

WATSON ARANTES GAMA JÚNIOR

**Cianobactérias unicelulares e coloniais de
ambientes terrestres de áreas da Mata Atlântica
no estado de São Paulo, Brasil**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos (PAF).

SÃO PAULO

2012

WATSON ARANTES GAMA JÚNIOR

**Cianobactérias unicelulares e coloniais de
ambientes terrestres de áreas da Mata Atlântica
no estado de São Paulo, Brasil**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos (PAF).

ORIENTADORA: DRA. CÉLIA LEITE SANT'ANNA

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Gama Júnior, Watson Arantes

G184c Cianobactérias unicelulares e coloniais de ambientes terrestres de áreas da Mata Atlântica no estado de São Paulo, Brasil / Watson Arantes Gama Júnior -- São Paulo, 2012.

172 p. il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012

Bibliografia.

1. Algas. 2. Chroococcales. 3. Taxonomia. I. Título

CDU: 582.26

Cosmopolitan blue-green 'algae' are found
in
Your very backyard and all around,
in
Arid conditions or by mineral traces,
in
Never thought imaginable places,
in
Open oceans and soil organic.
By gosh, these bacteria don't seem to panic,
in
Acid environments and alkaline water,
in
Cold, cold lakes and spots much hotter,
in
Tidal fringes and the tops of tall trees,
in
Euphotic zones and raging seas,
in
Rocky cracks and places that are bare,
in
Isolated islands and Polar bear hair,
in
Adverse conditions, blue-greens are there!

PAULA C. FURE

Dedico à minha família, meus amados pais Watson e Edna, à minha irmã Ana, ao meu adorável sobrinho Vítor e a minha(meu) já adorada(o) sobrinha(o) que está a caminho. Sem vocês meu mundo não estaria completo.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, o grande relojoeiro invisível que mantém toda esta ordem.

Aos meus pais, Watson e Edna, serei eternamente grato, pois mesmo sem entenderem bem o que eu realmente estudo ou faço (será que até mesmo eu entendo?!), JAMAIS deixaram de me apoiar. Ao contrário, sempre me incentivaram em cada jornada que escolhi. Assim também elevo meus agradecimentos a todos meus familiares, pelo enorme apoio e amor sempre direcionados a mim. Isso foi fundamental para que eu concluísse todo este trabalho e superasse a saudade de cada um deles.

À Ana, minha querida irmã, ofereço um agradecimento especial. Além de sempre se dispor a me ajudar, ela me tornou tio (titio como diria o meu amado sobrinho Vítor) e isso não tem preço! E agora? Será que está chegando a Helena? rrsrs

À Dra. Célia Leite Sant'Anna, minha orientadora (“ori”), por aceitar-me como estagiário e posteriormente como aluno de mestrado. Só tenho a agradecer-lá por ser uma orientadora, pessoa e amiga grandiosa, que acima de tudo sempre se mostrou justa e sensata. Obrigado Célia, por ter-me feito críticas construtivas e corrigido quando necessário e também por ter-me incentivado e elogiado a cada passo certo dado. Também lhe agradeço pelas várias oportunidades e grande confiança direcionadas a mim. Tudo isso me fez crescer e refletiu diretamente neste trabalho.

À querida amiga e sempre orientadora Dra. Ina de Souza Nogueira, por ter-me aberto as portas do universo ficológico e tanto ter-me ensinado. Sem dúvidas, sem os ensinamentos dela eu não teria chegado até aqui.

Ao Dr. Jiří Komárek por ter-me dado a grande oportunidade de conversar e discutir sobre as cianobactérias. Foi uma enorme honra aprender com ele os entremeios existentes na taxonomia das cianobactérias cocóides.

À Dra. Marli Fiore e sua equipe, especialmente à Dra. Janaina Rigonato, do CENA-USP em Piracicaba, por tão prontamente terem realizado as análises moleculares deste trabalho. Muito obrigado!

Às doutoras Maria Tereza de Paiva Azevedo e Andréa Tucci e ao Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo pelas valiosas contribuições durante o exame de qualificação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa através do Programa de Pós-graduação do Instituto de Botânica.

Ao Instituto de Botânica de São Paulo, por fornecer a infra-estrutura necessária à realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Meio Ambiente, pela oportunidade de aprimoramento científico e pela colaboração durante as viagens de campo e congressos científicos.

Aos discentes da área PAF por terem me dado a oportunidade de representá-los durante um ano nas reuniões do Conselho de Curso e também aos integrantes deste Conselho por terem me proporcionado grande aprendizado.

Às pesquisadoras da seção de ficologia Dra. Andréa Tucci, Dra. Luciana Retz de Carvalho, Dra. Diclá Pupo Santos, Dra. Silvia Maria Pitta B. Guimarães, Dra. Mutue Toyota Fujii e Dra. Nair Sumie Yokoya, pelo convívio harmonioso e disponibilidade em ajudar, valorizando o trabalho em equipe.

Em especial à Dra. Andrea Tucci (“Andreita”) e à Dra. Luciana Retz (“Lú”), por toda a atenção, incentivo, conselhos e conhecimentos compartilhados. Além disso, muito obrigado pelos maravilhosos momentos de descontração, lanchinhos, caronas e ótimas risadas.

Aos funcionários da seção de ficologia Neide Pozo Rios de Souza (“Neidinha”), Neuzete Martins Oliveira (“New”), Elizete Mítico Mitsugui (“Elis”), pela prontidão em seus serviços, amizade e convívio harmonioso.

Em especial agradeço a Valdirene Maria dos Santos e Renata Souza, as competentes técnicas do laboratório de cultura que sempre mostrarem-se dispostas a me ajudar no que fosse preciso. Também as agradeço pelos ótimos momentos de descontração que tornaram todo o trabalho muito menos estressante.

Aos queridos amigos, companheiros de jornada, do Núcleo de Pesquisa em Ficologia, que tanto me ensinaram e me ajudaram a construir esta dissertação: Kleber Renan, Fernanda Rios, Edna Rosini, Raquel Ieda, Ana Livia Negrão, Camila Malone e Guilherme Scotta.

Também agradeço aos queridos amigos ficólogos João Osti, Gisele Adame e Camila Rosal pelos vários momentos de descontração e risadas passados juntos.

Ao Kleber, pela amizade e apoio não só na conclusão deste trabalho, mas também em várias outras ocasiões.

À Camila por ter me ensinado a dar os primeiros passos no laboratório de cultura e por SEMPRE estar disposta a me ajudar. Tudo bem que às vezes discordamos (rsrsrs), mas acima de tudo nos respeitamos! Muito obrigado ‘baby’ por estar ao meu lado durante todo este tempo!

À Fê eu agradeço por ter me suportado durante todo este tempo e SEMPRE ter me ajudado no que fosse preciso, inclusive cedendo o seu computador para a conclusão desta dissertação. Sem sombra de dúvidas uma pessoa maravilhosa que muito me contagiou com o seu jeito alegre durante todos os momentos em que passamos juntos.

À Priscilla Gambale, Natália Virgili e Natácia Lima, grandes amigas que me escutaram e me entenderam quando nem eu mesmo conseguia me entender.

Ao Ewerton Caltran por ter-me ajudado durante a primeira jornada de coleta e pela companhia sempre agradável.

Ao Weliton Silva e Dail Laughinghouse IV pela amizade e prestatividade em me enviar artigos e obras de difícil acesso.

À Márcia Angelo (“Marcinha”) e ao Elvis Silva, funcionários da Pós-Graduação-IBt, pela constante simpatia, gentileza e agilidade no atendimento, sempre prestativos e dedicados. Muito obrigado!

À Dinorá, pela grande amizade e por ser uma pessoa maravilhosa, sempre disposta a ajudar. Obrigado por ser tão prestativa e por todo o carinho!

Aos queridos os amigos que conquistei durante esta jornada: Angélica Righetti, Ana Livia Negrão, Julyana Farias, Luanda Soares, Ingrid Balesteros, Patrícia Araújo, Levi Machado, Berta Vilagra, Elisa, Fernanda Ferrari, Fernanda Karstedt, Fernanda Tresmondi, Gisele Marquadt, Juçara Bordin, Kátia Patekoski, Patrícia Jungbluth, Priscila da Silva, Pryscilla Denise, Sandra Vieira, Simone Wengrat, Simone Silva, Talita Amador e Jadson Oliveira, **MUITO OBRIGADO** pela companhia!

Registro minhas sinceras desculpas aos nomes que não tenha mencionado e agradeço mesmo aqueles que estão nas entrelinhas. Afinal, agradecer é o mínimo que podemos fazer por aqueles que nos ajudam mesmo sem saber, querer ou poder.

Resumo

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos do planeta em diversidade biológica, possuindo grande número de espécies endêmicas. Contudo, ao longo da colonização e urbanização do Brasil este bioma foi amplamente devastado, sendo que atualmente, os 7% de áreas restantes estão fragmentados em unidades de conservação. Isso torna premente o estudo de sua biota, antes que espécies sejam extintas sem ao menos terem sido conhecidas. Embora as cianobactérias sejam amplamente registradas em ambientes aquáticos, muitas também são encontradas em ambientes e substratos terrestres como solos, rochas e cascas de árvores formando os biofilmes, que são extremamente abundantes na Mata Atlântica. Em relação à composição destes biofilmes, é muito comum encontrar-se cianobactérias unicelulares e coloniais, também denominadas cocóides, juntamente com fungos, bactérias e protozoários. Contudo, as cianobactérias cocóides possuem complexa taxonomia, principalmente por apresentarem ciclos de vida com diversos morfotipos e características diacríticas não facilmente reconhecidas na prática. Além disso, estudos específicos voltados à taxonomia das cocóides são raros, principalmente em relação a ambientes terrestres de zonas tropicais. Desta forma, o presente estudo busca ampliar o conhecimento sobre as cianobactérias unicelulares e coloniais com base no estudo de microambientes terrestres de áreas de Mata Atlântica no estado de São Paulo. Ao todo foram analisadas 264 amostras coletadas em áreas florestais conservadas de Mata Atlântica ao longo da faixa litorânea do estado de São Paulo e Serra do Mar. Todas as amostras contendo representantes de cianobactérias cocóides estão depositadas no Herbário do Instituto de Botânica (SP). As populações encontradas foram analisadas em microscópio ótico Zeiss, modelo Axioplan-2 e, quando possível, isoladas em cultura utilizando-se os meios ASM-1 e BG11. As análises moleculares foram realizadas com base na obtenção de sequências do gene codificante do RNAr 16S e as construções filogenéticas foram feitas por comparações destas sequências com outras depositadas em bancos públicos, utilizando-se o método de máxima verossimilhança. Ao todo, foram registrados 61 táxons de cianobactérias cocóides, sendo que destes 27 espécies foram confirmadas, 11 foram mantidas em cf., uma em aff., 21 tiveram a identidade genérica confirmada e uma foi identificada na categoria de família. Além disso, 21 novas ocorrências de espécies e quatro gêneros foram citados pela primeira vez para o estado de São Paulo. Em relação às análises moleculares e filogenéticas, três linhagens foram estudadas e todas diferiram circunstancialmente das linhagens depositadas em bancos públicos. Todos estes dados demonstram o grande potencial de biodiversidade das cianobactérias cocóides na Mata Atlântica e também refletem a falta de estudos sobre estes organismos em ambientes terrestres, principalmente em zonas tropicais.

Palavras-chave - Biodiversidade, Mata Atlântica, Cyanobacteria, Chroococcales, cocóides.

Abstract

The Atlantic Forest is one of the most biologically diverse biomes on Earth, with a great number of endemic species. However, during the colonization and urbanization of Brazil, this biome was intensely devastated, and nowadays the 7% remaining areas are spread in conservation units. These facts make urgent the study of its biota due to the risks of species extinction before being known. Although cyanobacteria are broadly known in aquatic environments, many of them are also found in terrestrial habitats like soils, rocks, and barks of trees, forming the biofilms which are commonly found in the Atlantic rainforest. The unicellular and colonial cyanobacteria together with fungi, bacteria and protozoan are the main components of the biofilms. Nevertheless, these coccoid cyanobacteria have a complex taxonomy, mainly due to their life cycles with many different kinds of morphotypes and also due to the difficulty to recognize their diacritical features in practice. Besides, specific studies dealing with coccoid taxonomy are rare, mainly in relation to terrestrial habitats in tropical zone. Thus, the present study aims to improve the knowledge of the unicellular and colonial cyanobacteria based on investigation of terrestrial microhabitats in areas of the Atlantic rainforest in the São Paulo state. As many as 264 samples collected in areas of preserved forests along the coast and Serra do Mar were analyzed. All samples containing populations of coccoid cyanobacteria are deposited in the Herbarium of Instituto de Botânica (SP). The studied populations were analyzed in light microscope, Zeiss Axioplan-2 model. Whenever possible, they were isolated in culture utilizing ASM-1 and BG11 media. The molecular analyses and phylogenetic construction were done by the amplification of 16S RNAr coding gene and by comparing the obtained sequences with others deposited in public gene banks utilizing the Maximum Likelihood Method. As a whole, 61 taxa of coccoid cyanobacteria were identified, 27 being confirmed species, 11 kept in cf., one in aff., 21 had only the generic identity confirmed, and one was identified in family category. Twenty-one new occurrences of species and four of genera were first references to São Paulo state. The molecular and phylogenetic analyses of the three studied lineages were quite different from those found in public gene banks. All these data show the great potential biodiversity of coccoid cyanobacteria in Atlantic rainforest and also reflect the lack of studies about these organisms in terrestrial habitats, mainly those in tropical zones.

Key words - Biodiversity, Atlantic rainforest, Cyanobacteria, Chroococcales, coccoid.

Sumário

Introdução	1
Objetivos específicos	2
Revisão da literatura	2
Características gerais das cianobactérias	2
Nomenclatura e taxonomia polifásica	6
As cianobactérias unicelulares e coloniais	8
Características gerais	8
Sistemas de classificação das cocóides	11
O Bioma Mata Atlântica	13
As cianobactérias nos ambientes terrestres da Mata Atlântica	17
Material e Métodos	19
Áreas de estudo	19
Amostragem e métodos de coleta	21
Análise das amostras	21
Estudo taxonômico	29
Estudos em cultura	30
Análise molecular	33
Extração de DNA e amplificação por PCR dos genes de RNAr 16S	33
Clonagem e transformação dos produtos de PCR	34
Extração de DNA plasmidial	35
Sequenciamento	35
Processamento e análise filogenética das sequências	36
Resultados	37
Os gêneros <i>Asterocapsa</i> , <i>Gloeocapsopsis</i> e <i>Gloeocapsa</i> : exemplos da complexa taxonomia das cocóides	37
Subclasse Synechococcophycideae Hoffmann et al. 2005	41
Ordem Synechococcales Hoffmann et al. 2005	41
Família Chamaesiphonaceae Borzì 1882	41
<i>Chamaesiphon</i> A. Braun & Grunow in Rabenhorst 1865	41
Família Merismopediaceae Elenkin 1933	42
<i>Aphanocapsa</i> Nägeli 1849	42
<i>Coelosphaeriopsis</i> Lemmermann 1900	44
Família Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis 1995	44
<i>Aphanothece</i> Nägeli 1949	44
<i>Gleothece</i> Nägeli 1849	49
<i>Lemmermanniella</i> Geitler 1942	52
Subclasse Oscillatorioephyceae Hoffmann et al. 2005	53
Ordem Chroococcales Hoffmann et al. 2005	53
Família Chroococcaceae Nägeli 1849	53
<i>Asterocapsa</i> Chu 1952	53

<i>Chroococcus</i> Nägeli 1849	57
<i>Cyanostylon</i> Geitler 1928	64
<i>Gloeocapsopsis</i> Geitler ex Komárek 1993	66
<i>Nephrococcus</i> Li 1984	71
<i>Pseudocapsa</i> Ercegović 1925	73
<i>Endospora</i> Gardner 1927	74
Família Microcystaceae Elenkin 1933	76
<i>Chondrocystis</i> Lemmermann 1899	76
<i>Gloeocapsa</i> Kützing 1843	76
Família Entophysalidaceae Geitler 1925	83
<i>Chlorogloea</i> Wille 1900	83
<i>Cyanoarbor</i> Wang 1989	85
<i>Entophysalis</i> Kützing 1843	86
Entophysalidaceae não identificada	89
Família Hyellaceae Borzì 1914	91
<i>Hyella</i> Bornet & Flahault 1888	91
<i>Pleurocapsa</i> Thuret in Hauck 1885	92
Família Xenococcaceae Ercegović 1932	94
<i>Chroococciopsis</i> Geitler 1933	94
<i>Myxosarcina</i> Printz 1921	96
Considerações Finais	102
Pranchas	106
Referências bibliográficas	140
Anexo 1	153
Índice remissivo dos táxons	159

Introdução

Apesar de comumente conhecidas em ambientes aquáticos, as cianobactérias apresentam ampla distribuição, habitando os mais diversos tipos de ambientes (Whitton & Potts 2000). Dentre esses, é no ambiente terrestre onde esses organismos mais se diversificam, tanto morfológica quanto fisiologicamente (Desikachary 1959, Komárek & Anagnostidis 1998, Stal 2000, Komárek & Anagnostidis 2005). Porém, a maior parte dos estudos direcionados à investigação desses procariontos nos ambientes terrestres foi realizada para regiões temperadas, sendo escassos os direcionados para regiões tropicais.

