

Estudos taxonômicos em culturas de Cyanobacteria provenientes de um reservatório oligotrófico no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP, Brasil

Ricardo Yukio Honda^{1,2} e Maria Teresa de Paiva Azevedo¹

Recebido: 16.03.2004; aceito: 15.06.2004

ABSTRACT - (Taxonomy of Cyanobacteria isolated from an oligotrophic reservoir at "Parque Estadual das Fontes do Ipiranga" (PEFI), São Paulo, SP, Brazil). Papers on taxonomy of planktonic cyanobacteria from oligotrophic reservoirs are scarce. Therefore, this paper aimed at the taxonomic study of planktonic cyanobacteria isolated from a shallow subtropical oligotrophic reservoir and cultured in laboratory. Water samples were collected monthly from May 1996 to September 1997 and in January 1999. The strains were isolated from a mixture of four water samples (surface, 1 m, 2 m and 3 m) and a sample from the deepest area (4 m or 4.5 m). Culture conditions were: BG-11 medium, 14-10 h light-dark cycle, $22 \pm 1^\circ\text{C}$ and $12-18 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$. From 27 strains, 12 taxa were identified: *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanothece* sp., *Cyanodictyon cf. planctonicum*, *Dzensia* sp., *Geitlerinema amphibium*, *Leptolyngbya* sp., *Merismopedia africana*, *Pseudanabaena galeata*, *Pseudophormidium* sp., *Rhabdoderma cf. lineare*, *R. sancti-pauli* and *Synechococcus nidulans*. The culture was valuable in expanding knowledge of the cyanobacteria from this oligotrophic reservoir.

Key words: Cyanobacteria, taxonomy, cultures, oligotrophic reservoir

RESUMO - (Estudos taxonômicos em culturas de Cyanobacteria provenientes de um reservatório oligotrófico no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, (PEFI), São Paulo, SP, Brasil). A taxonomia de cianobactérias planctônicas de ambientes oligotróficos é pouco estudada, diferentemente do que ocorre para corpos d'água eutrofizados. Assim, este trabalho teve como objetivo o estudo taxonômico das cianobactérias planctônicas isoladas de um lago subtropical oligotrófico raso e cultivadas em laboratório. As coletas mensais ocorreram de maio/1996 a setembro/1997 e em janeiro/1999. Para o isolamento das cepas trabalhou-se com uma amostra composta (superfície, 1 m, 2 m e 3 m) e uma de fundo (4 m ou 4,5 m). As condições de cultivo foram: meio de cultura BG-11, fotoperíodo de 14 h de claro por 10 h de escuro, $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e $12-18 \mu\text{mol fôtons m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Foram isoladas 27 cepas e identificados 12 táxons: *Aphanocapsa delicatissima*, *Aphanothece* sp., *Cyanodictyon cf. planctonicum*, *Dzensia* sp., *Geitlerinema amphibium*, *Leptolyngbya* sp., *Merismopedia africana*, *Pseudanabaena galeata*, *Pseudophormidium* sp., *Rhabdoderma cf. lineare*, *R. sancti-pauli* e *Synechococcus nidulans*. A cultura mostrou ser uma importante ferramenta para o conhecimento da microbiota do reservatório oligotrófico.

Palavras-chave: Cyanobacteria, taxonomia, culturas, reservatório oligotrófico

Introdução

Cianobactérias de ambientes eutrofizados, por representarem um problema de saúde pública devido à capacidade de alterar as características da água como mudança de cor e presença de odor e de produzir toxinas (Azevedo *et al.* 1994, Azevedo 1998, Yunes *et al.* 1998, Park *et al.* 2001), são muito mais estudadas que aquelas presentes em ambientes oligotróficos.

Cultura de cianobactérias tem sido amplamente empregada na taxonomia, como nos trabalhos feitos

por Albertano (1991), Wilmotte (1991), Albertano & Kováčik (1994), Otsuka *et al.* (1999), Saker *et al.* (1999), Otsuka *et al.* (2000) e Saker & Neilan (2001). Para o Brasil, vários trabalhos utilizaram cultura de cianobactérias com fins taxonômicos, dentre eles: Bicudo (1985), Azevedo (1991), Azevedo & Sant'Anna (1994, 1999, 2003), Azevedo & Kováčik (1996), Bittencourt-Oliveira (2000), Komárek & Azevedo (2000), Komárek *et al.* (2002), Sant'Anna & Azevedo (2000) e Bittencourt-Oliveira *et al.* (2001). Nesses trabalhos, análises morfológicas, reprodutivas, de desenvolvimento,

1. Instituto de Botânica, Seção de Ficologia, Caixa Postal 4005, 01061-970 São Paulo, SP, Brasil.

2. Autor para correspondência: yukhonda@terra.com.br

ultraestruturais e moleculares foram utilizadas para resolver questões taxonômicas do grupo.

Segundo revisão dos trabalhos publicados para a área do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), Lopes & Bicudo (2002) relataram que, dentre 89 trabalhos publicados sobre taxonomia de algas, oito referiam-se às cianobactérias, sendo que a maioria deles para ambientes meso-eutróficos. Especificamente para um lago oligotrófico como o do Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) da USP, os trabalhos de Ferragut (1999), Lopes (1999), Mercante (2000), Lopes & Bicudo (2001) e Vercellino (2001) concentraram-se na análise dos aspectos ecológicos, físico-químicos da água e da comunidade desse lago, porém nenhum referiu-se exclusivamente à taxonomia de cianobactérias.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi o estudo taxonômico das cianobactérias planctônicas do lago do Instituto Astronômico e Geofísico (IAG), através da análise das características morfológicas, reprodutivas e de desenvolvimento das cepas cultivadas em laboratório.

Material e métodos

O reservatório do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, denominado Lago do IAG ($23^{\circ}39'03,4''S$ e $46^{\circ}37'26,7''W$), localiza-se no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) $23^{\circ}38'08''S$ - $23^{\circ}40'18''S$ e $46^{\circ}36'48''W$ - $46^{\circ}38'00''W$ (D. Bicudo *et al.* 2002). A profundidade máxima é de 4,7 m, com volume de 17.019 m^3 e é caracterizado por C. Bicudo *et al.* (2002) e Lopes & Bicudo (2001) como oligotrófico. As coletas foram realizadas mensalmente de maio/1996 a setem-

bro/1997 e janeiro/1999, na superfície, 1 m, 2 m, 3 m e 4,5 m; e em janeiro/1999 a profundidade máxima foi de 4 m. As amostras foram coletadas com garrafa do tipo Van Dorn e posteriormente concentradas com rede de fitoplâncton com abertura de malha de $20\text{ }\mu\text{m}$. Parte do material foi preservado em solução de Transeau e estudado posteriormente, e parte utilizado para isolamento das cepas cultivadas em laboratório. Para fins de isolamento, trabalhou-se com uma amostra composta (superfície, 1 m, 2 m e 3 m) e uma de fundo (4,5 m e 4 m para janeiro/1999). As técnicas de isolamento e de repicagem das culturas estão descritas em Stein (1973). As culturas unialgáceas e mista-SPC 605 (tabela 1), foram mantidas em meio de cultura BG-11 (Rippka *et al.* 1979) sólido e/ou líquido, fotoperíodo 14 h de luz por 10 h de escuro, temperatura de $22 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e densidade de fluxo fotônico de $12\text{-}18\text{ }\mu\text{mol fôtons m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

As amostras preservadas estudadas foram incluídas no Herbário Científico "Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo" (SP) do Instituto de Botânica, São Paulo, e as cepas incluídas no Banco de Culturas de Algas do Laboratório "Marilza Cordeiro-Marino" (SPC) da mesma instituição. Todo material estudado foi ilustrado e medido com auxílio de microscópio com câmara-clara e ocular de medição e por fotomicrografias. O sistema de classificação adotado para a Ordem Oscillatoriiales foi o de Anagnostidis & Komárek (1988) e para a Ordem Chroococcales, Komárek & Anagnostidis (1995, 1999). Epifluorescência foi utilizada nas cepas SPC224, 265, 478, 479, 552, 571, 573 e 603 para verificar se esses organismos com células de tamanho equivalente ao picoplâncton ($0,2\text{-}2,0\text{ }\mu\text{m}$, Stockner *et al.* 2000) possuíam clorofila a.

Resultados e Discussão

Chave artificial para identificação dos táxons de cianobactérias isolados do Lago do IAG

1. Células solitárias ou arranjadas em colônias
2. Divisão celular em um plano
 3. Células solitárias *Synechococcus nidulans*
 3. Células arranjadas em colônias
 4. Células irregularmente distribuídas
 5. Células compactamente arranjadas, pseudofilamentos ausentes *Aphanothecace* sp.
 5. Células esparçadamente arranjadas, pseudofilamentos presentes *Rhabdoderma sancti-pauli*
 4. Células orientadas em uma direção ou formando fileiras
 6. Células orientadas em uma direção, diâmetro celular $1,4\text{-}2,2\text{ }\mu\text{m}$ *Rhabdoderma* cf. *lineare*
 6. Células formando fileiras paralelas radiais ou em rede, diâmetro celular $0,7\text{-}1,3\text{ }\mu\text{m}$

- 7. Células formando fileiras paralelas, radiais *Dzensia* sp.
- 7. Células em fileiras formando rede *Cyanodictyon cf. plancticum*
- 2. Divisão celular em dois planos
 - 8. Colônias tabulares *Merismopedia africana*
 - 8. Colônias esféricas ou irregulares *Aphanocapsa delicatissima*
- 1. Células com organização filamentosa, formando tricomas
 - 9. Aerótopos localizados nas extremidades celulares *Pseudanabaena galeata*
 - 9. Aerótopos ausentes
 - 10. Tricomas sem bainha *Geitlerinema amphibium*
 - 10. Tricomas obrigatoriamente com bainha mucilaginosa
 - 11. ramificação falsa presente *Pseudophormidium* sp.
 - 11. ramificação falsa ausente *Leptolyngbya* sp.

Das 27 cepas estudadas, foram identificados 12 táxons, sendo oito em nível específico e quatro em nível genérico (tabela 1).

Ordem Chroococcales

Família Synechococcaceae

Subfamília Aphanothecoideae

Cyanodictyon Pascher 1914

Cyanodictyon cf. plancticum Meyer, Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volume 105, Algological Studies 75: 184, fig. 5. 1994.

