.
- Necchi Jr., O., Branco, L.H.Z. & Dip, M.R.** 1994. Uso de macroalgas para avaliação da poluição orgânica no Rio Preto, Noroeste do Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 66(3): 359-371.
- Necchi Jr., O., Spezamiglio, D.N., Branco, C.C.Z. & Branco, L.H.Z.** 2002. Taxonomy and ecological distribution of the genus *Microspora* (Microsporaceae, Chlorophyta) in lotic ecosystems of São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 105: 39-50.
- Padisák, J.** 2004. Phytoplankton. *In*: O'Sullivan, P.E. & Reynolds, C.S. (eds.). *The lakes handbook: limnology and limnetic ecology*, vol. 1. Blackwell Science Ltd., Oxford. p. 251-308.
- Padisák, J., Soróczki-Pintér, É. & Reznér, Z.** 2003. Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton: an experimental study. *Hydrobiologia* 500: 243-257.
- Parra, O. & C.E.M. Bicudo.** 1996. *Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales: introducción a la biología y sistemática*. Ediciones Universidad de Concepción, Concepción.
- Pereira, J.L. & Branco, L.H.Z.** 2007. Influência do nitrato e fosfato no crescimento de *Schizomeris leibleinii* Kützinger (Chaetophorales, Chlorophyta). *Acta Botanica Brasilica* 21: 155-162.
- Reynolds, C.S.** 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- van den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M.** 1995. *Algae, an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wetzel, R.G.** 1983. *Periphyton of freshwater systems. Developments in hydrobiology*, vol. 17. W. Junk Publishers, The Hague.

Capítulo 4

Conclusões gerais

Observou-se durante a atual pesquisa que os organismos da classe Chlorophyceae ‘*sensu stricto*’ apresentaram considerável variação morfológica, incluindo filamentos simples não ramificados, filamentos ramificados com ou sem mucilagem envolvente e filamentos coalescidos, sendo dominante o filamentos ramificado com mucilagem e apresentou hábito principalmente bentônico, porém, também ocorreram espécimes epífitos.

O número identificado de espécies em cada gênero das ordens Sphaeropleales e Chaetophorales e sua respectiva classificação em ordens e famílias estão representados na tabela abaixo.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Sphaeropleales	Microsporaceae	<i>Microspora</i>	6
	Sphaeropleaceae	<i>Radiofilum</i>	1
Chaetophorales	Aphanochaetaceae	<i>Draparnaldia</i>	1
		<i>Gongrosira</i>	1
		<i>Hormotila</i>	1
		<i>Protoderma</i>	1
		<i>Stigeoclonium</i>	7
	Chaetophoraceae	<i>Chaetophora</i>	3
		<i>Gonatoblaste</i>	1
	Schizomeridaceae	<i>Schizomeris</i>	1
	Uronemataceae	<i>Uronema</i>	2

Stigeoclonium helveticum Vischer apresentou a maior distribuição geográfica no Estado de São Paulo coletado em 14 localidades distintas, seguido por *Chaetophora elegans* (Roth) C. Agardh em 13.

Os municípios de São Paulo e São José do Rio Preto foram os que apresentaram os maiores números de espécies identificadas, com 10 e sete espécies, respectivamente. Esta informação está,

entretanto, distorcida se considerar que esses dois municípios possuem centros com especialistas trabalhando há bastante tempo no levantamento taxonômico da flórmula do Estado.

A classe Ulvophyceae também apresentou uma elevada variação morfológica que compreendeu filamentos simples não ramificados, filamentos ramificados envolvidos ou não por bainha de mucilagem e estruturas cenocíticas. De todos esses tipos, dominou o filamentososo ramificado não embebido em mucilagem. O hábito de vida desses organismos foi principalmente bentônico, com a grande maioria de espécimes fixa a algum tipo de substrato quando jovem e livre flutuante na coluna d'água quando mais velhos.