No entanto, é na região equatorial do globo onde se concentram os maiores centros de biodiversidade do planeta, sendo estes considerados *hotspots* para conservação devido à vulnerabilidade a qual estão expostos (Myers et al. 2000). Dentre estes *hotspots*, a Mata Atlântica está classificada entre os cinco primeiros, devido ao seu alto grau de endemismos e elevada degradação. Originalmente, o Bioma Mata Atlântica cobria toda a costa brasileira, estendendo-se até zonas interioranas, garantindo a este bioma grande heterogeneidade (CEPF 2001). Além disso, as condições climáticas com predominância de temperaturas amenas e alta pluviosidade, praticamente sem estações secas, fazem da Mata Atlântica um ambiente bastante estável e hospitaleiro, o que é refletido na composição de suas espécies.

Adicionalmente, estudos ao longo das últimas décadas mostram que a grande biodiversidade da Mata Atlântica não é representada apenas por animais e plantas, mas também por microrganismos. Alguns gêneros e diversas espécies novas de cianobactérias foram descritas para ambientes terrestres deste bioma (Sant'Anna et al. 2011c). Isto comprova que boa parte da biodiversidade destes procariontos em ambientes tropicais ainda é desconhecida, pois estas espécies foram descobertas em estudos realizados apenas em áreas do estado de São Paulo.

Considerando apenas as cianobactérias unicelulares e coloniais, conhecidas genericamente como cocóides, essa biodiversidade tende a ser ainda mais subestimada. Isso por que estas cianobactérias possuem taxonomia bastante complexa e muitos táxons precisam de revisão, pois apresentam diversos problemas, desde nomenclaturais até conceituais. Além disso, muitas das características diacríticas das cocóides não são fáceis de serem reconhecidas na prática, dificultando ainda mais a sua taxonomia. Outro agravante é que estes organismos não são facilmente cultiváveis, o que complica estudá-los molecular e fisiologicamente. Frente a estas dificuldades, estudos específicos com estas cianobactérias são raros, principalmente com as tipicamente terrestres. Contudo, há uma rica diversidade

que deve ser conhecida e estudada, pois somente assim construções filogenéticas e biogeográficas poderão ser realizadas com mais clareza.

Desta forma, o presente trabalho busca ampliar o conhecimento sobre as cianobactérias unicelulares e coloniais com base no estudo de microambientes terrestres de áreas de Mata Atlântica no estado de São Paulo.

Objetivos específicos

- a) Aumentar o conhecimento da biodiversidade de cianobactérias de regiões tropicais/subtropicais;
- b) Identificar as populações encontradas com base em análises morfométricas, destacando-se a variabilidade fenotípica das espécies;
- c) Discutir pontos relevantes sobre a taxonomia das cianobactérias unicelulares e coloniais;
- d) Isolar linhagens de cianobactérias cocóides para estudos de variabilidade morfológica e molecular;
- e) Contribuir para o aumento do número de cepas de hábito aerofítico da Coleção de Cultura do Instituto de Botânica.

Revisão da literatura

Características gerais das cianobactérias

Estima-se que as cianobactérias habitem a superfície terrestre há cerca de 3,5 bilhões de anos (Schopf 2000), tempo suficiente para que os fatores evolutivos “lapidassem” esses organismos, tornando-os resistentes às mais adversas condições. Isso é notável pela grande variabilidade de *habitats* ocupados pelas cianobactérias e também pela grande diversidade fisiológica e morfológica mostrada pelos representantes do grupo (Graham & Wilcox 2000).

Atualmente, as cianobactérias estão classificadas no domínio Bacteria (Woese et al. 1990) e dentro deste domínio são os organismos morfológicamente mais diversos. Também formam o único grupo de bactérias cujas características morfométricas podem e são utilizadas para distinguir espécies (Stanier & Cohen-Bazire 1977, Komárek & Anagnostidis 1998). Além disso, as cianobactérias englobam muitas outras peculiaridades que as tornam distintas entre os procariotos.

Enquanto as bactérias fotossintetizantes púrpuras e verdes utilizam sulfeto de hidrogênio (H_2S) como agente redutor na fotossíntese, as cianobactérias utilizam a água (H_2O), garantindo que ao final da reação seja liberado oxigênio (O_2) e não enxofre (S_2) (Raven et al. 2007). Isto é possível por que as cianobactérias possuem clorofila *a* e fotossistemas I e II, o que as aproximam das plantas e algas e as distanciam das bactérias fotossintetizantes, que possuem apenas um fotossistema e bacterioclorofila (Overmann & Garcia-Pichel 2006).

Como estratégia para absorver a luz em diferentes comprimentos de ondas, as cianobactérias também apresentam outros pigmentos além da clorofila *a*, denominados ficobiliproteínas. Dentre esses, um dos que mais se destaca é a ficocianina, responsável pela coloração azulada apresentada pela maioria das cianobactérias e que influenciou a denominação desses organismos como ‘algas azuis’. No entanto, a coloração das cianobactérias pode variar muito, principalmente em razão da concentração de ficocianina (azul) e ficoeritrina (vermelho).

Apesar de esses pigmentos serem os principais responsáveis pela coloração do conteúdo celular, a ficocianina e a ficoeritrina não estão livremente dispersas no citoplasma. Juntamente com a aloficocianina, eles formam os ficobilissomos (Stal 2007), que são estruturas aderidas aos tilacóides e funcionam como complexos de antenas que auxiliam na captação de luz e transferência de energia para a reação de fotossíntese. Dessa forma, além de influenciar na coloração, as ficobiliproteínas tornam mais eficiente a captação de luz. Algumas cianobactérias ainda podem alterar a quantidade de ficocianina (azul) e ficoeritrina (vermelho) dependendo do espectro de luz ao qual estão expostas (Tandeau de Marsac 1977), tornando o processo de absorção ainda mais eficiente. Além desses pigmentos, recentemente contatou-se que as bactérias fotossintetizantes que possuem clorofila *b*, denominadas proclorófitas (Prochlorophyta), possuem estreita relação filogenética com as cianobactérias e por isso estão com elas conjuntamente classificadas (Hoffmann et al. 2005). Também foi descoberto em uma única espécie de cianobactéria, *Acaryochloris marina* Miyashita & Chihara, a presença de clorofila *d* como o principal pigmento promotor da fotossíntese (Miyashita et al. 2003), o que demonstra o quão ampla são as propriedades fotossintéticas desses organismos.

Porém, todo este aparato captador de luz, bem como outras estruturas celulares, estão direta e frequentemente expostos à radiação ultravioleta (UV), o que pode gerar sérios danos. Para minimizar e até mesmo eliminar os efeitos dos raios UV, as cianobactérias produzem substâncias capazes de absorver a radiação ultravioleta e dissipá-la em forma de calor, não gerando prejuízos à célula (Conde et al. 2000). Entre esses compostos, dois tipos

são comumente encontrados: as micosporinas, também produzidas por diferentes organismos, e a scytonemina, produzida exclusivamente pelas cianobactérias e presente em outros organismos por bioacumulação ao longo da cadeia trófica (Siezen 2011). Ambas possuem funções semelhantes, porém diferem em relação à faixa de absorção do UV e também no local no qual se concentram.

As micosporinas possuem absorção máxima entre 310-360 nm, concentram-se no citoplasma das células e são incolores. A scytonemina e seus derivados concentram-se nas bainhas, são vermelhas ou amarelas e tem ótimo de absorção em 386 nm, mas também absorvem consideravelmente em 252, 278 e 300 nm (Sinha & Häder 2008). Dependendo da intensidade da radiação a qual os indivíduos estão expostos, a coloração da bainha pode variar em tonalidade devido às mudanças na concentração de scytonemina (Siezen 2011). Além dessa capacidade de bloqueio contra a radiação UV, as micosporinas têm ações antioxidantes (Stevenson et al. 2002) e a scytonemina também protege as cianobactérias contra o ataque de patógenos, decomposição por bactérias e herbivoria (Sinha & Häder 2008).

Contudo, estas não são as únicas substâncias produzidas pelas cianobactérias com propriedades curativas, profiláticas e alelopáticas. Apesar do real motivo ainda incerto, é fato que as cianobactérias sintetizam uma enorme diversidade de compostos, sendo as toxinas os mais conhecidos (Jaiswal et al. 2008). No entanto, várias pesquisas têm mostrado o potencial desses organismos para produção de bioativos com ações antitumorais, antivirais, antifúngicas e outras (Tan 2007, Schrader & Dayan 2009), o que possivelmente deve favorecê-los ecologicamente, principalmente em relações competitivas.

Quanto à formação de reservas de nutrientes, as cianobactérias são capazes de estocar diversas substâncias, o que permite que elas sobrevivam a longos períodos de inanição. O amido das cianofíceas, muito similar ao glicogênio, é uma das formas para estocagem de carbono, que também pode ser estocado em forma de diversos lipídios. Para o armazenamento de nitrogênio as cianobactérias produzem cianoficina e para o fósforo, grânulos de polifosfato (Reviere 2006).

Além de produzirem carbono e oxigênio por meio da fotossíntese, várias cianobactérias também são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico. Porém, apenas aquelas que possuem heterócitos conseguem fazê-lo mais eficientemente. Isso por que a nitrogenase, que é a enzima responsável por transformar o N_2 em NH_4^+ , torna-se inativa na presença de oxigênio. Os heterócitos são células revestidas por uma espessa parede que conseguem conservar a nitrogenase por não possuírem fotossistema II e por isso realizam a fotossíntese parcialmente, sem a liberação de O_2 (Reviere 2006). Por esta razão, espécies heterocitadas

podem fixar nitrogênio em presença de luz, enquanto as outras só o fazem no escuro, quando não há disponibilidade de oxigênio.

Apesar de não conseguirem manter reservas de água, as cianobactérias possuem a habilidade de suportar a quase completa desidratação, sendo este processo conhecido como *anhydrobiosis* ou simplesmente tolerância à dessecação (Büdel 2011). Além disso, são dos poucos organismos fotossintetizantes capazes de habitar ambientes com temperaturas extremas, desde desertos e fontes termais até geleiras. Contudo, necessitam de água em condição líquida para se reidratarem, diferentemente de alguns grupos vegetais que conseguem absorver água em estado de vapor (Büdel 2011).

Todas essas características expostas acima garantem às cianobactérias ampla capacidade de tolerância a condições inóspitas à maioria dos seres vivos. Isso as torna *poikilo-tolerant* (Gorbushina 2007), ou seja, organismos capazes de sobreviver a fatores estressantes múltiplos e intensamente variáveis. Por este motivo as cianobactérias são extremamente importantes na formação e manutenção de biofilmes, principalmente em ambientes terrestres, sendo os principais contribuintes no processo de colonização pioneira.

Basicamente, os biofilmes são caracterizados pela cooperação fisiológica entre diferentes organismos e pela presença de substâncias poliméricas extracelulares, cuja função é vincular as células e componentes orgânicos e inorgânicos ao substrato (Gerdes 2010). Assim, os biofilmes são formados por uma complexa comunidade distintamente estruturada a fim de amenizar da melhor forma possível as intempéries ambientais (figura 1). Dentre os principais constituintes dos biofilmes, podem-se citar algas, bactérias, cianobactérias, fungos, protozoários e até mesmo animais microscópicos como ácaros e outros insetos (Gorbushina & Petersen 2000), sendo que em muitos casos as cianobactérias são os organismos dominantes (Gerdes 2010).



Figura 1: Representação esquemática da estrutura de um biofilme (adaptado de Gorbushina 2007).

Nomenclatura e taxonomia polifásica

Durante muito tempo as características morfológicas foram os principais critérios utilizados na sistemática e taxonomia das cianobactérias (Geitler 1932, Desikachary 1959, Bourrelly 1970). Isso por que estes organismos foram tradicionalmente estudados por botânicos sob o ponto de vista do método lineano, baseado principalmente na separação dos indivíduos pela morfologia. Contudo, atualmente sabe-se que este critério construiu um sistema artificial, o que está sendo continuamente reformulado à medida que novos dados são acrescentados aos sistemas de classificação (Hoffmann et al. 2005).

Estas mudanças tiveram começo principalmente após ter-se definido a condição procariótica das cianobactérias, classificando-as juntos as bactérias. Com isso, os bacteriologistas passaram a estudar este grupo mais detalhadamente, fornecendo uma visão microbiologista dos cianoprocariotos, que leva em consideração vários outros critérios além da morfologia. Assim, as cianobactérias tornaram-se um grupo de organismos estudados sob dois pontos de vista distintos: um bacteriológico e um botânico. Além da diferença nos critérios taxonômicos utilizados, estas vertentes da ciência são regidas por códigos nomenclaturais distintos e isso gera uma série de problemas (Oren 2011). Nomes validamente publicados segundo um código são muitas vezes invalidamente publicados segundo o outro, o que gera conflitos e grande confusão.

Stanier et al. (1978) propuseram que as cianobactérias passassem a ser regidas apenas sob as regras do Código de Nomenclatura das Bactérias, hoje Código Internacional de Nomenclatura dos Procariotos (CINP) (Oren & Tindall 2005). Porém, para que isso fosse possível todos os nomes até então publicados e descritos segundo o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (CINB) deveriam ser readequados ao CINP, caso contrário não seriam mais válidos. Isso se tornou um grande problema, pois os códigos são muito diferentes em certos pontos, sendo o processo de tipificação um dos mais conflitantes, pois uma das exigências do CINP é que o tipo seja mantido em cultura axênica. Para os botânicos isso acabou sendo também um problema estrutural (Golubić 1979), pois tradicionalmente eles estudaram populações naturais de cianobactérias, não tendo em seus laboratórios infraestrutura suficiente para estabelecer o cultivo. Além disso, apenas uma ínfima parte das cianobactérias já descritas é cultivável (Golubić 1979). Assim a proposta de Stanier et al. (1978) não foi aceita totalmente, mas a partir desta proposição os bacteriologistas também poderiam descrever novos táxons de cianobactérias baseando-se apenas no CINP (Oren & Tindall 2005).

Buscando uma solução, Jiří Komárek e Stjepko Golubić propuseram um guia para a nomenclatura e tratamento taxonômico formal dos cianopracariotos. Porém, este guia não foi publicado e a ideia de criar regras nomenclaturais próprias para as cianobactérias não foi aceita pelos CINB e CNIP.

Assim, muito mais do que interferir no sistema nomenclatural das cianobactérias, a inclusão do ponto de vista bacteriológico no estudo destes organismos mudou também o tratamento taxonômico e até mesmo o conceito de espécie (Castenholz 1992, Johansen & Casamatta 2005). Dessa forma, atualmente a morfologia é apenas um dos critérios utilizados para distinguir estes procariotos, sendo também utilizados vários outros dados provindos de diversas áreas do conhecimento (figura 2), estabelecendo-se assim a taxonomia polifásica (Komárek 2005).

Com base nesta nova abordagem, grandes alterações estão sendo feitas na classificação das cianobactérias. Porém, devido à escassez de dados muitas dessas mudanças ainda estão em caráter transitório (Hoffmann et al. 2005), sendo necessária a ampliação e aquisição de informações para sustentar essas modificações.