Figuras 1-6

Colônias microscópicas, inicialmente esféricas a subesféricas, depois irregulares; envelope mucilaginoso incolor, inconsícuo, difluente, homogêneo; células arranjadas em fileiras unisseriadas, reticulada, ovais a cilíndricas, às vezes sigmoides, extremidades arredondadas, 1,2 a 3 vezes mais longas que largas, $1,3\text{-}2,6 \times 0,7\text{-}1,3 \mu\text{m}$; conteúdo celular verde pálido, homogêneo. Divisão celular em um plano, células-filhas atingem o tamanho original antes da próxima divisão. Fragmentação da colônia por dissolução do envelope mucilaginoso.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago do IAG, VI-1997, D.C. Bicudo et al. (SP355512). Cepa SPC572.

A divisão celular em *C. cf. plancticum* ocorre por fissão binária em um plano e perpendicular ao eixo maior da célula, podendo às vezes ser levemente em diagonal, tanto em meio BG-11 sólido quanto no líquido. Após a divisão celular as células-filhas permanecem na mesma posição, raramente sofrem rotação.

Em meio sólido este táxon apresentou arranjo celular em fileiras e reticulado pouco evidente e foram observadas células sigmoides como no material tipo da espécie (figura 3). As colônias de *Cyanodictyon cf. plancticum* em meio BG-11 líquido (figuras 1, 2) assemelham-se às da natureza (figuras 5, 6), ou seja, são irregulares, apresentam envelope mucilaginoso difluente, inconsícuo, arranjo reticulado e células dispostas em linhas. Segundo Meyer (1994) a densidade no arranjo dos pseudofilamentos nas colônias varia com os estágios de desenvolvimento em *C. plancticum*. Provavelmente, tal variação não foi observada no Lago do IAG devido à escassez do material na amostra da natureza.

Cyanodictyon cf. plancticum difere de *C. plancticum* pelas dimensões celulares e pelo ambiente oligotrófico e subtropical (tabela 2). Até o presente, apenas as espécies *Cyanodictyon cf. plancticum* e *C. tropicalis* foram reportadas para o plâncton de corpos d'água oligotróficos (tabela 2).

Aphanothece Nügeli 1849

Aphanothece sp.

Figuras 7-8

Colônias microscópicas, esféricas quando jovens, depois lobadas, às vezes clatradas, com células compactamente arranjadas desde estágios iniciais de desenvolvimento; envelope mucilaginoso incolor, inconsícuo, firme, homogêneo; células irregularmente distribuídas, cilíndricas ou arcuadas, extremidades arredondadas, 2,4 a 7,1 vezes mais longas que largas, $1,3\text{-}4,9 \times 0,6\text{-}0,9 \mu\text{m}$; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo. Divisão celular em um plano, células-filhas atingem o tamanho original antes da próxima divisão. Células anômalas (“involution cells”), longas, cilíndricas. Fragmentação da colônia por despren-

Tabela 1. Táxons isolados de amostras coletadas no Lago do IAG com número da cepa (SPC) incluída no Banco de Culturas de Algas do Laboratório “Marilza Cordeiro-Marino”, Instituto de Botânica, São Paulo, mês e profundidade de coleta.

Táxon	Número da cepa	Mês de coleta	Profundidade (m)
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	SPC 604	janeiro/1999	4
<i>A. delicatissima</i> e <i>Merismopedia africana</i>	SPC 605	janeiro/1999	4
<i>Aphanothece</i> sp.	SPC 478	setembro/1997	Superfície+1+2+3
	SPC 552	janeiro/1999	Superfície+1+2+3
<i>Cyanodictyon cf. plancticum</i>	SPC 572	janeiro/1999	Superfície+1+2+3
<i>Dzensia</i> sp.	SPC 265	março/1997	Superfície+1+2+3
	SPC 355	setembro/1997	4,5
	SPC 571	janeiro/1999	Superfície+1+2+3
	SPC 573	janeiro/1999	Superfície+1+2+3
<i>Geitlerinema amphibium</i>	SPC 014	maio/1996	Superfície+1+2+3
<i>Leptolyngbya</i> sp.	SPC 013	maio/1996	4,5
	SPC 289	maio/1997	4,5
<i>Pseudanabaena galeata</i>	SPC 027	outubro/1996	Superfície+1+2+3
	SPC 189	dezembro/1996	4,5
	SPC 422	novembro/1996	4,5
	SPC 424	agosto/1997	4,5
	SPC 425	setembro/1997	Superfície+1+2+3
	SPC 473	junho/1997	4,5
	SPC 481	maio/1997	4,5
<i>Pseudophormidium</i> sp.	SPC 071	janeiro/1997	4,5
	SPC 477	julho/1997	4,5
<i>Rhabdoderma</i> cf. <i>lineare</i>	SPC 423	junho/1997	Superfície+1+2+3
<i>Rhabdoderma sancti-pauli</i>	SPC 194	janeiro/1997	Superfície+1+2+3
	SPC 476	agosto/1997	4,5
<i>Synechococcus nidulans</i>	SPC 603	janeiro/1999	4
	SPC 224	fevereiro/1997	4,5
	SPC 479	março/1997	Superfície+1+2+3

dimento de pequenas colônias-filhas.

Material examinado: Cepas SPC478, SPC552.

Aphanothece bachmannii Komárkova-Legnerová & Cronberg é a espécie mais próxima de *Aphanothece* sp. quanto à morfologia da colônia adulta e arranjo das células na colônia. Entretanto, *A. bachmannii* difere consideravelmente por apresentar colônia jovem achatada, pelas dimensões celulares, habitat e distribuição geográfica (tabela 3). Acreditamos tratar-se de uma nova espécie para a ciência, porém, como esse táxon não foi observado em amostra da natureza, preferimos manter a identificação em nível de gênero.

Subfamília Synechococcoideae

Dzensia Voronichin 1929

Dzensia sp.
Figuras 9-13

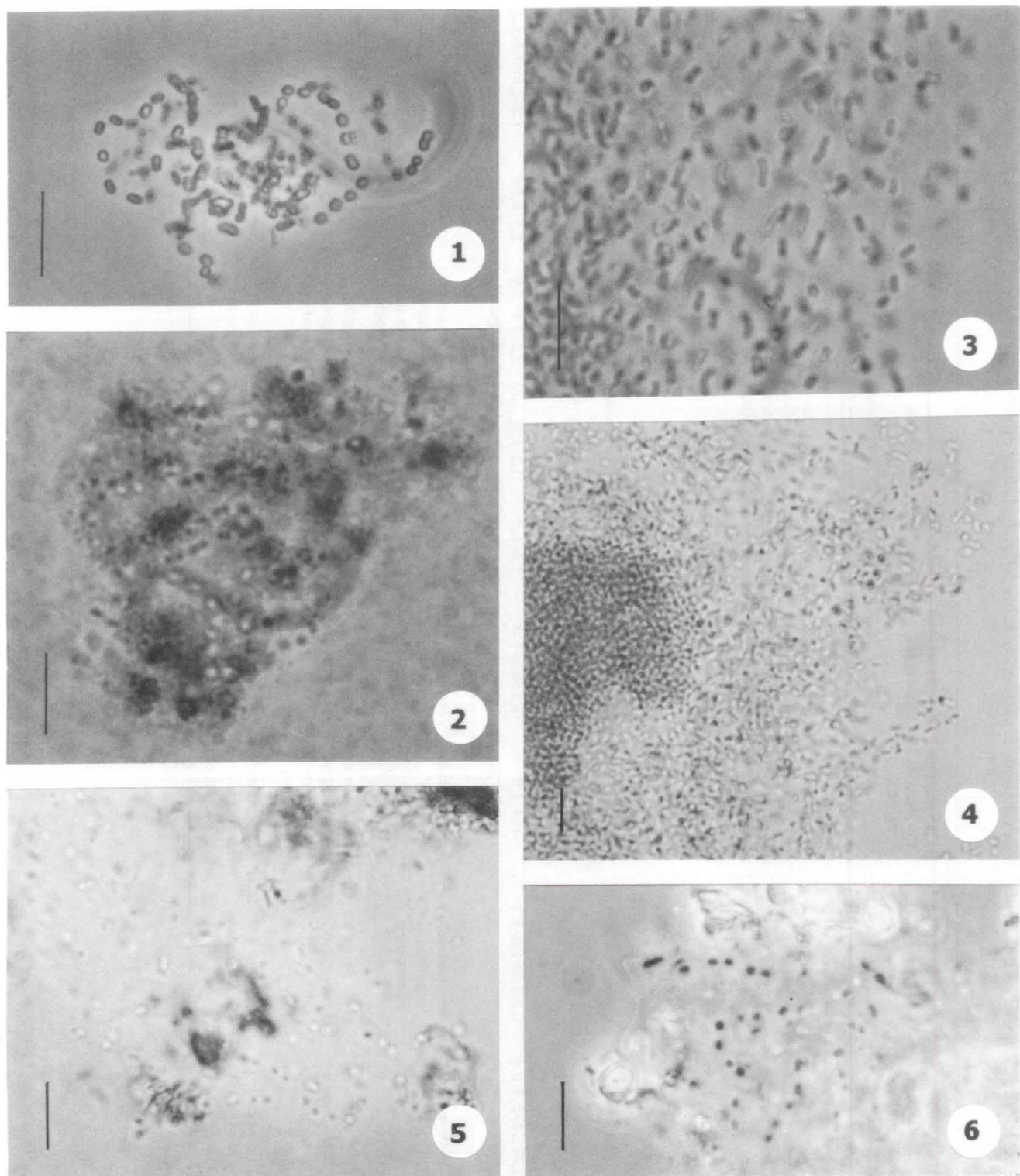
Colônias microscópicas, inicialmente esféricas,

depois lobuladas ou irregulares; envelope mucilaginoso incolor, firme, homogêneo, visível com nanquim; células em fileiras paralelas ou radiais, cilíndricas ou levemente arcuadas, extremidades arredondadas, 1,2 a 3,2 vezes mais longas que largas, $1,2\text{-}3,2 \times 0,7\text{-}1,3 \mu\text{m}$; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo. Divisão celular em um plano, células-filhas atingem o tamanho original antes da próxima divisão. Pseudofilamentos presentes. Fragmentação da colônia por desprendimento de pequenas colônias-filhas.

Material examinado: Cepas SPC265, SPC355, SPC571, SPC573.

Distribuição geográfica no Brasil: primeira citação do gênero.