O número identificado de espécies em cada gênero das ordens Trentepohliales, Ulotrichales e Cladophorales e sua respectiva classificação em ordens e famílias estão representados na tabela abaixo.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Trentepohliales	Trentepohliaceae	<i>Cephaleuros</i>	2
		<i>Phycopeltis</i>	8
		<i>Printzina</i>	1
		<i>Trentepohlia</i>	15
Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulotrichopsis</i>	1
		<i>Ulothrix</i>	5
	Binucleariaceae	<i>Binuclearia</i>	1
Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Cladophora</i>	1
	Pseudocladophoraceae	<i>Pithophora</i>	1

Os dois gêneros que apresentaram o maior número de espécies foram *Trentepohlia* com 15 espécies e *Phycopeltis* com oito, ambos representados por organismos subaéreos.

Duas espécies de *Trentepohlia* apresentaram a maior distribuição geográfica no Estado de São Paulo, *T. diffracta* (Krempelhuber) Hariot coletada em nove localidades e *T. arborum* (C. Agardh) Hariot e *Ulothrix tenerrima* (Kützinger) Kützinger em seis cada uma. São Paulo com 17 espécies e Ubatuba com 16 foram os municípios que reuniram os maiores números de espécies identificadas. Acredita-se, entretanto, que esta informação possa estar distorcida porque o primeiro município possui centro com especialistas trabalhando há bastante tempo no levantamento taxonômico da flórmula do Estado e o segundo por apresentar maior riqueza de espécimes subaéreos coletados dos gêneros *Phycopeltis* e *Trentepohlia*.

Os organismos ora estudados e classificados entre as Trebouxiophyceae formaram filamentos simples ou ramificados com ou sem envoltório de mucilagem. O tipo dominante de organização do talo foi o filamentososo não ramificado envolvidos por mucilagem. Além disso, estas algas foram bentônicas ou flutuaram livres no ambiente.

O número identificado de espécies em cada gênero das ordens Chlorellales e Microthamniales e sua respectiva classificação em ordens e famílias estão representados na tabela abaixo.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Chlorella</i>	1
		<i>Gloeotila</i>	1
Microthamniales	Microthamniaceae	<i>Microthmanium</i>	1

Os exemplares representativos das três espécies das Trebouxiophyceae foram coletados apenas esporadicamente no Município de São Paulo e sempre no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga.

Os organismos identificados da classe Klebsormidiophyceae da divisão Charophyta formaram filamentos simples não ramificados e foram representados pelo único gênero *Klebsormidium* e uma espécie, *K. scopulinum*, que foi citada atualmente pela primeira vez para o território brasileiro. *Klebsormidium scopulinum* (Hazen) Ettl & Gärtner foi coletada no Município de Angatuba.

Ordem	Família	Gênero	Nº de espécies
Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	<i>Klebsormidium</i>	1

Deve-se destacar que em nosso trabalho tivemos novas referências de ocorrência no Estado de São Paulo, as quais estão resumidas na tabela abaixo, com o município em que ocorreram e as referências às exsicatas em que ocorreram.

Espécie	Município	Exsicata
<i>Microspora lauterbornii</i>	Bauru	SP130790
<i>Microspora pachyderma</i>	Águas de Santa Bárbara	SP239243
	Queluz	SP164018
<i>Gongrosira papuasica</i>	Barra Bonita	SP255742
<i>Ulothrix tenuissima</i>	Campos do Jordão	SP255737
	Itanhaém	SP255164
	Pontes Gestal	SP114558
	São Paulo	SP255751
<i>Klebsormidium scopulinum</i>	Angatuba	SP470490
	São Paulo	SP164447
		SP255747

Também em nosso trabalho temos uma nova descrição para Brasil, da espécie *Klebsormidium scopulinum*

Cabe, finalmente, destacar a grande variedade dos ambientes onde os organismos podem ser descritos, um exemplo é a espécie *Gongrosira papuasica*, a qual foi descrita no ano 2018 para Brasil por Ramos *et al.* formando parte dos fitotelmatas de bromeliáceas no Estado de Bahia, mas agora foi descrita formando parte do perifíton de *Vallisneria* sp.