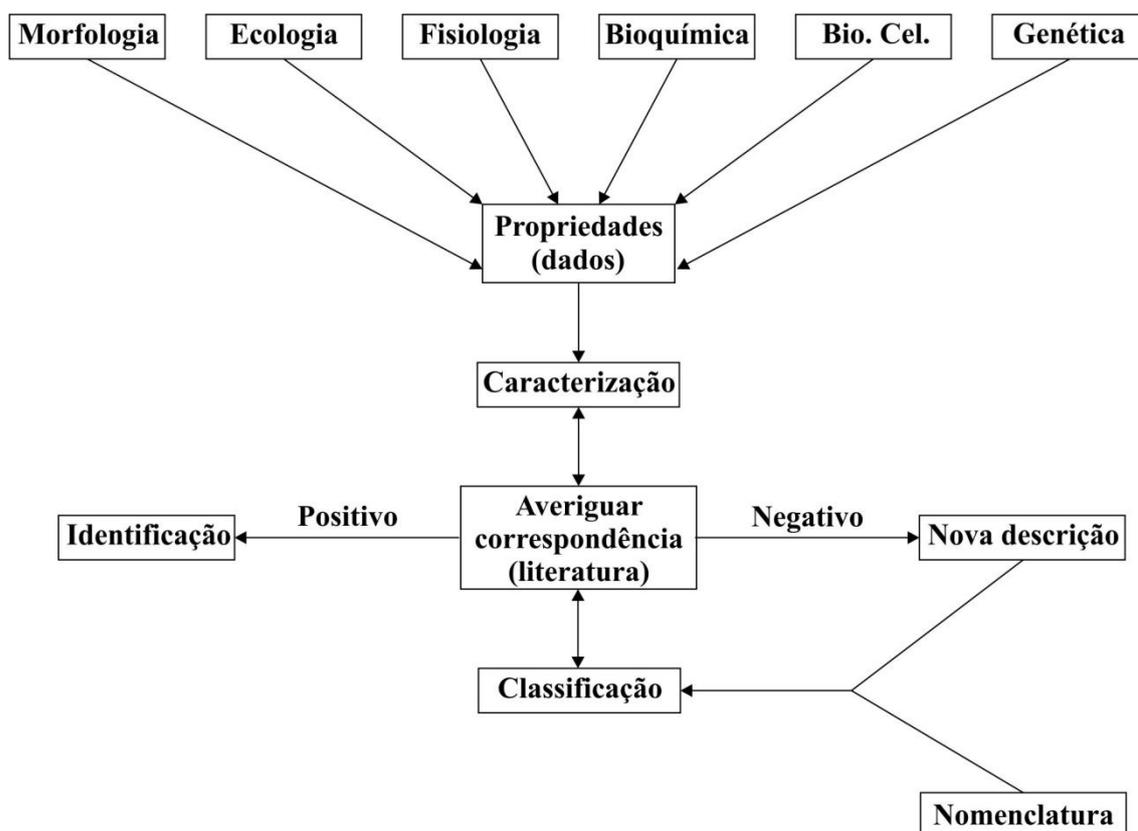


Figura 2: Esquema ilustrando os vários processos utilizados pela taxonomia polifásica durante a identificação, classificação e novas descrições de cianobactérias. Adaptado de Trüper & Schleifer (2006).

As cianobactérias unicelulares e coloniais

Características gerais

Apesar de aparentemente simples, as cocóides possuem grande complexidade. Assim como as outras cianobactérias, as unicelulares e coloniais também são comumente encontradas nos mais diversos tipos de ambientes, desde lagos eutróficos até rochas, cascas de árvores, desertos e fontes termais (Komárek & Anagnostidis 1998). Com esta vasta variabilidade de *habitats*, essas cianobactérias também apresentam ampla variabilidade fenotípica.

Em relação à forma celular, apesar de serem conhecidas como cocóides, esses procarionotes possuem diversos formatos de célula, desde tipicamente esféricas até elipsoidais, poliédricas, claviformes, etc. No entanto, a característica principal do grupo é a de nunca formar filamentos verdadeiros, sendo observada em alguns grupos apenas a formação de pseudofilamentos (Komárek & Anagnostidis 1986). Contudo, as células dos pseudofilamentos apenas estão linearmente alinhadas e não possuem ligações fisiológicas como ocorre nos filamentos verdadeiros.

Quanto à estrutura do talo, as cocóides podem apresentar-se unicelulares ou formando colônias, que são conjuntos de células envoltos por bainha mucilagínosa. Os talos coloniais também podem apresentar-se de várias formas, desde simples e compostos por subcolônias até parenquimatosos, heteropolares, arboriformes, etc. (Komárek & Anagnostidis 1998).

Todavia, a complexidade maior do grupo envolve os diferentes tipos de divisão celular e reprodução. Além da fissão binária, as células das cianobactérias cocóides também podem dividir-se de duas outras formas: fissão binária assimétrica e fissão múltipla (Komárek & Anagnostidis 1998). A fissão binária assimétrica ocorre, como o nome sugere, assimetricamente. Ou seja, ao final da mitose a citocinese acontece mais próxima a um dos polos da célula, gerando células-filhas desiguais. As células que passam por este processo podem ser isopolares (e.g. *Rhabdoderma*) ou heteropolares (e.g. *Chamaesiphon*). Neste último caso, as células-filhas produzidas são denominadas exócitos e podem ser liberadas individualmente ou em grupos. Por outro lado, a fissão múltipla sempre liberará várias células-filhas, conhecidas como baeócitos ou nanócitos. Este tipo de divisão é caracterizado por células que passam por vários processos de divisão simultaneamente ou repetidamente, com invaginação da membrana e compartimentalização do conteúdo celular (Kunkel 1984).

A diferença entre baeócitos e nanócitos é sutil, sendo que os baeócitos são envoltos por bainha rígida que se quebra ou gelatiniza durante a liberação e os nanócitos são envoltos por bainha gelatinosa delgada (Komárek & Anagnostidis 1998). Antes do entendimento aprofundado de como a fissão múltipla ocorria nas cianobactérias, nanócitos e baeócitos eram comumente chamados de endósporos. Contudo esta terminologia não está correta, uma vez que os endósporos são formados por outros processos, possuem função de esporos de resistência e não são observados na cianobactérias (Stanier & Cohen-Bazire 1977, Angert 2005). O termo planócito é utilizado para designar os baeócitos, exócitos e nanócitos quando estes apresentam movimento (Komárek & Anagnostidis 1998). Além dessas divisões celulares, a fissão binária nas cocóides pode ocorrer em um, dois, três ou mais planos de divisão. Quando em um plano de divisão, as células se dividem perpendicularmente ao eixo longitudinal (figura 3). É o processo mais simples de divisão, porém pode ser facilmente confundido com outros, pois após se dividirem as células reorganizam-se no restrito espaço da colônia (e.g. *Aphanothece hegewaldii* Kováčik), dando a impressão de tridimensionalidade (Kováčik 1988). Apesar disso, as células sempre e apenas se dividem perpendicularmente ao maior eixo. Em dois planos de divisão, as células inicialmente dividem-se ao longo do eixo latitudinal e a próxima divisão dá-se ao longo do eixo longitudinal da célula (figura 4). Quando as células dividem-se nesses planos dois arranjos de colônias podem ser formados: um regular (e.g. *Merismopedia*) e outro irregular (e.g. *Aphanocapsa*). Além disso, é comum, mas não regra, que colônias ocas tenham este tipo de divisão celular (e.g. *Coelosphaerium*, *Gomphosphaeria*, *Woronichinia*) (Komárek & Anagnostidis 1998).

As cocóides também podem dividir-se em três planos de divisão, sendo que neste caso as colônias terão um arranjo tridimensional (figura 5). Isso por que além dos dois planos descritos anteriormente, as células também se dividem frontalmente. Contudo, a divisão em três planos pode ocorrer regularmente, com as células retornando ao tamanho original antes da próxima divisão, ou então irregularmente, com as células dividindo-se seguidamente, sem retornar ao tamanho original da célula-mãe. Quando regular, o arranjo das células pode ser nitidamente cúbico (e.g. *Eucapsis*) ou totalmente desorganizado (e.g. *Microcystis*). No caso da divisão ocorrer irregularmente, as células originadas após a divisão terão diferentes tamanhos. Neste caso, é comum que a divisão ocorra em planos diferentes dos já descritos, o que dá características próprias às colônias, como o arranjo em leque (e.g. *Pseudocapsa*) (Komárek & Anagnostidis 1998).

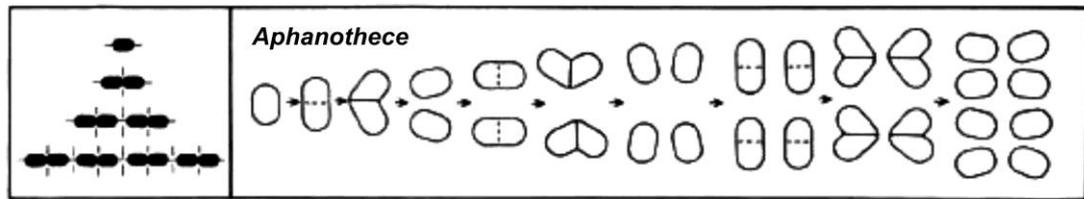


Figura 3: Exemplo da divisão celular em um plano no gênero *Aphanothece* (Kováčik 1988).

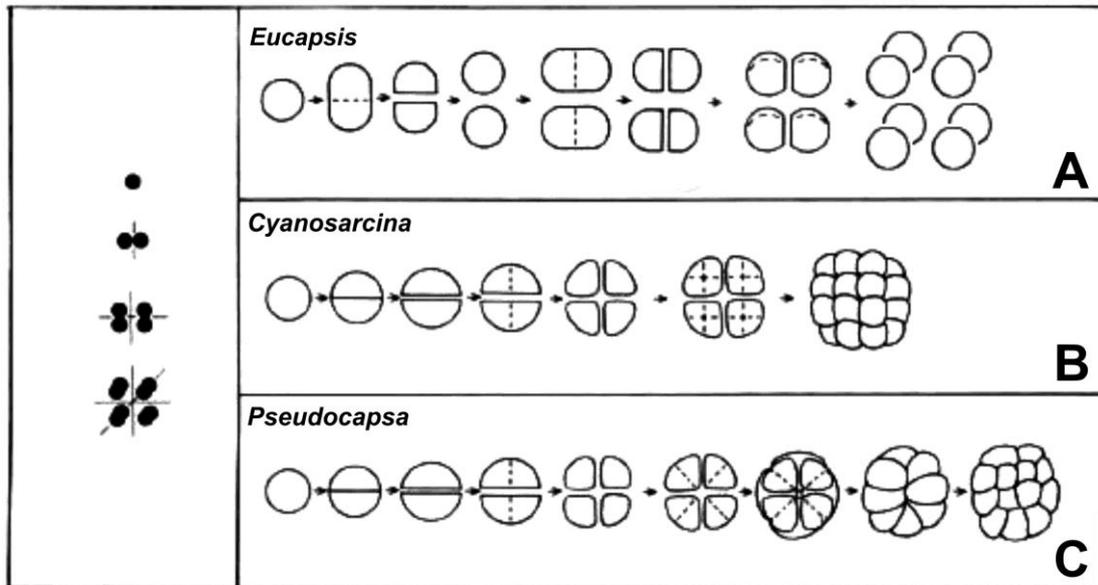


Figura 4: Exemplo da divisão em dois planos com células regularmente organizadas em *Merismopedia* (A) e desorganizadamente em *Aphanocapsa* (B) (adaptado de Kováčik 1988).

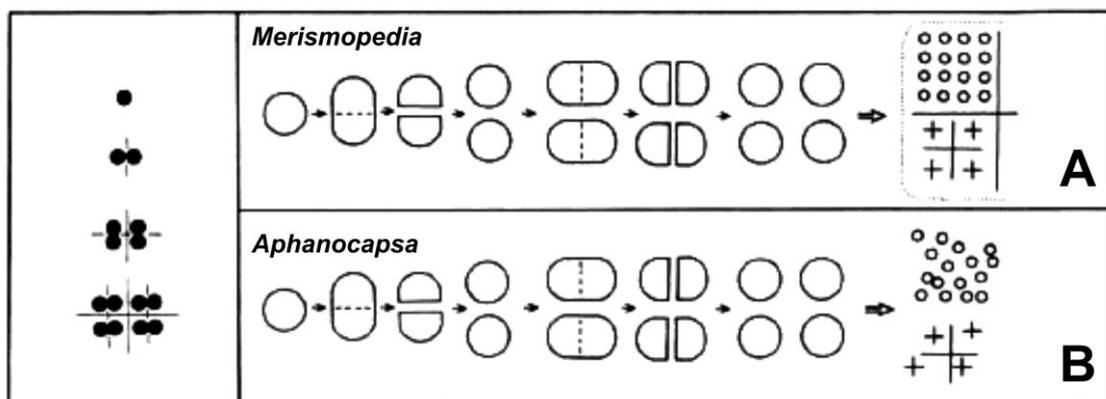


Figura 5: Exemplo da divisão em três planos regulares em *Eucapsis* (A), mais de três planos em *Cyanosarcina* (B) e formando arranjo em leque em *Pseudocapsa* (C) (adaptado de Kováčik 1988).

Apesar de serem amplamente utilizados para definir famílias e gêneros, os planos de divisão das cocóides são extremamente complexos. Kováčik (1988) realizou estudos em cultura e comprovou a existência e regularidade de todas as divisões descritas acima. Porém, este autor realizou um estudo detalhado e particular para cada linhagem, diferentemente da maioria dos táxons descritos em literatura cujos planos de divisão foram definidos com base apenas em material da natureza. Kováčik (1988) também comprovou para uma cepa de *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing que há a possibilidade de ocorrer modificações quanto ao número de planos de divisão dependendo da condição a qual o organismo está exposto. Desta forma, a utilização dessas características deve ser feita com bastante cautela, observando-se sempre um grande número de indivíduos em populações naturais e, sempre que possível, também analisando-se material cultivado.

Além dos diversos tipos de divisão celular, as cocóides também podem ter complexos ciclos de vida. Vários estágios podem ocorrer e a inter-relação entre eles pode não ser facilmente percebida. Um agravante é que várias das cianobactérias cocóides são dificilmente mantidas em culturas uniespecíficas (Stanier et al. 1971) e muitos grupos não crescem nos métodos de cultivo estabelecidos até o presente (Komárek & Komárková-Legnerová 2007).

Outro agravante é que quando cultivadas, é comum que as cocóides apresentem deformidades quanto ao arranjo das células, presença e coloração da bainha e características do conteúdo celular (Jiří Komárek comunicação pessoal). Além de dificultar a correlação entre populações observadas na natureza e outras mantidas em cultivo, essas deformidades geram sérios problemas, pois comprometem a identificação de populações observadas apenas em cultura. Isso reflete inclusive nas análises filogenéticas, uma vez que erros de identificação gerarão falsas relações.

Sistemas de classificação das cocóides

Diversos autores classificaram as cianobactérias unicelulares e coloniais valendo-se de diferentes características e dando pesos distintos para cada uma delas. Exemplos desta situação são as principais obras clássicas como Geitler (1925, 1932), Desikachary (1959) e Bourrelly (1970). Além disso, vários autores propuseram diferentes sistemas para classificação das cianobactérias e em Desikachary (1959) é possível ter-se noção de alguns deles.

Em relação aos trabalhos supracitados, Geitler (1925) divide as cocóides em quatro ordens e 7 famílias, enquanto Desikachary (1959) propõe três ordens e sete famílias.

Bourrelly (1970) considera três ordens e 10 famílias. Além da diferença no número, esses autores têm concepções bem distintas quanto a cada táxon, tanto no conceito como na posição sistemática. Contudo, todos estes sistemas basearam-se principalmente em características morfológicas, sobretudo em relação à forma do talo e processos de divisão celular.

Apesar de bastante criticado por ser fundamentado num conceito de espécie controverso, o sistema elaborado por Drouet & Daily (1956) e sumarizado em Drouet (1981) baseou-se no estudo de inúmeros materiais tipos de herbário. Segundo o conceito drouetiano de espécie, as cianobactérias são extremamente polimórficas, sendo esta variabilidade fenotípica fruto das características ambientais, não tendo um correspondente genético (Castenholz 1992). Utilizando-se deste conceito, Drouet & Daily (1956) sistematizaram as cocóides em apenas nove gêneros, distribuídos em três famílias e uma única ordem.

Com o avanço dos estudos e início da inclusão da abordagem polifásica na taxonomia das cianobactérias, Komárek & Anagnostidis (1986) propuseram um novo sistema de classificação, utilizando não apenas as características morfológicas, mas também os poucos dados obtidos até então sobre a ultraestrutura, ecologia, fisiologia e genética das cocóides. Assim, eles agruparam todas as cianobactérias unicelulares e coloniais em uma única ordem, Chroococcales, dividindo-a em sete famílias e diversas subfamílias. Posteriormente, este sistema de classificação foi atualizado em Komárek & Anagnostidis (1998), mantendo-se a única ordem Chroococcales, porém subdividindo-a em 11 famílias. Esta última obra contém descrições, ilustrações e comentários de boa parte das espécies de cocóides já descritas na literatura, o que muito contribuiu para sua aceitação e ampla utilização.

Como já discutido, as cianobactérias também passaram a ser estudadas do ponto de vista bacteriológico. Neste sentido, o sistema de classificação mais amplamente conhecido é o que consta no Manual Bergey de Sistemática Bacteriológica, volume 1 (Boone & Castenholz 2001). Contudo, Castenholz (2001) optou por adotar um conceito mais amplo de gênero, mantendo boa parte do que era considerado na versão anterior do Manual Bergey (Staley & Holt 1969). Esta alternativa foi tomada em razão do autor julgar que o número de sequências de genes obtidas e a quantidade de linhagens de cianobactérias bem estudadas em cultura, naquele momento, ainda eram insuficientes para sustentar um sistema de classificação real. Assim, a opção por um sistema de classificação com gêneros num sentido mais restrito seria prematura e teria que ser totalmente revisada num futuro breve, uma vez que vários estudos já mostravam a heterogeneidade de muitos gêneros. Dessa forma, este

sistema distribui as cocóides em 21 gêneros, classificados nas subseções I e II, sendo que a subseção II possui os subgrupos I e II (Castenholz 2001).