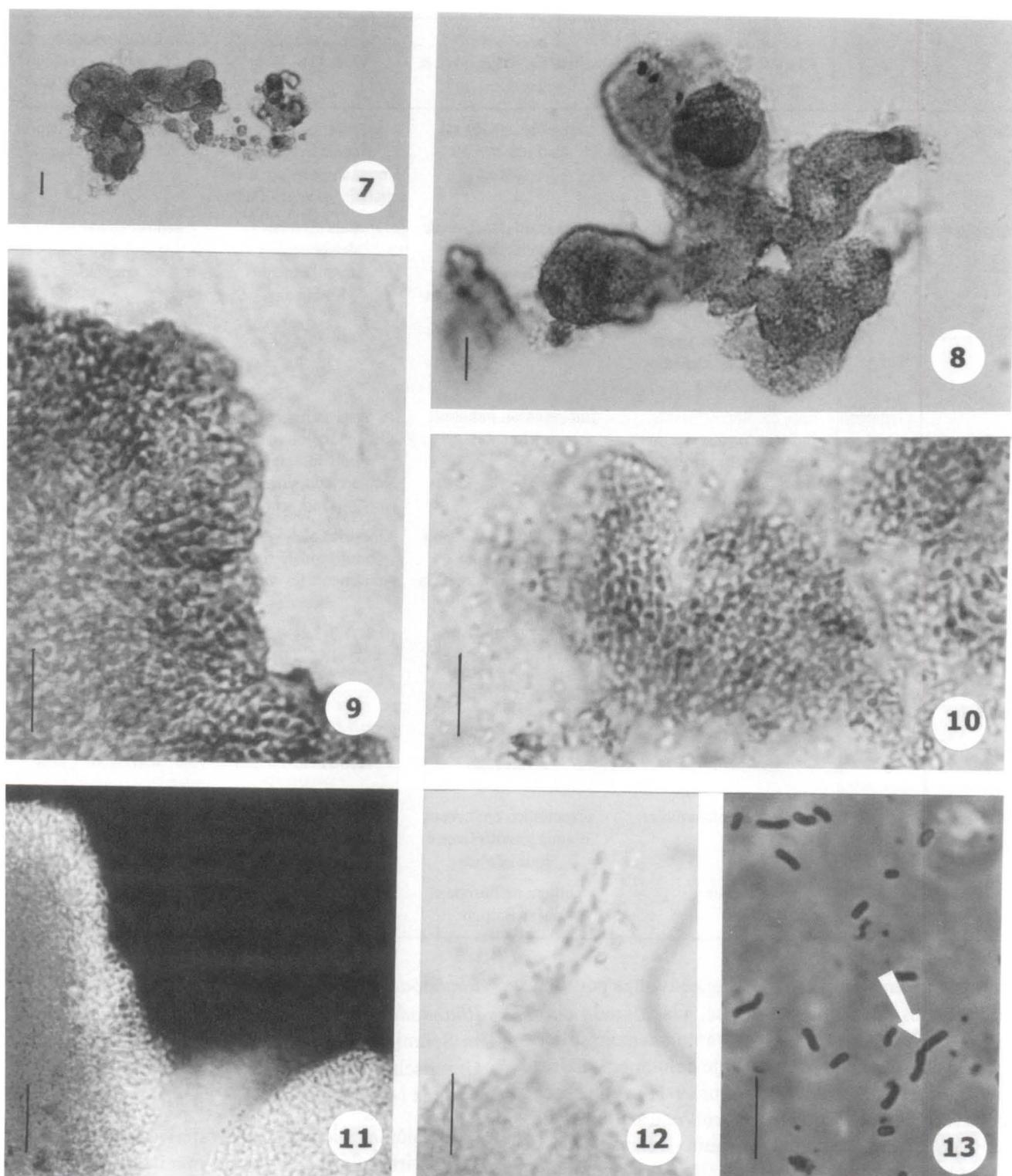
Os organismos isolados (Cepas SPC265, 355, 571 e 573) foram identificados com o raro e uniespecífico gênero *Dzensia* Voronichin 1929. De acordo com Komárek & Anagnostidis (1999), este gênero caracteriza-se pelas colônias mucilaginosas, com células ovais até cilíndricas, arranjadas



Figuras 1-6. *Cyanodictyon cf. plantonicum*. 1. Aspecto geral da colônia, células alinhadas formando fileiras, meio de cultura líquido (contraste de fase). 2. Mucilagem evidenciada por nanquim, meio de cultura líquido. 3. Alinhamento das células, meio de cultura sólido (contraste de fase). 4. Fragmentação da colônia, meio de cultura líquido. 5-6. Aspecto geral da colônia, natureza (5, com nanquim; 6, contraste de fase). Escalas = 10 µm.

Tabela 2. Comparação entre espécies de *Cyanodictyon* e *C. cf. plancticum* quanto às características morfológicas, habitat e distribuição geográfica: Komárek & Anagnostidis 1999, Senna et al. 1999.

	<i>C. endophyticum</i> Pascher	<i>C. filiforme</i> Komárková- Legnerová & Cronberg	<i>C. iac</i> Cronberg & Komárek	<i>C. imperfectum</i> Cronberg & Weibull	<i>C. plancticum</i> Meyer	<i>C. reticulatum</i> Geitler	<i>C. tropicalis</i> Senna, Delazari & Sant'Anna	<i>C. tubiforme</i> Cronberg	<i>C. turfosum</i> Lederer	<i>C. cf. plancticum</i> (presente estudo)
Colônia	inicialmente achatada, depois subesférica, reticulada	formada por pseudofilamentos isolados ou formando feixes frouchos, levemente reticulado	esférica, às vezes lobada, simples ou composta; células arranjadas irregularmente ou em pequenas fileiras, às vezes fileiras têm seu próprio envelope mucilaginoso (pseudofilamento)	irregular, formando inicialmente pseudofilamentos curtos (2-8 células), depois pequenas colônias em forma de rede	subesférica, depois irregular, reticulada, formada por pseudofilamentos	irregular; células arranjadas dentro de uma bainha mucilaginosa	pseudofilamentos isolados ou em feixes subparalelos	inicialmente fileiras unisseriadas de células, depois multisseriadas, reticulada	irregular, reticulada	inicialmente oblonga, depois irregular, formada por células arranjadas em fileiras unisseriadas, reticulada
Forma da célula	esférica	cilíndrica	esférica ou oval	esférica ou levemente alongada	oval a cilíndrica, reta ou levemente curvada	esférica	cilíndrica	esférica a cilíndrica, às vezes elipsóide	cilíndrica, às vezes sigmóide	oval a cilíndrica, às vezes sigmóide
Tamanho da célula (μm)	0,5-1,0(-1,5)	1,5-2,4×0,2-0,5	1,2-2,0×1,0-1,2	0,4-1,0	1,5×0,8-1,0	1,0-1,5	1,2-3,1(-3,6) ×0,6-1,2	2,2-3,8×1,9- 2,2(-3,0)	2,5-4,5× 1,5-2,0	1,3-2,6×0,7-1,3
Conteúdo celular	verde-azulado	verde-azulado	verde-azulado	verde-azulado	castanho-claro ou verde-azulado	verde-azulado	verde-azulado, homogêneo	verde-azulado pálido a acinzentado, homogêneo	verde-azulado pálido	verde-pálido homogêneo
Habitat	endógleico em mucilagem de <i>Anabaena</i> spp.	planctônico em lagos meso e eutróficos	planctônico em lagos mesotróficos	planctônico em lagos meso ou levemente eutróficos	planctônico em lagos eutróficos	planctônico em lagos meso ou eutróficos	planctônico em reservatórios não poluídos	planctônico em lagos rasos eutróficos	metafitico em água ácida	planctônico em lago oligotrófico
Distribuição geográfica	zona temperada	zona temperada	zona temperada	zonas temperada e tropical (provavelmente cosmopolita)	zona temperada	zona temperada	zona tropical	zona temperada	zona temperada	zona subtropical



Figuras 7-8. *Aphanothece* sp. (meio de cultura líquido). 7. Aspecto geral da colônia. 8. Colônia em maior aumento, clatrada. Figuras 9-13. *Dzensia* sp. (9-10, 12, meio de cultura sólido). 9-12. Margem da colônia com células em fileiras paralelas. 10. Colônia em detalhe com células dispostas em fileiras. 11. Colônia em meio de cultura líquido (com nanquim). 12. Fragmentação da colônia com mucilagem evidenciada por nanquim. 13. Variabilidade da morfologia celular, note pseudofilamento (seta), meio de cultura líquido. Escalas = 10 µm.

Tabela 3. Comparação entre espécies de *Aphanothece* próximas a *Aphanothece* sp. quanto às características morfológicas, habitat e distribuição geográfica: Komárek & Anagnostidis 1999, Komárek & Cronberg 2001.

	<i>A. stratus</i> Komárek & Cronberg	<i>A. bachmannii</i> Komárkova-Legnerová & Cronberg	<i>A. clathrata</i> W. & G.S. West	<i>Aphanothece</i> sp. (presente estudo)
Colônia	irregular	irregular, lobada até clatrada; jovem achatada	subesférica (jovem), depois irregular; alongada, mais ou menos achatada, às vezes clatrada	esférica (jovem), depois lobada, às vezes clatrada
Arranjo das células	normalmente mais ou menos esparsas, raramente densamente arranjadas; irregularmente distribuídas, às vezes agregadas densamente na colônia	esparsas ou densamente arranjadas; mais ou menos igualmente e regularmente arranjadas (às vezes em fileiras)	mais ou menos densamente e irregularmente arranjadas	sempre densamente e irregularmente arranjadas
Envelope mucilaginoso	fino, incolor, difluente, indistinto, visível com corante, sem estrutura	fino, incolor, indistinto difluente	fino, homogêneo, incolor ou indistintamente amarelo, difluente na margem	firme, incolor, inconspícuo, junto das células
Forma da célula	oval a cilíndrica	alongada, oval-curta ou cilíndrica com extremidade arredondada	cilíndrica ou levemente em forma de fuso, raramente levemente arcuada	cilíndrica ou arcuada, com extremidades arredondadas
Tamanho da célula (μm)	0,6-1,0(-2,0)×0,5-0,8	0,8-2,0×0,5-1,0	(0,8)-1,3-3,5(-4,5)×0,4- 1,0(-2,0)	1,3-4,9×0,6-0,9
Relação comprimento/ diâmetro	1,2-2,4(-3,8)	-	2,0-4,0	2,4-7,1
Conteúdo celular	verde-azulado pálido, sem aerótopo	verde-azulado ou esverdeado	verde-azulado pálido ou verde-acinzentado	verde-azulado, homogêneo, sem aerótopo
Habitat	metafitico e planctônico	planctônico em corpos d'água mesotróficos e água salobra	planctônico em corpos d'água meso ou eutróficos	planctônico em lago oligotrófico
Distribuição geográfica	África	comum na Europa e Mar Báltico	zona temperada	zona subtropical

compactamente em fileiras radiais envoltas por uma mucilagem em forma de tubos, visualizada com nanquim. Nas cepas estudadas, tanto em meio sólido quanto em meio líquido, o arranjo celular em fileiras radiais compactas é evidente (figura 9-11). A presença de envelope mucilaginoso envolvendo fileiras de células é evidenciada com nanquim (figuras 9, 12).

Dzensia é um gênero descrito para ambientes salinos (Komárek & Anagnostidis 1999), presente no perifiton ou metafiton. O material analisado é de ambiente de água doce e suas dimensões são menores que de *Dzensia salina* Voronichin (tabela 4). Esse táxon não foi observado em amostra da natureza.

Rhabdoderma Schmidle & Lauterborn 1900

Rhabdoderma cf. *lineare* Schmidle & Lauterborn, in Schmidle, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 18: 149, Taf. 6, fig. 8-11. 1900.

Figuras 14-16

Colônias microscópicas, esféricas quando jovens, depois irregulares; envelope mucilaginoso incolor, inconspícuo, homogêneo; células inicialmente arranjadas em uma direção, depois irregularmente distribuídas; células cilíndricas, extremidades arredondadas, 1,1 a 2 vezes mais longas que largas, 1,6-3,4 × 1,4-2,2 μm ; conteúdo celular verde pálido,

Tabela 4. Comparação entre *Dzensia salina* e *Dzensia* sp. quanto às características morfológicas, habitat e distribuição geográfica: Komárek & Anagnostidis 1999.

	<i>Dzensia salina</i> Voronichin	<i>Dzensia</i> sp. (presente estudo)
Arranjo das células	quando jovem irregular, depois em fileiras radialmente dispostas, envoltas por uma bainha mucilaginosa em forma de tubo	quando jovem irregular, depois em fileiras radialmente dispostas, envoltas por uma bainha mucilaginosa em forma de tubo
Envelope mucilaginoso	incolor, inconsípicio	incolor, inconsípicio
Forma da célula	esférica, amplamente oval a longo-cilíndrica	cilíndrica, extremidades arredondadas
Tamanho da célula (μm)	2,5-4,0 (quando esférica) 6,8-10,0(-17,0) \times 3,5-4,0	1,2-3,2 \times 0,7-1,3
Habitat	halobiótico	planctônico em lago oligotrófico
Distribuição geográfica	zona temperada	zona subtropical

homogêneo. Divisão celular em um plano, células-filhas atingem o tamanho original antes da próxima divisão. Pseudofilamentos presentes. Fragmentação da colônia por dissolução do envelope mucilaginoso.

Material examinado: Cepa SPC423.

Verificou-se que o envelope mucilaginoso colonial é mais conspícuo em meio de cultura sólido que em meio líquido (figura 14). Não foi observada diferença significativa no tamanho celular e no grau de alinhamento das células nestas duas condições de cultura (líquido e sólido).

Rhabdoderma lineare difere do material isolado do Lago do IAG pelas células cilíndricas alongadas, medindo (3,0-)4,0-10,0(-22,0) μm de comprimento e (0,8-)1,5-3,0(-3,5) μm de diâmetro, e pela proporção entre comprimento e diâmetro (tabela 5). Esse táxon não foi observado em amostra da natureza.

Rhabdoderma sancti-pauli Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárová, Hoehnea 30: 286. fig. 5-7. 2003.

Figuras 17-18

Colônias microscópicas, irregulares ou lobadas; envelope mucilaginoso incolor, inconsípicio, difluente, homogêneo; células irregularmente distribuídas, cilíndricas, arcuadas ou sigmóides, extremidades arredondadas ou acuminadas, 1,5 a 4,2 vezes mais longas que largas, (1,3-)1,6-3,7(-21,4) \times 0,7-1,0 μm ; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo. Divisão celular em um plano, simétrica ou assimétrica. Pseudofilamentos presentes. Células anômalas (“involution cells”), longas, cilíndricas. Fragmentação por dissolução do envelope mucilaginoso.

Material examinado: Cepas SPC194, SPC476, SPC603.

Distribuição geográfica no Brasil: São Paulo (Azevedo et al. 2003). Como *R. sigmoidea* var. *minor*: São Paulo (Azevedo et al. 1996).

Em estágios avançados de desenvolvimento e em meio de cultura líquido *R. sancti-pauli* apresentou colônias irregulares com áreas com células densamente arranjadas (figura 17). Porém, sempre com envelope mucilaginoso inconsípicio e difluente. Esse táxon não foi observado em amostra da natureza.

Synechococcus Nägeli 1849

Synechococcus nidulans (Pringsheim) Komárek, in Bourrelly, Les Algues D'eau Douce, Tome III: 309. Planche 80, figure 4. 1970.

Figuras 19, 37

Células solitárias ou formando agrupamentos, cilíndricas, arcuadas ou sigmóides, extremidades arredondadas ou levemente acuminadas, 1,8 a 3,1 vezes mais longas que largas, 1,5-3,4 \times 0,7-1,0 μm ; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo. Divisão celular em um plano, simétrica, às vezes assimétrica. Pseudofilamentos presentes. Células anômalas (“involution cells”), longas, cilíndricas.

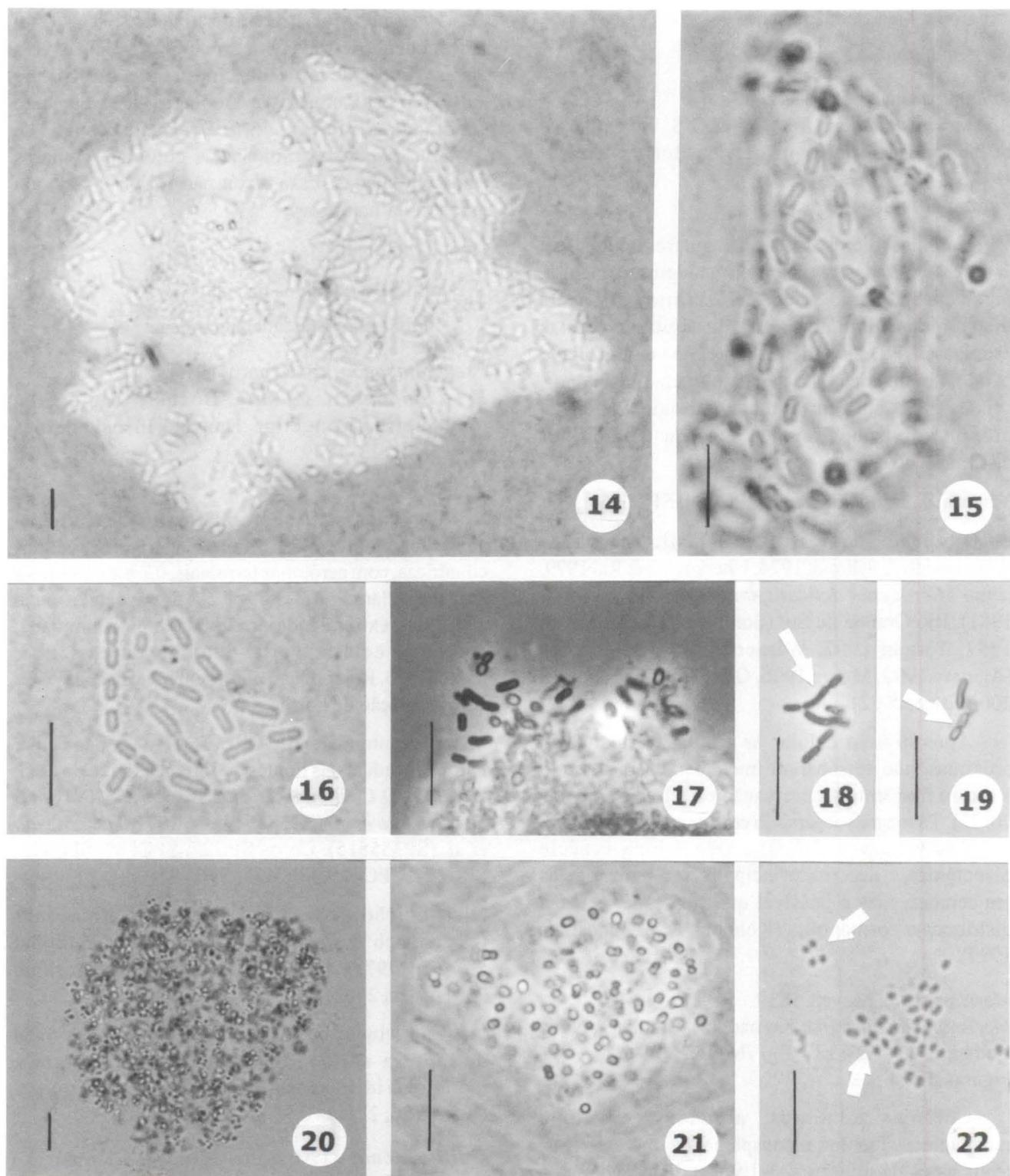
Material examinado: Cepas SPC224, SPC479.

Distribuição geográfica no Brasil: São Paulo (Gentil 2000, Tucci 2002).

Esse táxon não foi observado nas amostras da natureza que foram examinadas e que serviram de fonte dos inóculos para cultivo. Entretanto, *Synechococcus* aff. *nidulans* foi documentada por Lopes (1999) para o lago do IAG, com base em material da natureza.

Tabela 5. Comparação entre espécies de *Rhabdoderma* e *R. cf. lineare* quanto às características morfológicas, habitat e distribuição geográfica: Komárek & Anagnostidis 1999, Komárek & Kling 1991.