Porém, como previsto por Castenholz (2001), a ciência é dinâmica e à medida que novas espécies eram descobertas e novos dados eram adicionados à taxonomia das cianobactérias, a sistemática desses procariotos foi atualizando-se. Dessa forma, atualmente tem-se o sistema de classificação proposto por Hoffmann et al. (2005), que sugere a classificação das cianobactérias em subclasses. Este sistema foi principalmente embasado na análise do gene codificante do RNAr 16S e também na disposição dos tilacóides no citoplasma das cianobactérias. Assim, Hoffmann et al. (2005) classificam as cocóides em três subclasses, três ordens e 15 famílias. Contudo, esta classificação é provisória e muito do que consta nela ainda é incerto, principalmente devido à falta de dados genéticos e ultraestruturais, sobretudo em relação às cianobactérias unicelulares e coloniais. Apesar disso, é o sistema que mais se aproxima de uma construção filogenética real, principalmente em relação aos níveis taxonômicos superiores.

Komárek (2006) realizou modificações no sistema proposto por Hoffmann et al. (2005), mas, estas modificações restringiram-se apenas à transferência da família *Spirulinaceae* da ordem *Chroococcales* para a ordem *Oscillatoriales*, não interferindo na classificação dos outros grupos.

O Bioma Mata Atlântica

Segundo o IBGE (2004b) o termo bioma significa um conjunto de vida (vegetal e animal) definida pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, resultando em uma diversidade biológica própria. Dessa forma, são reconhecidos seis biomas brasileiros (figura 7).

Dentre esses biomas, a Mata Atlântica ocupa o terceiro lugar quanto ao tamanho de seu território, originalmente cobrindo 13,04% do Brasil. Contudo, atualmente este bioma foi reduzido drasticamente, restando-se cerca de 7% das áreas originais (MMA & SFP 1998). Parte dessa fragmentação é fruto do início da colonização do Brasil, quando este bioma foi intensamente explorado com a extração de pau-brasil (Diegues 1995). Além disso, os fragmentos restantes estão inseridos nas regiões brasileiras de maior densidade populacional, onde se concentram grandes centros urbanos como as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Com isso, a expansão urbana e industrialização, bem como o uso intenso do solo são grandes ameaças à manutenção do bioma (CEPF 2001). No estado de São Paulo, a Mata

Atlântica cobria originalmente 68% do estado, o que foi drasticamente reduzido para 10,7% de áreas florestais fragmentadas (SOS Mata Atlântica & INPE 2011).



Figura 7: Mapa dos biomas brasileiros (IBGE 2004a).

Mesmo assim, a Mata Atlântica concentra uma biodiversidade ímpar, com várias espécies endêmicas e altamente ameaçadas de extinção (CEPF 2001). Por isso, hoje ela é considerada um dos cinco principais *hostspots* de conservação da biodiversidade no mundo (Myers et al. 2000), sendo que toda esta biodiversidade está vinculada a grande variabilidade de florestas e ecossistemas associados que a formam.

O Bioma Mata Atlântica (BMA) é definido na Lei Federal 11428/2006 e pelo Decreto 6660/2008, e segundo estas normas este bioma constitui um complexo de várias formações vegetais, a distinguir-se (figura 8):

- Floresta Ombrófila Densa;
- Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias;
- Floresta Ombrófila Aberta;
- Floresta Estacional Semidecidual;

- Floresta Estacional Decidual;
- Campos de altitude;
- Áreas das formações pioneiras, conhecidas como manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais;
- Refúgios vegetacionais;
- Áreas de tensão ecológica;
- Brejos interioranos e encaves florestais, representados por disjunções de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual;
- Áreas de estepe, savana e savana-estépica;
- Vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas.

Esta elevada heterogeneidade, e consequente elevada biodiversidade da Mata Atlântica é resultado de vários fatores. Um dos mais importantes é a sua extensão em latitude, que abrange do 4° ao 32°S (Tabarelli et al. 2005). As variações altitudinais constituem outro importante fator que contribui para a ocorrência de alta diversidade biológica, dado que as matas se estendem do nível do mar a uma altitude de aproximadamente 2900 m, o que interfere com mudanças no tipo e profundidade dos solos e na temperatura média do ar (Mantovani 2003). Devido se estender pela costa brasileira, é inevitável a influência oceânica no bioma, principalmente no regime pluviométrico. Isso é notável quando se observam regiões distintas como a Serra do Mar, onde a pluviosidade pode chegar a 3600 mm anuais, e regiões interioranas, onde a taxa de pluviosidade anual cai consideravelmente, permanecendo em torno de 1300 mm anuais (Oliveira-Filho & Fontes 2000).

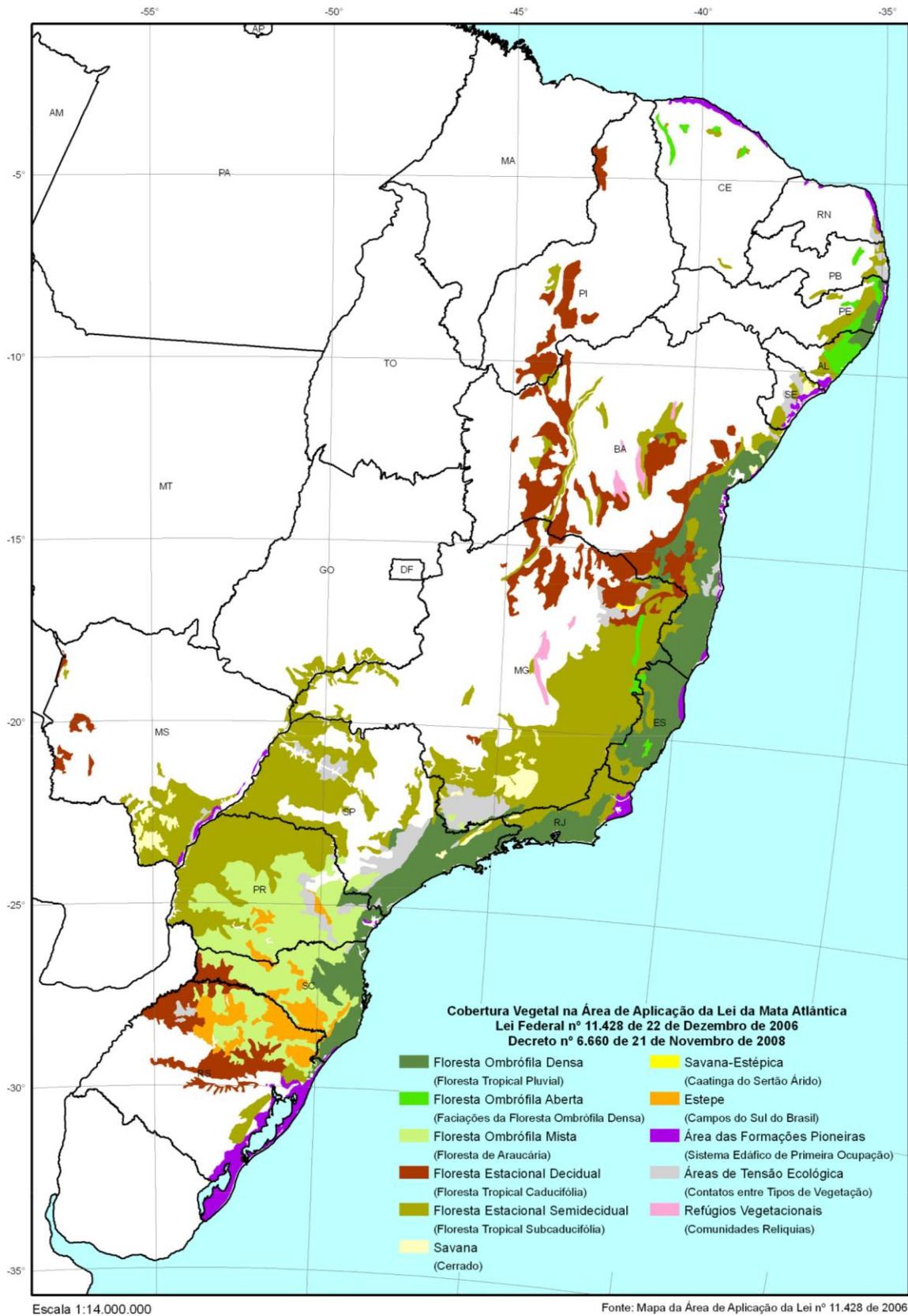


Figura 8: Cobertura original e extensão do Bioma Mata Atlântica conforme Lei Federal 11428/2006, Decreto 6660/2008. (Fonte: SOS Mata Atlântica & INPE 2011).

As cianobactérias nos ambientes terrestres da Mata Atlântica

Como visto, a Mata Atlântica é um complexo ecossistema formado por uma enorme variedade de *habitats* com características próprias, o que contribui para sua elevada biodiversidade da fauna e flora. Em relação às cianobactérias isso não pode ser diferente. Tomando-se como princípio que esses seres microscópicos são capazes de colonizar rochas, solos, folhas, troncos de árvores e vários outros substratos terrestres presentes na Mata Atlântica, o potencial deste bioma como *habitat* torna-se praticamente imensurável. Isso por que cada substrato está sujeito a condições e microclima específicos, o que acaba por ampliar em muito as possibilidades de ocupação pelas cianobactérias.

Apesar de ainda poucos quando comparados com os estudos de fauna e flora, os trabalhos realizados com as cianobactérias terrestres da Mata Atlântica mostram grande diversidade. Considerando apenas aqueles realizados ao longo da faixa litorânea e região da Serra do Mar do estado de São Paulo, ao todo já foram descobertas 25 espécies novas e três gêneros novos de cianobactérias nesta região, publicados em 17 artigos científicos (Sant'Anna 1988, Silva & Sant'Anna 1988, Azevedo 1991, Sant'Anna et al. 1991a,b, Azevedo & Sant'Anna 1993, Azevedo & Sant'Anna 1994a,b, Branco et al. 1994, Azevedo & Kováčik 1996, Komárek 2003b, Branco et al. 2006a, Fiore et al. 2007, Sant'Anna et al. 2007, Sant'Anna et al. 2010, Sant'Anna et al. 2011a,b).

Porém, a maior parte destes estudos relata novos táxons de Nostocales, inclusive todos os três novos gêneros propostos, *Brasilonema*, *Ophiothrix* e *Streptostemon*. Em relação às espécies, a maior parte também corresponde a este grupo, com 14 espécies no total, sendo que as cocóides possuem seis e os filamentos homocitados cinco novas espécies. Possivelmente as cianobactérias heterocitadas sejam realmente as mais abundantes nos ambientes terrestres da Mata Atlântica, por serem capazes de fixar nitrogênio mais eficientemente. Porém, estas diferenças em relação ao número de espécies por grupo provavelmente também são resultado da falta de estudos direcionados especificamente às cocóides e aos filamentos homocitados.

Dentre os trabalhos já realizados especificamente com as cianobactérias unicelulares e coloniais em ambientes terrestres da Mata Atlântica, Sant'Anna et al. (1991b), Branco et al. (1996) e Branco et al. (2009) são os mais abrangentes. Sant'Anna et al. (1991b) desenvolveram um estudo na Gruta-que-chora e relataram 16 espécies de cocóides, sendo o gênero *Cyanostylon* e as espécies *Aphanothece castagnei*, *A. pallida*, *Gloeocapsa rupestres*, *G. sanguinea* e *Gloeothece palea* novas citações para o Brasil. Branco et al. (1996)

realizaram o estudo das cianobactérias de mangues da Ilha do Cardoso, relatando 14 espécies, sendo que *Cyanocystis sphaeroidea* (Setchell & Gardner) Komárek & Anagnostidis, *Xenococcus acervatus* Setchell & Gardner e o gênero *Chroococidiopsis* foram registrados pela primeira vez para o Brasil. Branco et al. (2009) investigaram as cianobactérias de áreas ao longo da costa do estado de São Paulo, em áreas localizadas principalmente na Serra do Mar. Neste estudo, os autores realizaram coletas sobre rochas, cascas de árvores e solo e identificaram um total de 12 táxons de cocóides.

Considerando estes três trabalhos e também aqueles que descrevem espécies novas, ao todo foram relatados 45 táxons de cocóides para ambientes terrestres da faixa costeira do estado de São Paulo, distribuídos em 12 trabalhos (Azevedo 1991, Sant'Anna et al. 1991a, Azevedo & Sant'Anna 1994a,b, Branco et al. 1994, Azevedo et al. 1996, Azevedo & Kovácik 1996, Branco et al. 1996, Büdel et al. 2002, Branco et al. 2009, Sant'Anna et al. 2011b).

Em relação às áreas interiores de Mata Atlântica, onde concentram-se fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, recentemente Lemes-da-Silva et al. (2010) descreveram quatro novas espécies de *Aphanothece*, todas originalmente coletadas sobre cascas de árvores. Isso mostra que a diversidade das cocóides seguramente é maior do que aquela atualmente conhecida e estudos específicos com este grupo em todas as áreas de Mata Atlântica são imprescindíveis.

Material e Métodos

Áreas de estudo

As regiões estudadas estão incluídas no Bioma Mata Atlântica definido pela Lei Federal 11428/2006 e pelo Decreto 6660/2008, constituindo-se basicamente de áreas de Floresta Ombrófila Densa e ecossistemas associados (restinga e mague) (SOS Mata Atlântica & INPE 2011). Esses ambientes são caracterizados por fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas e de alta precipitação bem distribuídas durante o ano, o que praticamente leva à ausência de períodos secos.

As áreas de coleta localizam-se na região de maior concentração de fragmentos conservados de Mata Atlântica do estado de São Paulo (figura 9) e estão caracterizadas abaixo:

• **Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia** (23°17' a 23°24' S - 45°03' a 45°11' W)

Está localizado na zona tropical, ocupa áreas de quatro municípios do Vale do Paraíba: São Luís do Paraitinga, Cunha, Ubatuba e Natividade da Serra. Além disso, o Núcleo Santa Virgínia está localizado no alto da Serra do Mar, com altitudes que variam de 870 a 1.160 m. A área é coberta por floresta primária (Floresta Ombrófila Densa), entremeada por manchas de floresta atlântica em regeneração. O clima é subtropical úmido com pluviosidade média anual de 2.500 mm (Padgurschi et al. 2011). O total mensal de chuvas é em média maior que 100 mm na estação chuvosa (de outubro a março) e inferior a 30 mm na estação seca (abril a setembro) (Hartmann et al. 2009). Na época mais fria, entre os meses de junho e setembro, é comum a região ficar coberta por neblina, com curtos períodos do dia com céu aberto, geralmente no meio do dia. A média anual de temperatura mantém-se em torno de 20,8 °C (Hartmann et al. 2009).

• **Parque Estadual da Ilha do Cardoso** (25°03' a 25°18' S e 47°53' a 48°05' W)

Está localizado na zona subtropical e inserido no Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia-Paranaguá, no litoral sul de São Paulo, divisa com o Paraná. É um complexo ecossistema formado por costões rochosos, dunas, Floresta Ombrófila Densa, manguezais e extensa restinga que cobre a maior parte da planície litorânea da Ilha. Além disso, no interior da Ilha podem-se observar montanhas com extensas

faixas florestais, sendo que pontos de maior altitude ultrapassam 800 metros. O clima é do tipo equatorial, megatérmico superúmido sem estação seca definida e com excesso de chuvas no verão (Funari et al. 1987). As temperaturas médias anuais variam entre 20 a 22 °C com amplitudes relativamente baixas e a precipitação média anual matém-se em torno de 2000 mm (Gutjarhr 1993).

• **Estação Ecológica Juréia-Itatins** (24°18' a 24°37' S e 47°00' a 47°31' W)

Está localizada na zona subtropical, na região sul do litoral de São Paulo denominada Vale do Ribeira e abrange os municípios de Iguape, Miracatu, Itariri e Peruíbe. Esta é umas das maiores áreas protegidas do Bioma Mata Atlântica do estado de São Paulo e caracteriza-se por abrigar vasta vegetação representada pela Floresta Ombrófila Densa, vegetação higrófila, restinga e mague (Martins et al. 2008). O clima da região é subtropical úmido sem estação seca definida, com pluvisiodade anual média de 2277,8 mm, sendo a temperatura média anual variando entre 17,8-25,2°C (Tarifa 2004).



Figura 9: Localização das áreas de coleta no estado de São Paulo. 1: Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia; 2: Estação Ecológica Juréia-Itatins; 3: Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Áreas hachuradas representam os fragmentos de Mata Atlântica restantes. Adaptado de SOS Mata Atlântica & INPE (2011).