	<i>R. compositum</i> Fedorov	<i>R. curtum</i> Komárek & Anagnostidis	<i>R. irregulare</i> Geitler	<i>R. lineare</i> Schmidle & Lauterborn	<i>R. rubrum</i> Komárek & Anagnostidis	<i>R. tenuissimum</i> Komárek & Kling	<i>R. transsylvanicum</i> Komárek & Anagnostidis	<i>R. vermiculare</i> Fott	<i>R. zygnemicolum</i> Copeland	<i>R. cf. lineare</i> (presente estudo)
Colônia	oval a cilíndrica, frequentemente em agregados irregulares	células solitárias ou em colônias, às vezes formando agregados	subesférica ou irregular	irregular com poucas células, depois multicelular	alongada	alongada	irregular	irregular	subglobosa	subesférica quando jovem, depois irregular
Arranjo das células	células mais ou menos alinhadas	irregular	—	células irregularmente arranjadas	células alinhasdas, distantes uma das outras	células em fileiras curtas, irregulares	irregular	solitárias ou irregularmente dispostas na mucilagem	—	inicialmente alinhadas, depois irregulares
Forma da célula	oval a cilíndrica, retilínea	cilíndrica (fusiforme)	cilíndrica, sigmóide	cilíndrica, retilínea, levemente arcuada ou sigmóide	oval a cilíndrica	cilíndrica	cilíndrica, retilínea	cilíndrica, arcuada ou sigmóide	oval, cilíndrica, retilínea	cilíndrica, retilínea
Tamanho da célula (μm)	4,0-8,0 \times 3,0- 3,5	6,0 \times 3,0	2,0-5,0 \times 1,0-1,5	(3,0-)4,0-10,0(-22,0) \times (0,8)-1,5-3,0(-3,5)	2,5-7,5 \times 1,5-2,5	2,0-7,8 \times 0,5-0,6	6,0-12,0 \times 1,0-2,5	7,0-10 \times 0,7- 1,0	3,0-3,5 \times 1,9-2,4	1,6-3,4 \times 1,4-2,2
Conteúdo celular	verde-azulado, homogêneo	verde-azulado pálido	—	verde-azulado pálido, às vezes pouco granuloso	avermelhado	verde-azulado, homogêneo	azulado, homogêneo	verde-azulado pálido, homogêneo	verde-azulado homogêneo	verde-azulado pálido, homogêneo
Habitat	planctônico em lagos	bentônico ou planctônico em ambientes salinos	perifítico ou metafítico em riachos	planctônico em corpos d'água oligo a mesotrófico	água salgada (cultura)	planctônico em lagos	sobre gelo em montanhas	águas continentais ácidas	epifítico em <i>Zygnema</i> sp.	planctônico em lago oligotrófico
Distribuição geográfica	zona temperada	zona temperada	zona temperada	zona temperada	zona temperada	zona tropical	zona temperada	zona temperada	zona temperada	zona subtropical



Figuras 14-16. *Rhabdoderma* cf. *lineare* (meio de cultura líquido, com nanquim). 14. Aspecto geral da colônia. 15-16. Colônias em diferentes estágios de desenvolvimento, note arranjo das células em uma direção. Figuras 17-18. *Rhabdoderma sancti-pauli* (meio de cultura líquido, contraste de fase). 17. Margem da colônia mostrando morfologia celular. 18. Pseudofilamento (seta). Figura 19. *Synechococcus nidulans*: morfologia celular e célula em divisão (seta), meio de cultura líquido (contraste de fase). Figuras 20-22. *Aphanocapsa delicatissima* (20, 22, meio de cultura líquido). 20. Aspecto geral da colônia com células em divisão formando tétrades. 21. Detalhe da colônia, meio de cultura sólido (contraste de fase). 22. Células em divisão, com tétrades (setas). Escalas = 10 µm.

Família Merismopediaceae

Subfamília Merismopedioideae

Aphanocapsa Nägeli 1849*Aphanocapsa delicatissima* W. & G. S. West, Journal of the Linnean Society of London Botany 40: 431. 1912.

Figuras 20-22, 38-40

Colônias microscópicas, irregulares ou lobadas, às vezes clatradas; envelope mucilaginoso incolor, inconsípicio, homogêneo; células irregularmente distribuídas, distantes uma das outras; células esféricas, 0,7-1,3 µm diâm.; conteúdo verde-azulado pálido, homogêneo. Divisão celular em dois planos, células-filhas atingem o tamanho original antes da próxima divisão. Fragmentação da colônia por dissolução do envelope mucilaginoso.

Material examinado: Cepas SPC604, SPC605.

Distribuição geográfica no Brasil: Amazonas (Uherkovich & Schmidt 1974, Uherkovich & Rai 1979, como *Microcystis delicatissima*), Pará (Uherkovich 1981), Rio Grande do Sul (Sommer 1977, Salomoni 1997, Torgan 1997, Werner 2002) e São Paulo (Agujaro 1990, Moura 1996, Gentil 2000, Matsuzaki 2002, Tucci 2002).

Após divisão celular as células permanecem próximas, não se separam imediatamente, portanto torna-se frequente a observação de tétrades (figuras 20, 22). Táxon não observado em amostra da natureza.

Aphanocapsa delicatissima é uma espécie planctônica e descrita principalmente para regiões temperadas, mas é possível que esta espécie tenha distribuição cosmopolita (Komárek & Anagnostidis 1999).

Merismopedia Meyen 1839*Merismopedia africana* Komárek & Cronberg, Nova Hedwigia 73 (1-2): 137, fig. 7b. 2001.

Figuras 23-24

Colônias tabulares, arcuadas; envelope mucilaginoso incolor, inconsípicio; células esféricas, ovais antes da divisão, 1,3-1,9 µm diâm.; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo. Divisão celular em dois planos, células-filhas atingem o tamanho original antes da próxima divisão.

Material examinado: Cepa SPC605.

Distribuição geográfica no Brasil: primeira citação da espécie.

Merismopedia africana é uma espécie que foi recentemente descrita para o metafiton e plâncton em águas paradas de ambientes meso ou eutróficos, no sul da África (Komárek & Cronberg 2001). Segundo esses autores, *Merismopedia africana* é próxima de *M. tenuissima*, diferindo pelas colônias tabulares sempre arcuadas. Esse táxon não foi observado em amostra da natureza.

Ordem Oscillariales

Família Pseudanabaenaceae

Subfamília Pseudanabaenoideae

Pseudanabaena Lauterborn 1915*Pseudanabaena galeata* Böcher, Biologiske Meddelelser Kongelige Dansk Videnskabernes Selskab 21: 13. 1949.

Figuras 25-27

Tricomas retilíneos ou flexuosos, móveis, constritos, com 8 a 28 células por tricoma; células cilíndricas, com aerótopos terminais, 0,8 a 2 vezes mais longas que largas, 1,8-3,5 × 1,2-2,5 µm; célula apical cilíndrica, extremidade arredondada ou acuminada; conteúdo celular verde-azulado ou castanho, homogêneo. Reprodução por fragmentação do tricoma com formação de hormogônio.

Material examinado: BRASIL. SÃO PAULO: São Paulo, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Lago do IAG, III-1997, D.C. Bicudo et al. (SP355513); IV-1997, D.C. Bicudo et al. (SP355514); V-1997, D.C. Bicudo et al. (SP355515). Cepas SPC27, SPC189, SPC422, SPC424, SPC425, SPC473, SPC481.

Distribuição geográfica no Brasil: Amazonas (Uherkovich & Franken 1980), Rio Grande do Sul (Torgan 1997) e São Paulo (Lopes 1999, Vercellino 2001, Tucci 2002).

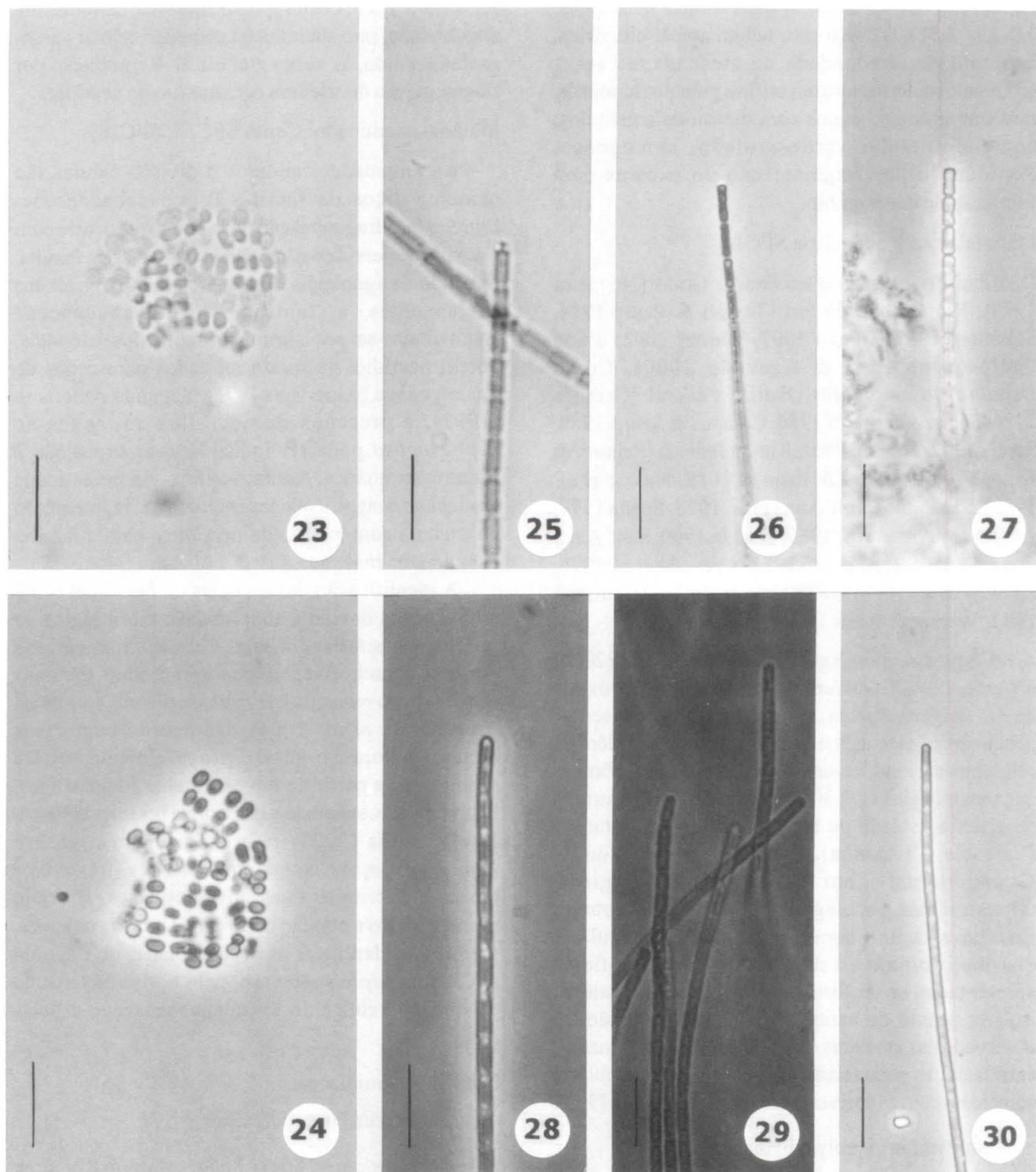
Os tricomas de *P. galeata* observados em meio de cultura sólido (figura 25) apresentaram a morfologia idêntica ao material estudado da natureza (figuras 26, 27).