Amostragem e métodos de coleta

Ao todo foram coletadas 264 amostras, sendo 52 no Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Santa Virgínia), 63 no Parque Estadual da Ilha do Cardoso e 149 na Estação Ecológica Juréia-Itatins. Para cada amostra foram feitas fotografias do substrato e anotadas as condições as quais ele estava exposto, como localização e aspectos em relação à umidade e incidência luminosa. Todas essas avaliações foram realizadas visualmente.

A localização geográfica dos pontos amostrados foi realizada de duas formas. Para as amostras coletadas nos parques da Ilha do Cardoso e Santa Virgínia, as coordenadas geográficas foram estimadas utilizando-se o programa Google Earth versão 6.1.0.500 e para as da Estação Ecológica Juréia-Itatins utilizou-se GPS Garmin, modelo eTrex Vista HCx.

Em todas as áreas amostradas foram coletados materiais sobre solos, cascas de árvores e rochas. Também foram amostrados substratos artificiais, como concreto, paredes, postes, corda e telhado, com o objetivo de abranger-se a maior variabilidade possível de *habitats* presente em cada localidade (figura 10).

As amostras foram coletadas através da raspagem do substrato com espátula e quando necessário, utilizou-se água destilada para facilitar a raspagem. Todo material coletado foi dividido em duas partes, sendo uma fixada em solução de formol 4% e outra seca a temperatura ambiente e armazenada em sacos de papel.

Além das amostras coletadas nas áreas supracitadas, outras três amostras coletadas em diferentes localidades também foram analisadas no presente estudo: uma proveniente da Gruta-que-chora, região da cidade de Ubatuba (SP), uma do Instituto de Botânica, São Paulo (SP) e outra do Horto Florestal de Campos do Jordão, Campos do Jordão (SP).

Análise das amostras

Todas as amostras coletadas passaram por uma triagem inicial a fim de selecioná-las. Para tanto foram observadas duas lâminas de cada amostra, sendo eliminadas aquelas amostras que não continham populações representativas o suficiente para serem identificadas. Nesta triagem também foram excluídas amostras que continham apenas algas, fungos, líquens ou briófitas. Dessa forma, 57 amostras foram incluídas no presente estudo e apenas estas foram analisadas detalhadamente. Posteriormente, todas foram depositadas em solução líquida de formol 4% no Herbário Científico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) do Instituto de Botânica, São Paulo, SP e estão detalhadas abaixo:

1. **SP 400963** - BRASIL. São Paulo: Campos do Jordão, **Horto Florestal** (22°41'26.3''S; 45°28'51.4''W), col. *C.L. Sant'Anna, M.T.P. Azevedo & J. Komárek, s.n.*, **08.XI.2002**.
2. **SP 401417** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Salto Grande** (23°20'16''S e 45°09'01''W), col. *W.A. Gama-Jr., 03.*, **22.II.2010**.
3. **SP 401418** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Salto Grande** (23°20'16''S e 45°09'01''W), col. *W.A. Gama-Jr., 08.*, **22.II.2010**.
4. **SP 401419** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Salto Grande** (23°20'16''S e 45°09'01''W), col. *W.A. Gama-Jr., 10*, **22.II.2010**.
5. **SP 401420** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Salto Grande** (23°20'16''S e 45°09'01''W), col. *W.A. Gama-Jr., 19*, **22.II.2010**.
6. **SP 401421** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Sede da Administração** (23°20'12''S e 45°08'44''W), col. *W.A. Gama-Jr., 24*, **23.II.2010**.
7. **SP 401422** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Base Itamambuca** (23°20'36''S e 45°07'44''W), col. *W.A. Gama-Jr., 25*, **24.II.2010**.
8. **SP 401423** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Base Itamambuca** (23°20'36''S e 45°07'44''W), col. *W.A. Gama-Jr., 26*, **24.II.2010**.
9. **SP 401424** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Base Itamambuca** (23°20'36''S e 45°07'44''W), col. *W.A. Gama-Jr., 28*, **24.II.2010**.

10. **SP 401425** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Base Itamambuca** (23°20'36"S e 45°07'44"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 30, **24.II.2010**.
11. **SP 401426** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 34, **24.II.2010**.
12. **SP 401427**- BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 35, **24.II.2010**.
13. **SP 401428**- BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 37, **24.II.2010**.
14. **SP 401429**- BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 40, **24.II.2010**.
15. **SP 401430**- BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 42, **24.II.2010**.
16. **SP 401431** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 44, **24.II.2010**.
17. **SP 401432** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 46, **24.II.2010**.
18. **SP 401433** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Sede do alojamento** (23°20'10"S e 45°08'44"W), col. W.A. *Gama-Jr.*, 48, **24.II.2010**.

19. **SP 401434** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Sede do alojamento** (23°20'10"S e 45°08'44"W), col. *W.A. Gama-Jr.*, 49, **24.II.2010**.
20. **SP 401435** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Sede do alojamento** (23°20'10"S e 45°08'44"W), col. *W.A. Gama-Jr.*, 51, **24.II.2010**.
21. **SP 401436** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Trilha das Antas** (25°04'12"S e 47°55'27"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 62, **26.VI.2010**.
22. **SP 401437** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Sede do parque** (25°04'08"S e 47°55'88"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 82, **29.VI.2010**.
23. **SP 401438** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Sede do parque** (25°04'08"S e 47°55'88"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 83, **29.VI.2010**.
24. **SP 401439** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Sede do parque** (25°04'08"S e 47°55'88"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 84, **29.VI.2010**.
25. **SP 401440** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Sede do parque** (25°04'08"S e 47°55'88"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 87, **29.VI.2010**.
26. **SP 401441** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Manguezal próximo à sede** (25°04'46"S e 47°55'18"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 88, **29.VI.2010**.
27. **SP 401442** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Poço das Antas e redondezas** (25°05'08"S e 47°55'30"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 97, **30.VI.2010**.

28. **SP 401443** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Poço das Antas e redondezas** (25°05'08"S e 47°55'30"W), col. W.A. *Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 98, **30.VI.202010**.
29. **SP 401444** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Poço das Antas e redondezas** (25°05'08"S e 47°55'30"W), col. W.A. *Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 100, **30.VI.202010**.
30. **SP 401445** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Poço das Antas e redondezas** (25°05'08"S e 47°55'30"W), col. W.A. *Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 108, **30.VI.2010**.
31. **SP 401446** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, **Pousada Recanto do Mar** (25°01'16"S e 47°55'31"W), col. W.A. *Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 111, **30.VI.2010**.
32. **SP 401447** - BRASIL. São Paulo: Cananéia, **Pousada Recanto do Mar** (25°01'16"S e 47°55'31"W), col. W.A. *Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 113, **30.VI.2010**.
33. **SP 401448** - BRASIL. São Paulo: Ubatuba, Praia do Sununga, **Gruta-que-chora** (23°31'S e 45°08'W), col. *M.T. Fujii et al. s.n.*, **12-IV-2003**.
34. **SP 401449** - BRASIL. São Paulo: São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Santa Virgínia, **Cachoeira do Ipiranga** (23°20'35"S e 45°08'17"W), col. W.A. *Gama-Jr.* 36, **24.II.2010**.
35. **SP 427304** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Foz do rio Una/Restinga** (24° 26.392'S e 47° 04.536'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 122, **15.VIII.2011**.
36. **SP 427305** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Foz do rio Una/Restinga** (24° 26.420'S e 47° 04.588'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 125, **15.VIII.2011**.
37. **SP 427307** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Foz do rio Una/Restinga** (24° 26.162'S e 47° 03.773'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 139, **15.VIII.2011**.

38. **SP 427310** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Praia Barra do Una** (24° 24.146'S e 47° 03.648'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 145, **15.VIII.2011**.
39. **SP 427312** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Foz do rio Guaraú** (24° 22.783'S e 47° 01.287'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 162, **16.VIII.2011**.
40. **SP 427313** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Foz do rio Guaraú** (24° 22.796'S e 47° 01.231'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 163, **16.VIII.2011**.
41. **SP 427316** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Trilha praia do Arpoador** (24° 23.311'S e 47° 00.940'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 179, **16.VIII.2011**.
42. **SP 427318** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Praia do Arpoador** (24° 23.368'S e 47° 00.671'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 188, **16.VIII.2011**.
43. **SP 427320** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Praia do Arpoador** (24° 23.737'S e 47° 00.699'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 198, **16.VIII.2011**.
44. **SP 427321** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Trilha Itinguçu** (24° 22.694'S e 47° 04.793'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 215, **16.VIII.2011**.
45. **SP 427322** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Trilha Itinguçu** (24° 22.685'S e 47° 04.797'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 217, **16.VIII.2011**.
46. **SP 427323** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Trilha Itinguçu** (24° 22.747'S e 47° 04.729'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 223, **16.VIII.2011**.

47. **SP 427324** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Estrada cachoeira Paraíso** (24° 23.013'S e 47° 04.836'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 229, **17.VIII.2011**.
48. **SP 427325** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Estrada cachoeira Paraíso** (24° 23.002'S e 47° 04.839'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 235, **17.VIII.2011**.
49. **SP 427326** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Estrada cachoeira Paraíso** (24° 23.018'S e 47° 04.847'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 236, **17.VIII.2011**.
50. **SP 427328** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Trilha cachoeira Paraíso** (24° 23.842'S e 47° 07.252'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 238, **17.VIII.2011**.
51. **SP 427330** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Cachoeira Paraíso** (24° 23.708'S e 47° 07.324'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 252, **17.VIII.2011**.
52. **SP 427331** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Cachoeira Paraíso** (24° 23.703'S e 47° 07.330'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 254, **17.VIII.2011**.
53. **SP 427333** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Alojamento Itinguçu** (24° 22.739'S e 47° 04.719'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 260, **17.VIII.2011**.
54. **SP 427334** - BRASIL. São Paulo: Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins, **Alojamento Itinguçu** (24° 22.739'S e 47° 04.719'W), col. W.A. *Gama-Jr.*, G.S. *Hentschke*, C.F.S. *Malone* & C.L. *Sant'Anna*, 263, **17.VIII.2011**.
55. **SP 427335** - BRASIL. São Paulo: São Paulo, Instituto de Botânica, **Escada em frente ao Núcleo de Pesquisa em Ficologia** (23°38'32''S e 46°37'21''W), col. W.A. *Gama-Jr.*, s.n., **29.XI.2011**.

56. SP 427336 - BRASIL. São Paulo: Cananéia, Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Núcleo Perequê, **Trilha das Antas** (25°04'12"S e 47°55'27"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 64, **26.VI.2010**.

57. SP 427337 - BRASIL. SÃO PAULO: Cananéia, **Pousada Recanto do Mar** (25°01'16"S e 47°55'31"W), col. *W.A. Gama-Jr. & C.F.S. Malone*, 115, **30.VI.2010**.

Para cada amostra foram realizadas ao menos cinco lâminas, a fim de obter-se a maior representatividade possível das populações nela presentes. Para evitar alterações causadas por fixadores, foram prioritariamente analisadas amostras conservadas a seco, sendo estas hidratadas com água destilada em placas de Petri por no mínimo quatro horas antes da observação ao microscópio.

A observação das amostras foi realizada em microscópio óptico Zeiss, modelo Axioplan-2, equipado com câmara clara, ocular de medição e dispositivo de epifluorescência.

O sistema de epifluorescência foi utilizado para evidenciar a presença de ficocianina (filtro verde: excitação na faixa de 546 nm) e clorofila *a* (filtro azul: excitação na faixa de 450-490 nm), que possibilita a distinção entre cianobactérias (que apresentam clorofila *a* e ficocianina) e eubactérias (que não apresentam ambos os pigmentos).

O material foi fotografado através de câmera digital Canon SD890 IS adaptada à ocular micrometrada do microscópio e os dados métricos foram obtidos analisando as fotografias por meio do programa Carl Zeiss AxioVision Rel. 4.6.3. Sempre que possível, o mínimo de 30 indivíduos de cada táxon foi analisado a fim de se registrar a variabilidade morfométrica populacional.

Nas descrições, as medidas são apresentadas com os limites métricos máximo e mínimo da população. Os dados métricos considerados discrepantes, por representarem medidas ocasionais e sem sequência imediata com os limites obtidos, estão incluídos entre parênteses. As medidas celulares referem-se sempre às células sem bainha, com exceção das medidas de esporos de resistência, pois na maioria destes a densidade da bainha impedia a delimitação entre a célula e o envoltório. As medidas das colônias englobam sempre a bainha, sendo feitas em sua maior extensão.

Para evidenciar a bainha mucilagínosa utilizou-se solução aquosa de azul de metileno na proporção de 1:1 e nanquim, sempre que necessário.

Estudo taxonômico

A identificação taxonômica foi realizada, sempre que possível, em nível específico, tendo-se como ponto de partida as obras de Komárek & Anagnostidis (1986, 1998), principalmente em relação aos gêneros. As descrições originais dos táxons também foram analisadas sempre que necessário, para que o conceito inicial fosse preservado e comparado com os demais estudos.

É importante mencionar que os trabalhos de regiões tropicais foram priorizados (e.g. Wille 1914, Gardner 1927, Frémy 1930, Skuja 1949, Desikachary 1959), pois os ambientes estudados concentram-se nesta faixa. Porém, devido à escassez desses trabalhos para as cocóides, foi inevitável a comparação com material de regiões temperadas.

Informações sobre a obra, autor e ano de descrição das espécies foram consultadas no *Index Nominum Algarum* e sempre que possível nas obras originais, principalmente quando observadas contradições.

O sistema de classificação adotado foi o de Hoffmann et al. (2005) para as categorias taxonômicas superiores a família e para categorias iguais ou inferiores a família foi adotada a classificação proposta por Komárek & Anagnostidis (1986, 1998). Adotou-se o termo “Chroococcales *sensu lato*” para referir-se a todas as cianobactérias unicelulares e coloniais, comumente tratadas como cocóides e classificadas em única ordem por Komárek & Anagnostidis (1986, 1998) – Chroococcales – e atualmente classificadas em duas ordens por Hoffmann et al. (2005) – Synechococcales e Chroococcales.

Cada táxon deste estudo teve a ocorrência feita apenas para o estado de São Paulo, baseando-se principalmente no trabalho de Sant’Anna et al. (2011c). Apenas quando o gênero ou espécie corresponderam a novos registros para o Estado ou para o país esta informação foi ressaltada nos comentários.

No presente trabalho, o termo “terrestre” refere-se a todos os ambientes que estão em contato com a atmosfera, incluindo aqueles que temporariamente podem estar em contato com algum aporte intermitente de água (e.g. substratos próximos a rios e cachoeiras).

Estudos em cultura

As amostras da natureza foram colocadas em cultivo em meios ASM-1 e BG11, líquidos e sólidos. Para melhorar a eficiência do cultivo, inicialmente foram feitos testes para avaliar-se o efeito da condição sólida e líquida nos organismos cultivados. Estes testes foram feitos cultivando-se as linhagens e avaliando-se visualmente o crescimento macroscópico das cianobactérias por 30 dias.

Em todos os casos avaliados, este crescimento mostrou-se igual ou muito semelhante em ambas às condições. Como o meio em estado líquido é mais manuseável que o sólido, o primeiro estado foi escolhido em relação ao segundo. Assim, o meio sólido foi utilizado apenas para isolamento por plaqueamento e para estudos de variabilidade morfológica, quando estes foram necessários.

Para preparo dos meios de cultura, tanto BG11 como ASM-1, foram seguidas três etapas: preparo das soluções estoque de nutrientes, preparo do meio concentrado e dissolução do meio concentrado para uso.

Os nutrientes e suas respectivas quantidades para preparo das soluções estoque, bem como as proporções dessas soluções para produção do meio concentrado, estão descritos nas tabelas 1 e 2.

Após preparo dos meios concentrados, estes tiveram o pH ajustado para 7,4 e foram mantidos congelados até o uso. Para utilização, o meio concentrado foi totalmente descongelado, homogeneizado e então diluído em água deionizada nas seguintes proporções:

- BG11: 81 mL de meio concentrado para 1.000 mL de água deionizada;
- ASM-1: 22,5 mL de meio concentrado para 1.000 mL de água deionizada.

O meio líquido foi distribuído em tubos de ensaios em volume de 17 mL para cada tubo. Em seguida foram tampados com rolhas de algodão/gaze e então autoclavados durante 30 minutos à temperatura de 125 °C e pressão de 1,2 atm.

O meio sólido foi preparado a partir da adição de ágar na proporção de 10g de ágar para 1L de meio líquido, sendo autoclavado nas mesmas condições descritas acima e distribuído em placas de Petri previamente esterilizadas.

Durante o processo de isolamento foi adicionado aos meios de cultivo, tanto sólido como líquido, o antibiótico cicloheximida para evitar o crescimento de eucariontes (fungos e algas). Porém, esta droga perde ação quando posta em temperatura acima de 50°C. Por este motivo, os meios foram autoclavados e somente após esfriarem foi adicionada a cicloheximida. O isolamento das cianobactérias deu-se por plaqueamento e pescaria, sendo este último método o mais frequentemente utilizado.