Geitlerinema (Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis 1989

Geitlerinema amphibium (Agardh ex Gomont) Anagnostidis, Plant Systematics and Evolution 164: 35, fig. 3a. 1989.

Figuras 28-30

Tricomas solitários ou emaranhados, flexuosos, móveis, não constritos, não atenuados; células



Figuras 23-24. *Merismopedia africana*: colônias tabulares com células em divisão, meio de cultura líquido (24, contraste de fase). Figuras 25-27. *Pseudanabaena galeata*. 25. Tricoma com aerótopos terminais, meio de cultura sólido. 26-27. Tricomas na natureza, com aerótopos (contraste de fase). Figuras 28-30. *Geitlerinema amphibium* (meio de cultura sólido). 28. Tricoma com grânulos (contraste de fase). 29. Tricomas com ápices celulares arredondados ou levemente atenuados, grânulos nos septos. 30. Tricoma com ápice celular levemente capitado (contraste de fase). Escalas = 10 µm.

cilíndricas, 1,4 a 2,3 vezes mais longas que largas, 2,2-3,1(-3,3) × 1,3-1,6 µm; célula apical cilíndrica, extremidade arredondada ou atenuada, às vezes levemente capitada, com um ou dois grânulos terminais, raro sem grânulo; septos com um ou dois grânulos; conteúdo celular verde-azulado, homogêneo. Reprodução por fragmentação do tricoma com formação de hormogônio.

Material examinado: Cepa SPC14.

Distribuição geográfica no Brasil: Goiás (Nogueira 1999), Rio Grande do Sul (Torgan & Paula 1994, Salomoni 1997, Torgan 1997, Werner 2002) e São Paulo (Sant'Anna & Azevedo 2000). Como *Oscillatoria amphibia*: Distrito Federal (Campos 1986, Senna & Ferreira 1986, Campos & Senna 1989, Senna 1992, Senna 1996), Rio de Janeiro (Peixoto & Huszar 1983, Huszar & Esteves 1988, Huszar *et al.* 1989), São Paulo (Sant'Anna *et al.* 1978, Senna 1979, 1982, Sant'Anna *et al.* 1985, Dias Jr. 1990, Sant'Anna & Azevedo 1995, Zagatto 1995, Azevedo *et al.* 1996, Zagatto *et al.* 1998) e Rio Grande do Sul (Coutinho 1982, Werner & Rosa 1992).

Como discutido por Komárek & Azevedo (2000) e Werner (2002), *Geitlerinema amphibium* é próxima de *G. unigranulatum*, mas difere por apresentar célula apical atenuada e levemente capitada, além da célula apical cilíndrico-arredondada, e até dois grânulos nos septos (figuras 29, 30). Romo *et al.* (1993), através de material isolado do lago hipereutrófico Albufera (Valencia – Espanha), realizaram um estudo de *G. amphibium* com análises morfológicas, ultraestruturais e ecológicas. Segundo esses autores, caracteres como diâmetro/comprimento celular e distribuição/número de grânulos de cianoficina apresentaram-se de forma similar tanto em material isolado quanto da natureza. *G. amphibium* não foi observado nas amostras do Lago do IAG examinadas; entretanto, as características diagnósticas em cultura coincidem com as apresentadas por Romo *et al.* (1993).

Subfamília Leptolyngbyoideae

Leptolyngbya Anagnostidis & Komárek 1988

Leptolyngbya sp.

Figuras 31-32

Tricomas emaranhados, retilíneos ou flexuosos, às vezes espiralados, imóveis, levemente constritos, não atenuados; bainha fina, incolor; células quadráticas à cilíndricas, 1 a 1,6 vez mais longas que largas, 1,2-

2,2 × 1,3-2,1 µm; célula apical cilíndrica, extremidade arredondada, raro acuminada; conteúdo celular verde-azulado pálido, às vezes granuloso. Reprodução por fragmentação do tricoma com auxílio de necrídio.

Material examinado: Cepas SPC13, SPC289.

As dimensões celulares e divisão celular são característicos da família Pseudanabaenaceae. Entretanto, a fragmentação do tricoma que ocorre com o auxílio de necrídios não é característico desta família. Segundo Anagnostidis & Komárek (1988), os táxons pertencentes à família Pseudanabaenaceae fragmentam-se por simples quebra dos tricomas, porém necrídios já foram relatados para cepas de *Leptolyngbya* (Albertano 1991). Segundo Albertano (1991), a presença de necrídios em cepas de *Leptolyngbya* pode ser induzida após exposição à luz monocromática. Assim, verifica-se a necessidade de elucidar o significado taxonômico da fragmentação do tricoma com auxílio de necrídios, para a família Pseudanabaenaceae.

A identificação das espécies de *Leptolyngbya* é problemática devido à simplicidade morfológica do gênero, caracterizado pelas formas filamentosas ecologicamente diversas que apresentam tricomas com diâmetro reduzido e falta de motilidade conspicua (Castenholz *et al.* 2001). De acordo com esses mesmos autores, o gênero provavelmente sofrerá subdivisões a partir de novos estudos filogenéticos. Por outro lado, seguindo a taxonomia botânica clássica, Anagnostidis (2001) referendou, para o gênero *Leptolyngbya*, 49 novas combinações, três novos nomes e descreveu duas novas espécies. Baseado nesses estudos e por não observar o táxon na natureza, preferimos identificar as cepas isoladas do Lago do IAG como *Leptolyngbya* sp. pelo tipo característico de divisão celular de Pseudanabaenaceae e pelas dimensões.

Família Phormidiaceae

Subfamília Phormidioideae

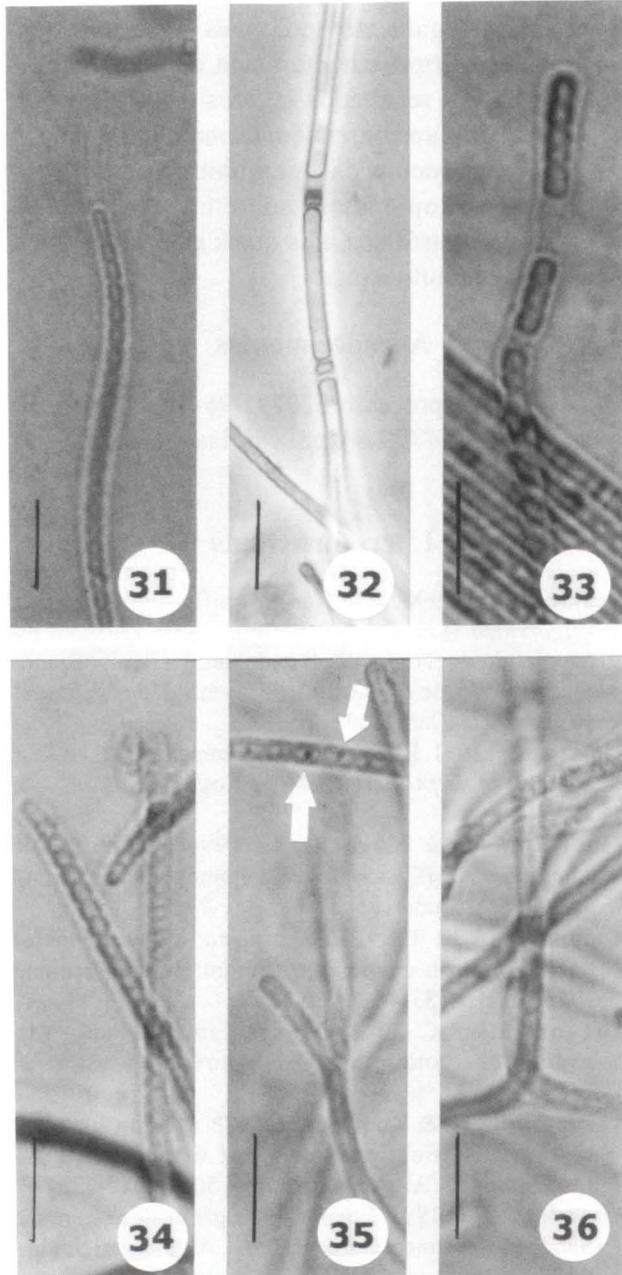
Pseudophormidium (Forti) Anagnostidis & Komárek 1988

Pseudophormidium sp.

Figuras 33-36, 41-43

Tricomas emaranhados, flexuosos, móveis, constritos, com ramificação falsa, às vezes atenuados; bainha fina, incolor; células quadráticas, 1 a 1,7 vez mais largas que longas, 1,3-1,9 × 1,9-2,6 µm; célula

apical cilíndrica, extremidade arredondada, às vezes acuminada; conteúdo celular verde-azulado pálido, homogêneo, às vezes com um ou mais grânulos no centro das células. Reprodução por fragmentação do



Figuras 31-32. *Leptolyngbya* sp. (meio de cultura sólido). 31. Tricoma com bainha. 32. Fragmentação do tricoma, note necrídios (contraste de fase). Figuras 33-36. *Pseudophormidium* sp. (33, 35-36, meio de cultura sólido). 33. Fragmentação do tricoma com liberação de hormogônio. 34. Tricoma com células em divisão intensa, meio de cultura líquido. 35. Ramificação simples, notar grânulos no centro das células (setas). 36. Ramificação dupla. Escalas = 10 µm.

tricoma com auxílio de necrídios, com formação de hormogônio.

Material examinado: Cepas SPC71, SPC477.

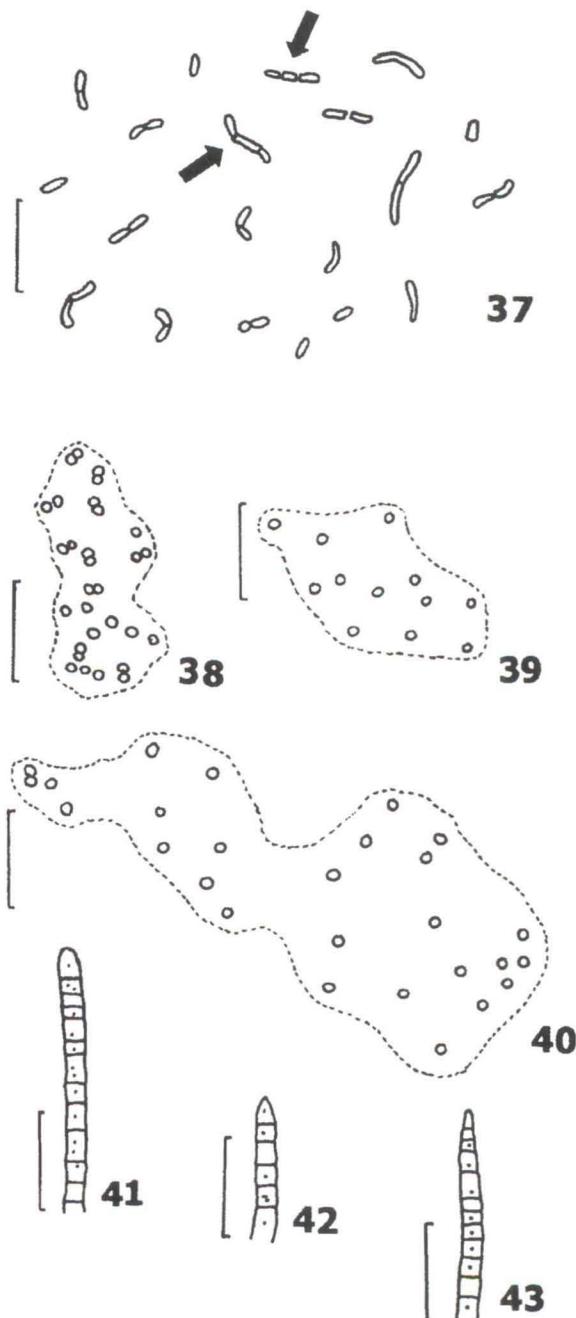


Figura 37. *Synechococcus nidulans*: variabilidade da morfologia celular, note pseudofilamentos (setas). Figuras 38-40. *Aphanocapsa delicatissima* (meio de cultura líquido). 38. Colônia com células em divisão. 39-40. Estágios mais avançados de desenvolvimento. Figuras 41-43. *Pseudophormidium* sp. 41. Tricoma com ápice arredondado. 42. Tricoma com ápice acuminado. 43. Tricoma levemente atenuado. Escalas = 10 µm.

Distribuição geográfica no Brasil: primeira citação do gênero.

As cepas SPC71 e SPC477 foram identificadas como *Pseudophormidium* sp. pela divisão celular característica da família Phormidiaceae, motilidade leve dos tricomas, presença de necrídios e ramificação falsa que é obrigatória para o gênero. Segundo Wilmotte (1991), caracteres como presença ou ausência de ramificação falsa e de atenuações nos ápices são estáveis em cultura.

Segundo Stockner *et al.* (2000), todos os oito táxons da Ordem Chroococcales descritos no presente trabalho podem ser classificados como picocianobactérias coloniais, com células de tamanho médio variando de 0,5 a 3,0 µm, ou solitárias, variando de 0,2 a 2,0 µm. De acordo com esses autores, as picocianobactérias coloniais representam importante componente da comunidade picoplanctônica autotrófica e tendem a aparecer predominantemente em lagos meso-eutróficos, enquanto que as formas solitárias ocorrem preferencialmente em ambientes oligotróficos. Entretanto, dentre os oito táxons descritos para o Lago do IAG, sete representam picocianobactérias coloniais e apenas um, *Synechococcus nidulans*, tem indivíduos solitários. Apesar das picocianobactérias serem referidas como não formadoras de florações (Stockner *et al.* 2000), a importância ecológica dessas formas coloniais em ambientes oligotróficos, ainda pouco conhecidas, não pode ser subestimada.

Dentre os 12 táxons estudados, apenas *Cyanodictyon* cf. *plancticum* e *Pseudanabaena* *galeata*, foram encontrados nas amostras da natureza. Os outros 10 táxons não foram vistos, provavelmente, por serem raros e estarem em baixa densidade, ou até por não apresentarem hábito planctônico. Segundo Komárek *et al.* (2001), diferentes morfotipos de *Leptolyngbya* sp. e *Pseudanabaena* sp. ocorreram em vários subcultivos de material do reservatório de Tabocas, Pernambuco. Apesar de nunca terem sido vistas nas amostras planctônicas da natureza, essas cianobactérias provavelmente originaram-se das comunidades litorâneas e bentônicas. Da mesma forma, *Geitlerinema amphibium* (Cepa SPC14) que foi isolada de amostra composta da superfície até 3 m (tabela 1) é referida como uma espécie ticanoplânctonica (Anagnostidis 1989, Romo *et al.* 1993) e pode ter parte de seu ciclo de vida no plâncton. Populações picoplanctônicas também

podem originar-se de espécies bentônicas e perifíticas (Komárek *et al.* 2001) e, provavelmente, células originadas desses organismos tenham servido de inóculo para o isolamento de algumas cepas do Lago do IAG. Por exemplo, *Aphanthece* sp. e *Dzensia* sp., cepas isoladas predominantemente de amostras compostas da superfície até 3 m (tabela 1), representam organismos coloniais com envelope mucilaginoso firme, característico de material não planctônico. Os resultados obtidos mostraram que estudos em cultura constituem ferramentas valiosas para o conhecimento da microbiota potencial em amostras de fitoplâncton, sobretudo no caso de ambientes oligotróficos, nos quais a densidade dos organismos é muito baixa.

Agradecimentos

Ao CNPq (processo 520745/96-5) e à FAPESP (processo 99/04899-9) pela bolsa outorgada ao primeiro autor.

Literatura citada

- Agujaro, L.F.** 1990. Ficoflórula epífita em *Spirodela oligorrhiza* (Lemnaceae) de um tanque artificial no Município de São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 309 p.
- Albertano, P.** 1991. Effects of monochromatic lights on four species of *Leptolyngbya*. *Algological Studies* 64: 199-214.
- Albertano, P. & Kováčik, L.** 1994. Is the genus *Leptolyngbya* (Cyanophyte) a homogeneous taxon? *Algological Studies* 75: 37-51.
- Anagnostidis, K.** 1989. *Geitlerinema*, a new genus of oscillatorialean cyanophytes. *Plant Systematics and Evolution* 164: 33-46.
- Anagnostidis, K.** 2001. Nomenclatural changes in cyanoprokaryotic order Oscillatoriales. *Preslia* 73: 359-375.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J.** 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes 3 - Oscillatoriales. *Algological Studies* 50-53: 327-472.
- Azevedo, M.T.P.** 1991. Edaphic blue-green algae from the São Paulo Botanical Garden, Brazil. *Algological Studies* 64: 503-526.
- Azevedo, M.T.P. & Kováčik, L.** 1996. *Rhabdogloea brasiliensis* sp. nov. (Chroococcales, Synechococcaceae): morphological and morphometric variability under cross-gradient cultures. *Algological Studies* 83: 83-92.
- Azevedo, M.T.P., Nogueira, N.M.C. & Sant'Anna, C.L.** 1996. Criptogamas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP - Algas, 8: Cyanophyceae. *Hoehnea* 23: 1-38.

- Azevedo, M.T.P. & Sant'Anna, C.L.** 1994. *Hormothece geitleriana*: a new edaphic chroococcocal Cyanophyceae from São Paulo State, Brazil. *Algological Studies* 75: 79-83.
- Azevedo, M.T.P. & Sant'Anna, C.L.** 1999. *Coelosphaerium evidenter-marginatum*, a new planktonic species of Cyanophyceae/Cyanobacteria from São Paulo State, Southeastern Brazil. *Algological Studies* 94: 35-43.
- Azevedo, M.T.P. & Sant'Anna, C.L.** 2003. *Sphaerocavum*, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brazil. *Algological Studies* 109: 79-92.
- Azevedo, M.T.P., Sant'Anna, C.L., Senna, P.A.C., Komárek, J. & Komárková, J.** 2003. Contribution to the microflora of chroococcalean cyanoprokaryotes from São Paulo State, Southeast, Brazil. *Hoehnea* 30: 285-295.
- Azevedo, S.M.F.O.** 1998. Toxinas de Cianobactérias: Causas e Conseqüências para a Saúde Pública. Medicina on line, volume 1, ano 1, número 3. (http://www.medonline.com.br/med_ed/med3/microcis.htm, acesso em 01.06.2004)
- Azevedo, S.M.F.O., Evans, W.R., Carmichael, W.W. & Namikoshi, M.** 1994. First report of microcystins from Brazilian isolate of cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Applied Phycology* 6: 261-265.
- Bicudo, C.E.M.** 1985. *Borzia* Cohn ex Gomont: only a hormogone or a true genus of blue-green algae? *Algological Studies* 41: 489-493.
- Bicudo, C.E.M., Carmo, C.F., Bicudo, D.C., Henry, R., Pião, A.C.S., Santos, C.M. & Lopes, M.R.M.** 2002. Morfologia e morfometria de três reservatórios do PEFI, Capítulo 9. In: D.C. Bicudo, M.C. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp. 143-160.
- Bicudo, D.C., Forti, M.C., Carmo, C.F., Bourotte, C., Bicudo, C.E.M., Melfi, A.J. & Lucas, Y.** 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios no PEFI: caracterização química, Capítulo 10. In: D.C. Bicudo, M.C. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp. 161-200.
- Bittencourt-Oliveira, M.C.** 2000. Development of *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. (Cyanophyceae/Cyanobacteria) under cultivation and its taxonomic implications. *Algological Studies* 99: 29-37.
- Bittencourt-Oliveira, M.C., Oliveira, M.C. & Bolch, C.J.** 2001. Genetic variability of Brazilian strains of the *Microcystis aeruginosa* complex (Cyanobacteria/Cyanophyceae) using the phycocyanin intergenic spacer and flanking regions (*cpcBA*). *Journal of Phycology* 37: 810-818.
- Campos, I.F.P.** 1986. Estudo qualitativo das Nostocophyceae (Cyanophyceae) da Lagoa Bonita, Brasília, Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Universidade do Paraná, Curitiba, 155 p.
- Campos, I.F.P. & Senna, P.A.C.** 1989. Nostocophyceae (Cyanophyceae) da Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brasil, II. *Revista Brasileira de Biologia* 49: 83-95.
- Castenholz, R.W., Rippka, R., Herdman, M. & Wilmette, A.** 2001. Form-genus V. *Leptolyngbya* Anagnostidis and Komárek 1988. In: D.R. Boone & R.W. Castenholz (eds.). *Bergey's manual of systematic bacteriology*, 2 ed. The archaea and the deeply branching and phototrophic bacteria. Springer-Verlag, New York, v. 1, pp. 544-546.
- Coutinho, R.** 1982. Taxonomia, distribuição, crescimento sazonal. Reprodução e biomassa das algas bentônicas no estuário da Lagoa dos Patos (RS). Dissertação de Mestrado, Universidade de Rio Grande, Rio Grande, 232 p.
- Dias Jr., C.** 1990. Ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na lagoa do Infernão (SP). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 108 p.
- Ferragut, C.** 1999. Efeito do enriquecimento por N e P sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas: biomanipulação em reservatório oligotrófico, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 195 p.
- Gentil, R.C.** 2000. Variação sazonal do fitoplâncton de um lago subtropical eutrófico e aspectos sanitários, São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 134 p.
- Huszar, V.L.M. & Esteves, F.A.** 1988. Considerações sobre o fitoplâncton de rede de 14 lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis* 2: 323-345.
- Huszar, V.L.M., Menezes, M. & Fernandes, V.O.** 1989. Fitoplâncton de rede da Lagoa Cabiúnas, Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil: uma contribuição a seu conhecimento. *Boletim do Museu Nacional* 78: 1-43.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K.** 1995. Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. *Preslia* 67: 15-23.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K.** 1999. Cyanoprokaryota, 1. Teil Chroococcales. In: H. Ettl, G. Gärtner, H. Heyning & D. Mollenhauer (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 19/1. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 548 p.
- Komárek, J. & Azevedo, M.T.P.** 2000. *Geitlerinema unigranulatum*, a common tropical cyanoprokaryote from freshwaters reservoirs in Brazil. *Algological Studies* 99: 39-52.