Tabela 1: Concentração e quantidade das soluções estoque de cada nutriente utilizado para confecção do meio concentrado BG11, conforme Rippka (1979).

Soluções estoques de nutrientes	Concentração (g.l ⁻¹)	Quantidade para meio concentrado (mL)
EDTA	0,1	200
Citrato férrico amoniacal	0,6	200
Solução de metais traços *	(*)	20
NaNO ₃	150,0	200
K ₂ HPO ₄ + 3H ₂ O	4,0	200
MgSO ₄ + 7H ₂ O	7,5	200
CaCl ₂ + 2H ₂ O	3,6	200
Na ₂ CO ₃	2,0	200
Ácido cítrico	0,6	200

* Nutrientes e respectivas quantidades para preparo de 1L de solução estoque de metais traços utilizada para preparo de meio BG11 concentrado:

Nutrientes	Quantidade (g)
H ₃ BO ₃	2,86
MnCl ₂ + 4H ₂ O	1,81
ZnSO ₄ + 7H ₂ O	0,222
NaMoO ₄	0,39
CuSO ₄ + 5H ₂ O	0,079
Co(NO ₃) ₂ + 6H ₂ O	0,0494

Tabela 2: Quantidades de nutrientes para cada solução estoque e as respectivas quantidades dessas soluções para preparo do meio ASM-1 concentrado, modificado de Gorham et al. (1964) e Zagatto & Aragão (1992).

Soluções estoque (1L)	Nutrientes	Quantidade (g)	Quantidade para meio concentrado (mL)
Sol. A	NaNO ₃	8,5	400
	MgSO ₄ + 7H ₂ O	2,45	
	MgCl ₂ + 6H ₂ O	2,05	
	CaCl ₂ + 2H ₂ O	1,45	
Sol. B	KH ₂ PO ₄	8,7	40
	Na ₂ HPO ₄ + 12H ₂ O	17,8	
Sol. C	H ₃ BO ₃	28,4	2
	MnCl ₂ + 4H ₂ O	13,9	
	FeCl ₂ + 6H ₂ O	10,8	
	ZnCl ₂	3,35	
	CoCl ₂ + 6H ₂ O	0,19	
	CuCl ₂ + 2H ₂ O	0,014	
Sol. D	EDTA	18,6	8

O processo de pescaria consiste em separar e inocular apenas um organismo de cada espécie por tubo, como descrito a seguir:

Em uma lâmina flambada coloca-se uma gota da amostra, composta por diferentes espécies, e várias gotas de meio de cultivo. Ao microscópio óptico (ocular de 10 e 20 x), com o auxílio de uma pipeta de Pasteur afilada no fogo, retiram-se organismos de interesse da gota da amostra, transferindo-os para a gota com meio de cultivo limpo. Este processo é realizado sucessivamente, até que se obtenha apenas um organismo na gota de meio limpo. Após este procedimento, o espécime isolado é transferido para um tubo de ensaio com cerca de 7 mL de meio.

Quando feita a inoculação do material em placas de Petri e tubos de ensaio, estes foram observados apenas depois de 20 dias, período mínimo de crescimento estabelecido. Se após este período não fosse visualizada qualquer massa macroscópica no meio de cultura, aguardava-se até 40 dias e caso os meios continuassem sem biomassa aparente, esses eram descartados. Este tempo foi adotado devido ao crescimento lento de algumas linhagens.

Para evitar o crescimento de cianobactérias oportunistas, principalmente representantes da família Pseudanabaenaceae, os tubos recém-inoculados foram mantidos sob agitação constante durante 20 dias e a partir daí realizada a pescaria.

Ressalta-se que todos os procedimentos de isolamento e manipulação de meios e materiais esterilizados foram realizados no interior de câmara de fluxo laminar previamente esterilizada por meio de luz UV durante 30 minutos.

As linhagens isoladas foram incluídas na Coleção de Cultura do Instituto de Botânica (CCIBt) e são mantidas em condições controladas, conforme segue: temperatura 23 ± 1 °C, irradiância 40-50 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e fotoper\u00edodo 14-10h claro-escuro, sendo repicadas a cada 30 dias.

Cada uma das cepas analisadas no presente estudo teve uma al\u00edquota depositada no Herb\u00e1rio Cient\u00edfico do Estado “Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo” (SP) e est\u00e3o listadas abaixo:

1. **SP 427338** - CCIBt 3416: *Myxosarcina* sp.
2. **SP 427339** - CCIBt 3411: *Cyanosarcina* sp.
3. **SP 427340** - CCIBt 3420: *Pleurocapsa* sp.
4. **SP 427348** - CCIBt 3408: *Chroococidiopsis* sp.
5. **SP 427349** - CCIBt 3406: *Chroococcus* cf. *minor*
6. **SP 427350** - CCIBt 3410: *Chroococcus* cf. *turgidus*
7. **SP 427303** - CCIBt 3494: *Myxosarcina* sp.

Análise molecular

As análises moleculares apresentadas neste trabalho foram realizadas pela Dra. Marli F. Fiore e sua equipe, do Laboratório de Ecologia Molecular de Cianobactérias do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), em Piracicaba, SP.

Extração de DNA e amplificação por PCR dos genes de RNAr 16S

Para a extração do DNA genômico das linhagens de cianobactérias analisadas utilizou-se 3 mL de cultura, sendo as células precipitadas por centrifugação (10.000 x g, 15 min). Após este processo o sobrenadante foi retirado e o pélete formado foi lavado com água ultrapura esterilizada (Milli-Q, Millipore, Bedford, MA, EUA), para que os resíduos do meio de cultura fossem retirados. Neste processo utilizou-se 1 mL de água ultrapura para cada pélete, sendo estes homogeneizados em *vortex* e centrifugados novamente como descrito acima. Este procedimento foi repetido por três vezes. A extração e purificação do DNA genômico foram realizadas seguindo o método descrito em Fiore et al. (2000). Aliquotas (5 µl) dos DNAs extraídos foram acrescidos de tampão de carregamento (ficol 15%, azul de bromofenol 0,25%, xilenocianol 0,25%) e a integridade dos mesmos foi verificada em gel de agarose 1,2%, contendo brometo de etídio (0,3 µg/mL de gel), após corrida eletroforética em tampão 0,5 X TBE (1 X TBE: Tris-borato 45 mM, EDTA 1 mM, pH 8,0). A documentação do gel foi feita usando o programa “Multi Analyst” do “Fluor-S™ MultiImager” (BioRad, Hercules, CA, EUA). Como padrão de tamanho de DNA foi utilizado o marcador molecular Lambda DNA/EcoR I + Hind III (Promega, Madison, WI, EUA). O DNA genômico foi armazenado a temperatura de -20°C até o momento do próximo uso.

A amplificação por PCR do gene codificante do RNAr 16S foi feita utilizando-se os seguintes oligonucleotídeos iniciadores (*primers*): 27F1 (5'AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') e 1494Rc (5' TACGGCTACCTTGTTACGAC 3') (Neilan et al. 1997). Esta amplificação foi realizada em solução contendo: tampão para a reação PCR 1X (20mM Tris HCl pH 8,4; 50 mM KCl); 0,2 mM de cada dNTP; 3 mM MgCl₂; 1,5 U de Platinum® Taq DNA Polimerase (Invitrogen, Carlsbad, CA, EUA); 10 ng de DNA; 5 pmol de cada *primer*; água ultrapura (Milli-Q, Millipore, EUA) esterilizada, para um volume final de 25 µL. A reação foi realizada em um termociclador “Gene Amp PCR System 2400” (Applied Biosystems, Foster City, CA, EUA). As condições para amplificação do gene RNAr 16S foi: 95°C/3 min; 30 ciclos de desnaturação à 94°C por 10 s,

anelamento à 50°C por 20 s, extensão à 72°C por 1 min; e extensão final a 72°C por 7 min. A verificação do tamanho dos produtos da PCR foi feita em gel de agarose e corrida eletroforética conforme descrito acima.

Clonagem e transformação dos produtos de PCR

Após a amplificação do DNA via PCR da sequência, foi realizada a clonagem e transformação dos produtos da PCR utilizando o Kit de clonagem “pGEM[®]-T Easy Vector Systems” (Promega, Madison, WI, EUA). A presença dos insertos nas células transformadas foi verificada através de PCR das colônias. A introdução do vetor contendo o inserto nas células competentes de *E. coli* DH5 α foi feita através de choque térmico (Sambrook et al. 1989). Aliquotas de 10 μ L do produto de ligação e 100 μ L de suspensão de células competentes de *E. coli* DH5 α foram misturadas em um microtubo esterilizado, o qual foi incubado no gelo durante 30 minutos. O microtubo foi transferido imediatamente para banho-maria a 42°C e deixado por 30 segundos, sem agitar. Em seguida o microtubo foi incubado no gelo por 2 minutos. Posteriormente 250 μ L de meio SOC (Sambrook et al. 1989) foram adicionados, a temperatura ambiente, e a mistura foi incubada a 37°C, durante 1 hora, sob agitação de 200 rpm. As células competentes transformadas foram plaqueadas em meio LB sólido contendo ampicilina (USB Corporation, Cleveland, OH, EUA) e X-Gal (Invitrogen), ambos em concentrações finais de 100 μ g/mL de meio. As placas foram incubadas por 15 horas, a temperatura de 37°C. Em seguida, uma colônia de cor branca foi utilizada para nova reação de PCR, visando confirmar a presença dos insertos de interesse. Uma pequena quantidade de células de cada clone transformado foi adicionada a 25 μ L de reação de PCR utilizando-se os iniciadores: M13F (5'GCCAGGGTTTTCCCAGTCACGA3') e M13R (5'GAGCGGATAACAATTTACACAGG3'). A amplificação foi feita em solução contendo: tampão para reação PCR 10X (Tris HCl 20mM pH 8,4; KCl 50 mM); 0,2 mM de cada dNTP; MgCl₂ 3 mM; 1,5 U de Platinum[®] Taq DNA Polimerase (Invitrogen); 10 ng de DNA; 5 pmol de cada iniciador; água ultrapura (Milli-Q) esterilizada, para um volume final de 25 μ L. A reação foi feita em termociclador “Gene Amp PCR System 2400” (Applied Biosystems). As condições de amplificação foram: 94°C/5 min; 25 ciclos de 95°C/20 s, 50°C/15 s, 60°C/1 min. A verificação do tamanho dos produtos da PCR gerados foi feita em gel de agarose 1,0% - 0,5 X TBE conforme já descrito.

Extração de DNA plasmidial

A extração de plasmídeos das células de *E. coli* DH5 α que contenham os insertos foi feita pelo método de preparação de pequena escala de plasmídeo, usando hidrólise alcalina (Birnboim & Doly 1979). As colônias brancas foram transferidas para 4 mL de meio LB contendo ampicilina e cultivadas por 15 horas, a 37°C, sob agitação de 200 rpm. Em microtubos foram colocados 1,5 mL da cultura de células produzidas e, em seguida, foram centrifugadas a 10.000 \times g por 20 segundos. Esse procedimento repetiu-se por duas vezes. O pélete formado foi ressuspensão em 100 μ L de solução I gelada (Tris-HCl 25 mM, pH 8,0, EDTA 10 mM e glucose 50 mM). Em seguida, 200 μ L de solução II (NaOH 0,2 N, SDS 1%) foram adicionados e misturados suavemente por meio da inversão dos microtubos. Após terem sido incubados no gelo por 5 minutos, foram acrescentados 150 μ L de solução III gelada (acetato de potássio 3 M e ácido fórmico 1,8 M). Novamente misturaram-se as soluções por inversão e os microtubos foram incubados no gelo por mais 5 minutos. Posteriormente, foram centrifugados a 10.000 \times g durante 7 minutos e o sobrenadante foi transferido para um novo tubo. Em seguida, adicionou-se 270 μ L de isopropanol a temperatura ambiente, misturando-se e centrifugando-se conforme descrito anteriormente. Após a eliminação do sobrenadante, o pélete foi lavado uma vez com 250 μ L de etanol 70% gelado e centrifugado a 10.000 \times g por 2 minutos, sendo posteriormente secado e ressuspensão em 30 μ L de uma solução contendo Tris-HCl 10 mM, pH 8,0, EDTA 0,5 M e 10 mg RNase/mL. Esta mistura foi incubada a 37°C por 30 minutos. Os plasmídeos assim extraídos foram armazenados a -20°C até o próximo uso.

Sequenciamento

A PCR para o sequenciamento dos fragmentos inseridos nos plasmídeos foi feita usando-se o kit “DYEnamic ET Terminator Cycle Sequencing” (Amersham Biosciences, Piscataway, NJ, EUA). Para a reação utilizou-se 200 ng de plasmídeo contendo o inserto, 5 pmol dos iniciadores externos M13F (5' GCCAGGGTTTCCCAGTCACGA 3') e SP6 (5'ATTTAGGTGACACTATAGAA 3') e 1 μ L de “DYEnamic”, 2 μ L de tampão 2,5 X “Save Money” (protocolo fornecido pelo fabricante) e água ultrapura para volume final de 10 μ L. Também foram utilizados conjuntos de iniciadores visando o fechamento das sequências que codificam a subunidade RNAr 16S (357F, 357R, 704F, 704R, 1114F, 1114R) (Lane 1991). As condições de amplificação foram as seguintes: 25 ciclos de 95°C/20 s, 50°C/15 s, 60°C/1 min. Após a amplificação dos fragmentos, realizou-se a

precipitação destes conforme manual de instruções do kit “DYEnamic ET Terminator Cycle Sequencing”. Posteriormente, as reações precipitadas foram inseridas no sequenciador capilar ABI PRISM® 3100 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) para o sequenciamento dos fragmentos de DNA. Os dados gerados pelo sequenciador foram coletados e processados pelo programa “ABI PRISM® DNA Sequencing – Analysis Software” versão 3.7 (Applied Biosystems).

Processamento e análise filogenética das sequências

As sequências geradas foram processadas para remoção de bases produzidas com baixa qualidade (índice de qualidade < 20) através dos pacotes contidos nos programas Phred/Phrap/Consed (Ewing & Green 1998, Ewing et al. 1998, Gordon et al. 1998), em sistema operacional Linux. As sequências obtidas foram comparadas com outras sequências previamente depositadas no GenBank do National Center for Biotechnology Information (NCBI), utilizando-se a ferramenta Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) (Altschul et al. 1990).

Para a construção da árvore filogenética, as sequências obtidas e outras selecionadas de bancos de dados públicos foram alinhadas (método Clustal W) e editadas usando-se o programa MEGA 5.0 (Tamura et al. 2011). As sequências alinhadas foram salvas no formato FASTA e utilizadas no programa TOPALi v2 (Milne et al. 2009), para avaliar qual o modelo de análises filogenéticas e taxas de substituição de nucleotídeos era o mais apropriado para as sequências obtidas. O modelo indicado e utilizado foi Kimura-2, com distribuição Gamma [5 categorias (+G, parâmetro = 0,1988)] e sítios invariáveis [(+I), 59,0602% sítios]. Assim, novamente o programa MEGA 5.0 foi utilizado para confecção da árvore filogenética de Máxima Verossimilhança com bootstrap de 1.000x.

Resultados

Durante a realização deste estudo, observou-se que a taxonomia e nomenclatura das cianobactérias unicelulares e coloniais apresentam várias incongruências, como no caso dos gêneros *Asterocapsa*, *Gloeocapsa* e *Gloeocapsopsis*. Especificamente sobre estes gêneros, foi realizada uma discussão na tentativa de elucidar e ilustrar o quão complexa pode ser a taxonomia das cocóides. Em seguida, são apresentados as descrições e comentários dos 61 táxons encontrados durante a realização deste estudo (tabela 7).

Os gêneros *Asterocapsa*, *Gloeocapsopsis* e *Gloeocapsa*: exemplos da complexa taxonomia das cocóides

Apesar de bem diferenciáveis em teoria, na prática os gêneros *Asterocapsa*, *Gloeocapsopsis* e *Gloeocapsa* são bastante confundíveis. Isso por que esses três gêneros possuem ciclos de vida interseccionados (Komárek 1993), o que se agrava com a falta de estudos em cultura que comprovem o real limite entre eles. Além disso, o histórico de cada um apresenta problemas e complexidades que prejudicam a compreensão e confundem ainda mais a taxonomia desses gêneros.

Gloeocapsa foi descrito por Kützing (1843) e é um *nomina conservanda* já que é sinônimo de *Bichatia* Turpin, o qual é o nome mais antigo (Komárek & Hauer 2011). Ainda assim, *Gloeocapsa* é um gênero antigo tendo várias espécies já descritas, com a maioria delas datada do século XIX. Isso dificulta o resgate das descrições originais e tipos, conseqüentemente inviabilizando a utilização de várias delas. Atualmente, algumas dessas espécies foram combinadas em outros gêneros, várias necessitam de revisão e há aquelas que possuem apenas o primeiro registro. Komárek & Hauer (2011) listam 45 espécies reconhecidas nos dias atuais e outras 40 que devem ser revisadas. Além da problemática em relação ao resgate dos nomes e correta designação das espécies, o gênero *Gloeocapsa* foi adotado sob diferentes conceitos ao longo de sua existência.