- Komárek, J., Azevedo, S.M.F.O., Domingos, P., Komárová, J. & Tichý, M.** 2001. Background of the Caruaru tragedy; a case taxonomic study of toxic cyanobacteria. *Algological Studies* 103: 9-29.
- Komárek, J. & Cronberg, G.** 2001. Some chroococcacean and oscillatorialean Cyanoprokaryotes from southern African lakes, ponds and pools. *Nova Hedwigia* 73: 129-160.
- Komárek, J. & Kling, H.** 1991. Variation in six planktonic cyanophyte genera in Lake Victoria (East Africa). *Algological Studies* 61: 21-45.
- Komárek, J., Komárová-Legnerová, J., Sant'Anna, C.L., Azevedo, M.T.P. & Senna, P.A.C.** 2002. Two common *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) from tropical America, including *M. panniformis* sp. nov. *Cryptogamie, Algologie* 23: 159-177.
- Lopes, M.I.M.S. & Bicudo, C.E.M.** 2002. Publicações sobre o PEFI. In: D.C. Bicudo, M.C. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp. 319-351.
- Lopes, M.R.M.** 1999. Eventos perturbatórios que afetam a biomassa, a composição e a diversidade de espécies do fitoplâncton em um lago tropical oligotrófico raso (Lago do Instituto Astronômico e Geofísico, São Paulo, SP). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 213 p.
- Lopes, M.R.M. & Bicudo, C.E.M.** 2001. Short term variation of physical characteristics of a shallow subtropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis* 13: 87-98.
- Matsuzaki, M.** 2002. A comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo: aspectos ecológicos e sanitários. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 88 p.
- Mercante, C.T.J.** 2000. Dinâmica da assimilação de amônio e nitrato no reservatório do IAG, São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 143 p.
- Meyer, B.** 1994. A new species of *Cyanodictyon* (Cyanophyceae/Chroococcales) planktic in eutrophic lakes. *Algological Studies* 75: 183-188.
- Moura, A.T.N.** 1996. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplancônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 172 p.
- Nogueira, I.S.** 1999. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplancônica da represa Samambaia, Goiás, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 341 p.
- Otsuka, S., Suda, S., Li, R., Matsumoto, S. & Watanabe, M.M.** 2000. Morphological variability of colonies of *Microcystis* morphospecies in culture. *Journal of General and Applied Microbiology* 46: 39-50.
- Otsuka, S., Suda, S., Li, R., Watanabe, M., Oyaizu, H., Matsumoto, S. & Watanabe, M.M.** 1999. Characterization of morphospecies and strains of the genus *Microcystis* (Cyanobacteria) for a reconsideration of species classification. *Phycological Research* 47: 189-197.
- Park, H., Namikoshi, M., Brittain, S.M., Carmichael, W.W. & Murphy, T.** 2001. D-Leu(1) microcystin-LR, a new microcystin isolated from waterbloom in a Canadian prairie lake. *Toxicon* 39: 855-862.
- Peixoto, J.A. & Huszar, V.L.M.** 1983. Algumas espécies de algas da Quinta da Boa Vista, Rio de Janeiro. *Boletim do Museu Nacional* 67: 1-8.
- Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J.B., Herdman, M. & Stanier, R.Y.** 1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Journal of General Microbiology* 111: 1-61.
- Romo, S., Miracle, M.R. & Hernandez-Marine, M.** 1993. *Geitlerinema amphibium* (Ag. ex Gom.) Anagnostidis (Cyanophyceae): morphology, ultrastructure and ecology. *Algological Studies* 69: 11-27.
- Saker, M.L. & Neilan, B.A.** 2001. Varied diazotrophies, morphologies, and toxicities of genetically similar isolates of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyceae) from Northern Australia. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 1839-1845.
- Saker, M.L., Neilan, B.A. & Griffiths, D.J.** 1999. Two morphological forms of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) isolated from Solomon Dam, Palm Island, Queensland. *Journal of Phycology* 35: 599-606.
- Salomoni, S.E.** 1997. Aspectos da limnologia e poluição das lagoas costeiras Marcelino, Peixoto e Pinguela (Osório, RS): uma abordagem baseada no fitoplâncton. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 136 p.
- Sant'Anna, C.L. & Azevedo, M.T.P.** 1995. Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from São Paulo State, Brazil. *Nova Hedwigia* 60: 19-58.
- Sant'Anna, C.L. & Azevedo, M.T.P.** 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia* 71: 359-385.
- Sant'Anna, C.L., Cordeiro-Marino, M., Braga, M.R.A. & Guimarães, S.M.P.B.** 1985. Cianofíceas marinhas bentônicas das praias de Peruíbe e dos Sonhos, município de Itanhaém, SP, Brasil, 1. *Rickia* 12: 89-112.
- Sant'Anna, C.L., Pereira, H.A.S.L. & Bicudo, R.M.** 1978. Contribuição ao conhecimento das Cyanophyceae do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 38: 321-337.
- Senna, P.A.C.** 1979. Cyanophyceae da lagoa de estabilização de São Carlos, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 116 p.

- Senna, P.A.C.** 1982. Nostocophyceae de Município de São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 249 p.
- Senna, P.A.C.** 1992. Estudo das Nostocophyceae (Cyanophyceae) do Distrito Federal, 2: lagoas Joaquim Medeiros e dos Carás. Revista Brasileira de Biologia 52: 461-479.
- Senna, P.A.C.** 1996. Cyanophyceae from the eastern region of Distrito Federal, Brazil, 2. Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 65: 73-102.
- Senna, P.A.C., Delazari, A. & Sant'Anna, C.L.** 1999. A new planktic cyanoprokaryotic species, *Cyanodictyon tropicalis* (Cyanophyceae) from Espírito Santo State (Southeastern), Brazil. Algological Studies 94: 293-303.
- Senna, P.A.C. & Ferreira, L.V.** 1986. Nostocophyceae (Cyanophyceae) da Fazenda Água Limpa, DF, Brasil, 1: Chroococcaceae e Oscillatoriaceae. Revista Brasileira de Botânica 9: 91-108.
- Sommer, C.H.** 1977. Produção primária do fitoplâncton na represa Lomba do Sabão, Viamão, RS. Dissertação de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 197 p.
- Stein, J.R.** 1973. Handbook of phycological methods, culture methods and growth measurements. Cambridge University Press, Cambridge, 448 p.
- Stockner, J., Callieri, C. & Cronberg, G.** 2000. Picoplankton and other non-bloom-forming Cyanobacteria in lakes. In: B.A. Whitton & M. Potts (eds.). The ecology of Cyanobacteria, their diversity in time and space. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 195-231.
- Torgan, L.** 1997. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Laguna dos Patos, RS, Brasil, em um ciclo anual. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 284 p.
- Torgan, L.C. & Paula, M.C.F.** 1994. *Geitlerinema amphibium* (Ag. ex Gom.) Anagnostidis (Cyanophyt-Pseudanabaenaceae) em um lago do sul do Brasil. Iheringia 45: 75-87.
- Tucci, A.** 2002. Sucessão da comunidade fitoplanctônica de um reservatório urbano e eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 274 p.
- Uherkovich, G.** 1981. Algen aus einigen Gewässern Amazoniens. Amazoniana 7: 191-219.
- Uherkovich, G. & Franken, M.** 1980. Aufwuchsalgen aus Zentralamazonischen Regenwaldbächchen. Amazoniana 7: 49-79.
- Uherkovich, G. & Rai, H.** 1979. Algen aus dem Rio Negro und seine Nebenflüssen. Amazoniana 6: 611-638.
- Uherkovich, G. & Schmidt, G.W.** 1974. Phytoplankton taxa in dem zentralamazonischen Schwemmlandsee Lago do Castanho. Amazoniana 5: 243-283.
- Vercellino, I.S.** 2001. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 176 p.
- Werner, V.R.** 2002. Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 363 p.
- Werner, V.R. & Rosa, Z.M.** 1992. Cyanophyceae da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Biologia 52: 481-502.
- Wilmette, A.** 1991. Taxonomic study of marine oscillatoriaceous strains (Cyanophyceae, Cyanobacteria) with narrow trichomes. I. Morphological variability and autecological features. Algological Studies 64: 215-248.
- Yunes, J.S., Matthiensen, A., Parise, M., Salomon, P.S., Raggett, S.L., Beattie, K.A. & Codd, G.A.** 1998. *Microcystis aeruginosa* growth stages and the occurrence of microcystins in Patos Lagoon, Southern Brazil. In: B. Reguera, J. Blanco, M.L. Fernández & T. Wyatt (eds.). Harmful Algae, Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 18-21.
- Zagatto, P.A.** 1995. Evaluation écotoxicologique du réservoir Guarapiranga, SP-Brésil, en relation avec le problème des algues toxiques et des algicides. Tese de Doutorado, Universidade de Metz, Metz, 86 p.
- Zagatto, P.A., Aragão, M.A., Domingues, D.F., Buratini, S.V. & Araújo, R.P.A.** 1998. Avaliação ecotoxicológica do reservatório do Guarapiranga, SP, com ênfase à problemática das algas tóxicas e algicidas. In: M.T.P. Azevedo, L.S.C. Pinto, M. Menezes, M.T. Fujii, N.S. Yokoya, P.A.C. Senna & S.M.P.B. Guimarães (eds.). Anais do IV Congresso Latino-Americano de Ficologia, Volume 1, Sociedade Ficológica da América Latina e Caribe, São Paulo, pp. 63-81.