Segundo Golubić (1965), vários autores classificaram as espécies de *Gloeocapsa* de acordo com a coloração, separando-se os grupos das incolores, das castanhas, das vermelhas e das violetas ou azuis. Porém, apesar de relativamente estável, esse critério é muito subjetivo e dependente do ambiente, o que gera uma gama muito ampla de tonalidades possíveis, tornando-o de difícil aplicação.

Além dessa separação, devido à complexidade dos morfotipos que compõem o ciclo de vida das *Gloeocapsa*, foram designados diferentes *status* para referir-se a cada fase de desenvolvimento das espécies, sendo os seguintes àqueles mais aplicados: *status pallidus*,

coloratus, *siccus*, *solutus* e *perdurans* (Golubić 1965). Apesar de ser um critério utilizado para auxiliar a taxonomia, a separação dos morfotipos em *status* não foi adotada por todos os autores, o que gerou discordâncias e incongruências em alguns casos.

Adicionalmente, em todas as descrições a determinação de tais *status* como parte do ciclo de uma única espécie foi feita apenas analisando-se material da natureza. Isso gera incerteza quanto à inter-relação dos morfotipos, uma vez que estudos em culturas uniespecíficas são imprescindíveis para comprovação do ciclo de vida das cianobactérias. Mesmo assim, essa classificação auxiliou a melhor delimitação das espécies e com isso foi possível observar dois grupos entre as *Gloeocapsa*: 1) células esféricas que se dividem regularmente; 2) células poliédricas, irregulares que podem dividir-se sem um padrão definido.

Geitler (1925), percebendo a substancial diferença entre esses grupos, propôs que parte das espécies cujas células e divisão celular fossem irregulares formasse um gênero a parte, que ele próprio denominou *Gloeocapsopsis*. Porém, na ocasião esse autor apenas fez uma proposição, não fornecendo a diagnose do gênero e, portanto, não o publicando validamente segundo o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (McNeill et al. 2006). Posteriormente, Geitler (1932) não fez qualquer citação sobre a existência de *Gloeocapsopsis*, podendo-se assim supor que o próprio autor estava incerto sobre a sustentabilidade das características do novo gênero.

Contudo, Komárek & Anagnostidis (1986) reforçaram as diferenças entre os dois grupos supracitados e realizaram as combinações de *Gloeocapsa magma* (Brébisson) Kützing, *Gloeocapsa dvorakii* Nováček e *Gloeocapsa pleurocapsoides* Nováček em *Gloeocapsopsis*, admitindo que *Gloeocapsa crepidinum* (Thuret) Thuret fosse o tipo do gênero, mesmo este sendo um *nomen nudum*.

A validação de *Gloeocapsopsis* aconteceu somente em Komárek (1993), quando este autor propôs uma descrição e designou o tipo do gênero corretamente. Adicionalmente, Komárek (1993) realizou novas combinações em *Gloeocapsopsis* e o caracterizou segundo suas diferenças em relação ao gênero *Gloeocapsa*, principalmente àquelas que englobam o ciclo de vida. Para tanto, esse autor elaborou um esquema com o ciclo regular de *Gloeocapsa*, indicando quais partes desse ciclo são condizentes com *Gloeocapsopsis* (figura 6), sendo que atualmente são reconhecidas nove espécies neste gênero (Komárek & Watanabe 1998, Komárek & Hauer 2011).

Ainda em relação ao trabalho de Komárek (1993), foi realizada a distinção entre *Asterocapsa* e *Gloeocapsa*, indicando as fases em intersecção entre esses gêneros, assim como foi realizado para *Gloeocapsopsis*. Porém, em relação a *Asterocapsa* a complexidade é

maior, uma vez que diferentes tipos de ciclo de vida podem ocorrer neste gênero, com predominância de distintos morfotipos em cada um deles (Komárek 1993, Lederer 2000, Komárek & Komárková-Legnerová 2007, Montejano et al. 2008).

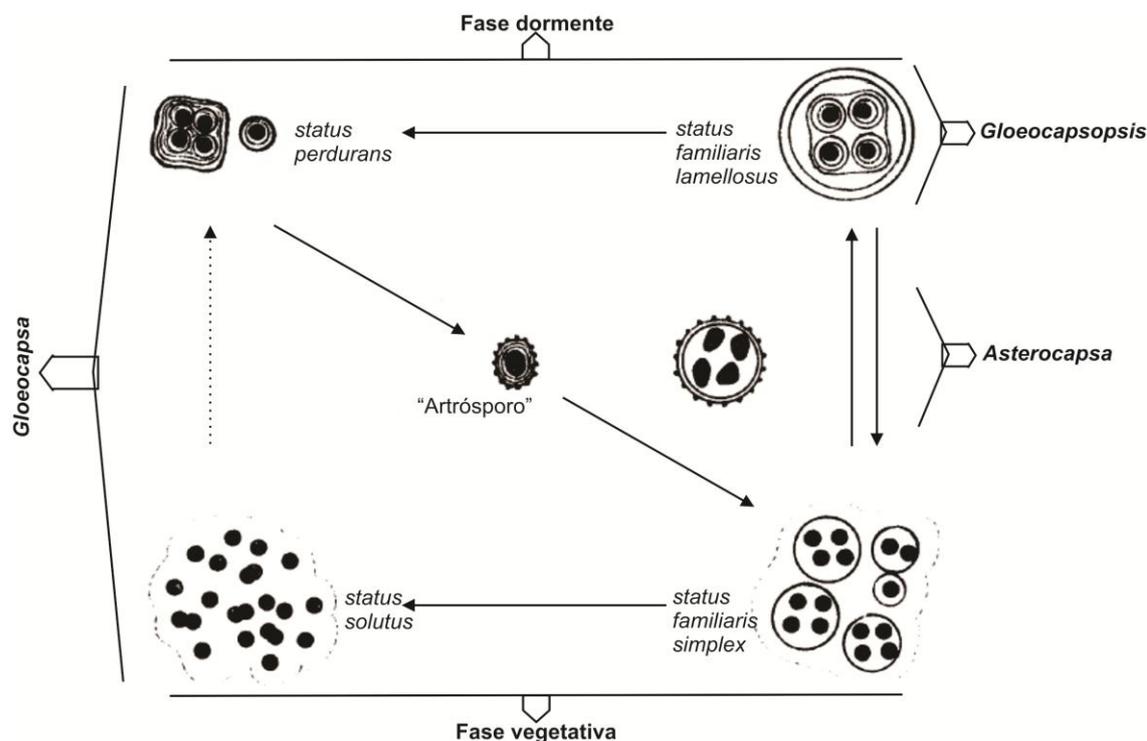


Figura 6: Ciclo de vida de *Gloeocapsa* com as respectivas fases em intersecção com os gêneros *Asterocapsa* e *Gloeocapsopsis* (adaptado de Komárek 1993).

O gênero *Asterocapsa* foi descrito por Chu (1952) com base em material coletado na China e, desde então, várias outras espécies têm sido descobertas ou colocadas em sinonímia no gênero. Apesar disso, *Asterocapsa* não é comumente citado, sendo que a maioria das espécies foi descrita para a região asiática. Segundo Komárek & Hauer (2011), atualmente são reconhecidas 25 espécies, sendo 17 destas descritas para a China. Possivelmente, este viés na distribuição se dê pela falta de conhecimento do gênero e pela escassez de estudos envolvendo ambientes terrestres, sendo estes os locais onde as espécies de *Asterocapsa* são encontradas com maior frequência. Além disso, boa parte dos trabalhos que contêm essas espécies está escrito em chinês, o que restringe a divulgação das descrições e também dificulta o estudo desses táxons por pesquisadores não fluentes na língua.

Mesmo com esta dificuldade, os trabalhos de Komárek (1993) e Komárek & Anagnostidis (1998) fornecem subsídios suficientes para reconhecimento de *Asterocapsa*. Porém, a circunscrição de *Asterocapsa* ampliou-se demasiadamente, o que seguramente envolveu populações muito distintas e tornou o gênero muito heterogêneo (Komárek &

Komárková-Legnerová 2007). Isso tornou a complexidade taxonômica do gênero muito grande, o que se agrava com a falta de estudos em cultura e a grande diferença entre os ciclos de vida das espécies descritas. Adicionalmente, várias espécies descritas em outros gêneros possivelmente pertencem a *Asterocapsa* e devem ser revisadas (e.g. *Anacystis amplivesiculata* Gardner, *Gloeotheca neocaledoniense* Couté et al., *Chroococciopsis spinosa* Kamat etc.). Além de todas essas questões conceituais, *Asterocapsa* também possui muitos problemas nomenclaturais, incluindo o seu nome genérico.

Bourrelly (1970) realizou a combinação de *Asterocapsa gloeotheciformis* Chu em *Gloeotheca*, alegando que esta espécie seria um estágio de resistência de *Gloeotheca*, com paredes ornamentadas com “espinhos”. Contudo, *A. gloeotheciformis* é a espécie tipo do gênero, que assim passa a ser sinonímia de *Gloeotheca*. Entretanto, sem estudos de ciclo de vida e moleculares, não há como confirmar a proposição de Bourrelly (1970) e, portanto, no presente trabalho os dois gêneros foram considerados independentes.

Diante do exposto, a identificação de populações pertencentes ao complexo *Asterocapsa*, *Gloeocapsopsis* e *Gloeocapsa* é bastante problemática e a revisão deste grupo é emergencial. Porém, não se pode excluí-los dos estudos florísticos, uma vez que são comumente encontrados, assim como o foram no presente estudo. Dessa forma, para que erros taxonômicos sejam minimizados, as seguintes características devem ser consideradas:

1. Em *Asterocapsa* e *Gloeocapsopsis* não ocorrem células esféricas dividindo-se regularmente em três planos. Porém, essa característica é típica dos estágios vegetativos de *Gloeocapsa*;
2. A presença de bainhas ornamentadas (grânulos, espinhos, verrugas etc.) não é exclusividade do gênero *Asterocapsa*, ocorrendo também em estágios de resistência de *Gloeocapsa*. Todavia, em *Asterocapsa* essas decorações são sempre observadas em estágios vegetativos, mesmo que variem em intensidade quando comparadas com outras fases do ciclo de vida;
3. O gênero *Gloeocapsopsis*, além de sempre apresentar células alongadas, poliédricas até irregulares, forma colônias sarciniformes. Ou seja, as colônias e subcolônias possuem as células em arranjo cúbico, próximas umas as outras. Neste sentido, esse gênero distancia-se bastante de *Asterocapsa* e *Gloeocapsa*, porém se aproxima de *Myxosarcina* e *Cyanosarcina*, diferindo de *Myxosarcina* por não formar baeócitos e de *Cyanosarcina* por apresentar sempre bainhas coloridas.

Subclasse Synechococcophycideae Hoffmann et al. 2005.

Ordem Synechococcales Hoffmann et al. 2005.

Família Chamaesiphonaceae Borzi 1882.

***Chamaesiphon* A.Braun & Grunow in Rabenhorst 1865.**

Chamaesiphon stratosus Sant'Anna, Gama-Jr., Azevedo & Komárek, Fottea 11(1): 26. 2011.

Figuras: 11A-E.

Colônias compactas, arbustiformes, compostas de células paralelamente arranjadas, orientadas perpendicularmente ao substrato. Células claviformes, arredondadas em ambos os ápices, organizadas em uma camada ou no máximo duas, 9,3-20,6(26,8) µm de comprimento, 2,3-4(6,5) µm de diâmetro. Bainha em forma de U, conspícua, firme, incolor até intensamente verde amarelada ou castanha, levemente lamelada, desgastada quando velha, amplamente aberta no ápice e fechada na base. Conteúdo celular verde oliva ou castanho, levemente granuloso. Exócitos liberados individualmente ou formando massas com número de filas e camadas variáveis na parte superior das células mães, onde eles raramente germinam, 1,5-2,6 µm de diâmetro.

Ocorrência: sobre rocha coberta por lâmina de água em local sombreado, próxima ao leito de rio.

Material examinado: SP400963.

Chamaesiphon stratotus Sant'Anna et al. foi recentemente descrita com base em material coletado em Campos do Jordão, estado de São Paulo. Esta espécie tem como característica peculiar a formação de exócitos que podem se liberados individualmente ou formarem aglomerados sobre as células-mãe (ver detalhes no trabalho publicado por Sant'Anna et al. 2011b no anexo 1).

Família Merismopediaceae Elenkin 1933.

***Aphanocapsa* Nägeli 1849.**

Aphanocapsa intertexta Gardner, Memoirs of the New York Botanical Garden 7: 4. 1927.

Figuras: 11F-G.

Colônias isoladas, arredondadas quando jovens, irregulares quando maduras, com células frouxamente organizadas, 13,7-63,5 μm de diâmetro. Bainha gelatinosa, inconspícua até conspícua, hialina. Células esféricas, 2,4-3,0 μm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, verde azulado. Cromatoplasma visível.

Ocorrência: sobre rocha úmida sombreada até ensolarada.

Material examinado: SP 427307, SP 427310.

Durante este estudo, foram identificadas duas populações como *Aphanocapsa intertexta* Gardner e ambas foram coletadas sobre rochas úmidas, sendo uma delas sombreada e a outra ensolarada. Apesar disso, não foram observadas diferenças morfométricas relevantes quando feita a comparação entre as populações, incluindo coloração dos talos. Adicionalmente, os indivíduos analisados foram encontrados em meio a outras cianobactérias, principalmente representantes de *Scytonema* e *Stigonema*, assim como descrito por Gardner (1927). Branco et al. (2009) também encontraram *A. intertexta* na Mata Atlântica, igualmente sobre rochas e em meio a outras cianobactérias.

Aphanocapsa cf. intertexta Gardner, Memoirs of the New York Botanical Garden 7: 4. 1927.

Figuras: 11H-I.

Colônias isoladas, arredondadas quando jovens, irregulares quando maduras, com células frouxamente organizadas, 9,1-15,2 μm de diâmetro. Bainha gelatinosa, inconspícua, hialina, raramente visível. Células esféricas, 1,4-2,2 μm de diâmetro. Conteúdo celular levemente homogêneo, verde azulado pálido. Cromatoplasma visível.

Ocorrência: sobre tronco de árvore úmido e sombreado.

Material examinado: SP 401427.

Aphanocapsa intertexta foi descrita com base em material encontrado sobre rocha e solo e possui diâmetro celular de 2,4-2,6 μm (Gardner 1927). O material presentemente descrito foi coletado sobre tronco de árvore e apresenta células com menor diâmetro, o que o distancia das características da espécie e por isso a identificação não pôde ser confirmada.

Porém, a forma e o arranjo das células nas colônias e o fato de não formarem agregados aproximam o material analisado a *A. intertexta*. Outras espécies morfológicamente próximas à população encontrada são *Anacystis distans* Gardner e *Gloeocapsa punctata* Nägeli, cujas principais diferenças são o *habitat* aquático de *A. distans* e a formação de densas massas e bainha delimitada de *G. punctata*.

***Aphanocapsa* sp.**

Figuras: 11J-K.

Colônias isoladas, arredondadas, com células frouxamente organizadas, 33,0-82,1 µm de diâmetro. Bainha gelatinosa, inconspícua ate levemente conspícua, hialina. Células esféricas, 3,0-3,6 µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo, marrom pálido. Cromatoplasma não visível.

Ocorrência: sobre tronco de árvore úmido e ensolarado.

Material examinado: SP 427328.

Aphanocapsa foi descrito por Nägeli (1849) e atualmente possui 44 espécies reconhecidas (Komárek & Hauer 2011). Porém, o gênero necessita de revisão, dado que possui características muito simples e várias das espécies descritas estão mal identificadas e necessitam ser reavaliadas (Komárek & Anagnostidis 1998).

A maioria das espécies existentes em *Aphanocapsa* é típica de ambientes aquáticos marinhos e continentais, sendo poucas as descritas para ambientes terrestres. Além disso, várias das espécies aerofíticas foram descritas há muito tempo e são poucos os estudos sobre elas. Isso torna difícil o resgate dos tipos e das descrições originais e dificulta a análise taxonômica das categorias infragenéricas de *Aphanocapsa*.

A população presentemente descrita foi encontrada em meio a briófitas e diferencia-se das outras espécies de *Aphanocapsa* principalmente pelo hábito corticícola e pela coloração do conteúdo celular e da bainha. Nenhuma das espécies encontradas na literatura especializada (Forti 1907, Geitler 1932, Desikachary 1959 e Komárek & Anagnostidis 1998) possui características com as quais o material analisado pudesse ser identificado, o que indica que muito provavelmente esta população seja uma nova espécie para a ciência.

Coelosphaeriopsis* Lemmermann 1900.**Coelosphaeriopsis* sp.****Figuras:** 11L-M

Colônias arredondadas até elípticas, ocas, 12-106,3 µm de diâmetro. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, homogênea, firme, hialina. Células elípticas até levemente poligonais, 2,3-3,8 µm de diâmetro, formando grupos de 2-4, envoltos por bainhas individuais incolores, firmes, visíveis principalmente nas células periféricas, 1,2-1,6 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo até granuloso, verde azulado até castanho.

Ocorrência: sobre rocha coberta por lâmina de água em local ensolarado, próximo a cachoeira.

Material examinado: SP 401419.

Coelosphaeriopsis é um gênero raro e pouco estudado. Possui apenas duas espécies que foram descritas para ambientes ecologicamente distintos do encontrado neste estudo: *C. halophila* Lemmermann para ambientes salinos e *C. chlamydocystis* (Skuja) Komárek & Anagnostidis para lagos da Suécia.

O material analisado apresentou colônias ocas e células envoltas por bainha individual, características típicas do gênero, sendo esta última a que o distingue de *Coelosphaerium*. O único registro de *Coelosphaeriopsis* para o Brasil é descrito para o plâncton do reservatório Paiva Castro no estado de São Paulo (Sant'Anna et al. 2004), no qual os autores não chegaram à identificação específica devido à baixa representatividade populacional encontrada.

Família Synechococcaceae Komárek & Anagnostidis 1995.***Aphanothece* Nägeli 1949.**

Aphanothece microscopica Nägeli, Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften 10(7): 59. 1849.

Figuras: 12A-B.

Colônias arredondadas, 24,6-77,8 µm de diâmetro, com células densamente até frouxamente agrupadas. Subcolônias frequentemente presentes, elípticas, 8,0-12,7 µm de diâmetro. Bainha firme, conspícua, hialina. Células cilíndricas, raramente elipsoidais, 3,1-6,0(7,2) µm de comprimento, 1,7-2,9 µm de diâmetro, 1,8-2,0 vezes mais longas que largas.

Bainhas individuais levemente conspícuas podem ocorrer em células próximas à periferia da colônia, 0,4-0,9 µm de espessura. Conteúdo celular levemente granuloso, verde azulado até verde-oliva (raro), com coloração intensa. Cromatoplasma visível.

Ocorrência: sobre solo encharcado, coberto por vegetação e ensolarado.

Material examinado: SP 401439.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Aphanothece microscopica Nägeli é a espécie tipo de *Aphanothece* e foi descrita para pântanos da Europa. O material encontrado na Mata Atlântica foi coletado sobre solo encharcado em meio a gramíneas e briófitas. Desikachary (1959) também relata a ocorrência de *A. microscopica* em solos alagados na Índia e Wille (1914) encontrou esta espécie entre musgos. Os espécimes presentemente analisados possuem diâmetro celular menor que o originalmente descrito para a espécie, porém a estrutura da colônia, a coloração do conteúdo celular, o comprimento das células e o hábito são condizentes com o descrito para *A. microscopica* e por isso a identificação foi confirmada.

Aphanothece saxicola Nägeli, Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften 10(7): 60. 1849.

Figuras: 12C-E.

Colônias arredondadas até irregulares, 8,3-80,3 µm de diâmetro, com células frouxamente agrupadas. Bainha gelatinosa, inconspícua, hialina até castanha. Células oblongas até elipsoidais, 2,7-4,2 µm de comprimento, 1,5-2,6 µm de diâmetro, 1,5-2,4 vezes mais longas que largas. Bainhas individuais raramente presentes, não lameladas, castanho-amareladas, 1,3-2,2 µm distantes das células. Conteúdo celular levemente granuloso, verde azulado. Cromatoplasma visível.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sombreada.

Material examinado: SP 427310, SP 427312, SP 427320, SP 427330.

Originalmente, *Aphanothece saxicola* Nägeli foi descrita para rochas úmidas e Komárek & Anagnostidis (1998) comentam que dados dessa espécie para a região tropical devem ser revisados, principalmente por serem de ambientes muito distintos daquele no qual a espécie originalmente ocorre [e.g.: mangue (Branco et al. 1996)]. Porém, várias populações foram encontradas na Mata Atlântica, em áreas localizadas na zona subtropical, e todas correspondiam ecologicamente e morfometricamente à *A. saxicola*, inclusive no padrão de coloração das bainhas. Assim, até que seja possível obter dados moleculares sobre essas populações, o material estudado será mantido dentro da circunscrição de *A. saxicola*.

Aphanothece cf. castagnei (Brébisson) Rabenhorst, Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae II: 64. 1865.

Basiônimo: *Oncobyrsa castagnei* Brébisson in Kützing, Tabula Phycologica 1: 9. 1845.

Figuras: 12F-H.

Colônias arredondadas quando jovens, depois alongadas até irregulares, 17,8-386,1 µm de diâmetro, com células densamente até frouxamente agrupadas. Bainha gelatinosa, inconspícua, hialina até castanha. Células oblongas até elipsoidais, 3,8-5,9 µm de comprimento, 2,6-3,8 µm de diâmetro, 1,4-2,0 vezes mais longas que largas. Bainhas individuais presentes, raras, não lameladas, castanho-amareladas, 1,1-2,6 µm distantes das células. Conteúdo celular levemente granuloso, cinza-esverdeado. Cromatoplasma visível ou não.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sombreada.

Material examinado: SP 427310, SP 427330.

As populações presentemente descritas correspondem parcialmente à descrição de *Aphanothece castagnei* (Brébisson) Rabenhorst, apresentando algumas particularidades.

A coloração do conteúdo celular comumente encontrada foi o cinza-esverdeado, enquanto outros autores relatam que o verde azulado é a coloração principal (Komárek & Anagnostidis 1998, Frémy 1933), inclusive para populações coletadas na Mata Atlântica (Branco et al. 1996, 2009) e na descrição original (Rabenhorst 1865). Além disso, as colônias mostrarem-se muito variáveis quanto à forma, encontrando-se desde colônias esféricas com células densamente agregadas até grandes colônias irregulares com células frouxamente dispostas. No entanto, essas mesmas características quanto à disposição das células na colônia, também foram observadas por Branco et al. (1996) numa população identificada como *A. castagnei* encontrada no mangue da Ilha do Cardoso, mas Komárek & Anagnostidis (1998) comentam que esta espécie não ocorre em mangues.

Segundo a descrição de Rabenhorst (1865), *A. castagnei* ocorre sobre musgos submersos na França, ambiente bem distinto do encontrado no presente estudo. Por essas características a identificação não foi confirmada, mesmo que o arranjo das células assemelhe-se ao dessa espécie.

Em relação à coloração do conteúdo celular, o material analisado é similar à *Aphanothece pallida* (Kützing) Rabenhorst, mas esta espécie é descrita para solos e possui dimensões celulares maiores do que aquelas encontradas no material estudado.

Aphanothece cf. densa Lemes-da-Silva, L.H.Z. Branco & Necchi-Júnior, Revista Brasileira de Botânica 24(4): 917. 2010.

Figuras: 12I-J.

Colônias arredondadas, 20,1-48,8 µm de diâmetro, com células densamente agrupadas. Bainha firme, conspícua e hialina até levemente castanha. Células elipsoidais, 3,6-4,6 µm de comprimento, 2,6-3,7 µm de diâmetro, 1,3-1,6 vezes mais longas que largas. Bainhas individuais ausentes. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, verde azulado. Cromatoplasma não visível.

Ocorrência: sobre casca de árvore úmida e ensolarada.

Material examinado: SP 427328.

Aphanothece densa Lemes-da-Silva et al. foi recentemente descrita com base em material coletado sobre cascas de árvores, na região noroeste do estado de São Paulo, numa área de Floresta Estacional Semidecidual (Lemes-da-Silva et al. 2010). Em contrapartida, o material presentemente estudado foi coletado numa área de Floresta Ombrófila Densa e apesar de também encontrada sobre cascas de árvores, a população analisada possui dimensões celulares menores do que as descritas em Lemes-da-Silva et al. (2010). Além disso, não foram observadas bainhas castanhas e lameladas, características descritas para *A. densa*. Por estes motivos a identificação não foi confirmada.

***Aphanothece* sp.**

Figuras: 12K-L.

Colônias arredondadas até alongadas, 29,2-78,9 µm de diâmetro, com células densamente até frouxamente agrupadas. Bainha firme até gelatinosa, conspícua e hialina. Células elipsoidais, raramente cilíndricas, 5,1-8,9 µm de comprimento, 3,9-5,3 µm de diâmetro, 1,6-3,0 vezes mais longas que largas. Bainhas individuais conspícuas, levemente lameladas podem ocorrer em células próximas à periferia da colônia, 0,8-1,9 µm de espessura. Conteúdo celular granuloso, roxo pálido.

Ocorrência: sobre casca de árvore seca e sombreada.

Material examinado: SP 401442, SP 401444.

Segundo Komárek (1995), o gênero *Aphanothece* possui vários problemas taxonômicos e necessita de revisão. De acordo com este autor, a morfologia simples e as identificações falhas são os principais fatores contribuintes para os erros taxonômicos presentes no gênero. Além disso, há espécies de *Aphanothece* descritas para diferentes tipos de ambientes, desde plâncton de lagos oligotróficos até rochas, o que dá uma ampla ocorrência e variabilidade ao gênero. Por essas razões, Komárek & Anagnostidis (1998)

separam *Aphanothece* em três subgêneros: *Aphanothece*, *Anathece* e *Cyanogastrum*, definindo-os de acordo com as características morfológicas e hábito das espécies.

Recentemente, Komárek et al. (2011) estudaram espécies de *Anathece* com base na taxonomia polifásica e comprovaram que este grupo distingui-se das outras espécies de *Aphanothece* e elevaram *Anathece* à categoria de gênero. Contudo, as espécies definidas como *Cyanogastrum* ainda fazem parte de *Aphanothece* e possivelmente no futuro devem constituir um gênero a parte. No entanto, para que se tenha certeza quanto à independência entre *Aphanothece* e *Cyanogastrum*, ainda são necessários estudos mais detalhados sob outros aspectos que não apenas ecomorfológicos.

Dessa forma, atualmente podem-se separar as espécies de *Aphanothece* “*sensu lato*” de acordo com as características seguintes (Komárek 1995, Komárek & Anagnostidis 1998, Komárek et al. 2011):

1) *Aphanothece*: espécies bentônicas e semi-aquáticas que formam colônias frequentemente macroscópicas, com mucilagem parcialmente estruturada e células cilíndricas até levemente elípticas, em torno de 3-10 μm de comprimento;

2) *Anathece*: espécies planctônicas, sempre microscópicas e com células em forma de bastonete, variando entre 0,6-3 μm de comprimento;

3) *Cyanogastrum*: espécies com colônias macro ou microscópicas com mucilagem irregular, usualmente com as células densamente organizadas no centro. As células são elípticas e não tipicamente cilíndricas como ocorre em *Aphanothece*, variando entre 2-12 μm de comprimento.

A população presentemente descrita possui características muito particulares, que a distinguem das espécies já descritas em *Aphanothece*. Estas características são: o hábito corticícola, a coloração do conteúdo celular e as dimensões e arranjo das células. Além disso, morfológicamente o material coletado na Mata Atlântica pode ser classificado no subgênero *Cyanogastrum* e diante das características que o diferenciam das espécies descritas na literatura, muito provavelmente esta população constitui um novo táxon para a ciência.

***Gleothece* Nägeli 1849.**

Gleothece fuscolutea (Nägeli) Nägeli, Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften 10(7): 57. 1849.

Basiônimo: *Gloeocapsa fuscolutea* Nägeli in Kützing, Espécies Algarum: 224. 1849.

Figuras: 12M, 13A.

Colônias arredondadas, elípticas, 10,7-24,0 µm de diâmetro. Bainha conspícua, não lamelada ou com 1-4 lamelas, firme, hialina até levemente amarelada, lisa. Células elípticas até oblongas, 6,7-11,1 µm de comprimento, 3,9-5,6 µm de diâmetro, 1,9-2,1 vezes mais longas que largas, com bainhas individuais presentes ou ausentes, lameladas ou não. Conteúdo celular homogêneo ou levemente granuloso, verde-oliva.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sobre concreto seco, ambos sombreados.

Material examinado: SP 427312, SP 427324, SP 427337.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Apesar de Komárek & Anagnostidis (1998) comentarem que *Gleothece fuscolutea* (Nägeli) Nägeli seja encontrada submersa em lagos ácidos e apenas raramente em rochas úmidas, na descrição original (Nägeli 1849) consta que a espécie foi descrita para rochas úmidas da Suíça e possui diâmetro celular entre 4-5 µm, sendo as células 1,3-2 vezes mais longas que largas. Estas características são bem semelhantes ao observado na população presentemente descrita e mesmo que a espécie seja comumente reportada para ambientes temperados, a população encontrada na Mata Atlântica condiz morfológica e ecologicamente com a descrição de Nägeli (1849) e por isso foi identificada como *Gleothece fuscolutea*.

Outra espécie da qual o material encontrado se aproxima é *Gleothece palea* (Kützing) Nägeli. Todavia, esta espécie possui diâmetro celular entre 2,5-4,5 µm, ou seja, menores em relação ao encontrado no presente estudo.

Apesar das diferenças em relação à umidade e tipo dos substratos nos quais as populações foram encontradas, não foram observadas mudanças morfométricas relevantes entre os indivíduos. A única diferença entre as populações foi que os espécimes coletados sobre concreto possuíam bainhas coloridas e lameladas com maior frequência em relação aos que foram encontrados sobre rocha, possivelmente pela condição de baixa umidade.

Gloeotheca interspersa Gardner, Memoirs of the New York Botanical Garden 7: 13. 1927.

Figura: 13B-C.

Colônias arredondadas, oblongas, 9,5-19,2 µm de diâmetro. Bainha conspícua, intensamente lamelada, firme, hialina, lisa. Células elipsoidais até oblongas, 4,2-6,9 µm de comprimento, 3-3,9 µm de diâmetro, 1,3-1,7 vezes mais longas que largas, com bainhas individuais concentricamente lameladas. Conteúdo celular finamente granuloso, verde azulado.

Ocorrência: sobre parede de concreto seca e ensolarada.

Material examinado: SP 427325.

Esta é a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Gloeotheca interspersa Gardner foi descrita com base em material coletado sobre paredes em Porto Rico e diferencia-se das demais espécies de *Gloeotheca* pelas dimensões celulares menores, pela bainha intensamente lamelada, ampla e incolor e pelo tipo de substrato no qual ocorre. Assim, o material estudado concorda plenamente com a descrição de *G. interspersa* e por isso foi identificado como tal.

Gloeotheca rhodochlamys Skuja, Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, Ser. 4, 14(5): 18. 1949.

Figuras: 13D-G.

Colônias arredondadas, elípticas até irregulares, 16-70 µm de diâmetro. Bainha conspícua, lamelada, firme, hialina (raro) até laranja-avermelhada, finamente granulada. Células elipsoidais até oblongas, 4,5-6,0(6,7) µm de comprimento, (1,8)2,6-3,6(4,8) µm de diâmetro, 1,3-1,6 vezes mais longas que largas, com bainhas individuais concentricamente lameladas. Conteúdo celular homogêneo ou levemente granuloso, verde-oliva.

Ocorrência: sobre costão de terra e sobre rocha, ambos secos e ensolarados.

Material examinado: SP 401417, SP 401428.

O material analisado está de acordo com o descrito em Skuja (1949). Assemelha-se também a *Gloeotheca rupestris* (Lyngbye) Bornet, do qual difere pela bainha rígida, granulada e intensamente colorida em tons de vermelho. *Gloeotheca rhodochlamys* Skuja foi descrita e registrada para região tropical (Skuja 1949, Couté et al. 1999), porém não é uma espécie comumente encontrada. Apesar disso, Branco et al. (2009) também a encontraram em áreas de Mata Atlântica, sobre rochas e solo.

Gloeotheca samoensis Wille, Hedwigia 53: 144. 1913.

Figura: 13H.

Colônias arredondadas, elípticas até oblongas, 9,7-21,3 µm de diâmetro, com 2-4-8 raramente mais células. Bainha ampla, conspícua, lamelada, firme até difluente, hialina. Células elipsoidais até oblongas, 5,4-8,4 µm de comprimento, 3,3-5,8 µm de diâmetro, 1,3-1,7 vezes mais longas que largas, com bainhas individuais lameladas ou não. Conteúdo celular granuloso, verde azulado até verde-oliva.

Ocorrência: sobre solo encharcado, coberto por vegetação e ensolarado.

Material examinado: SP 401439, SP 427323.

As populações presentemente descritas possuem características morfométricas muito próximas às descritas para *Gloeotheca samoensis* Wille para a ilha Samoa. Contudo, o material coletado na Mata Atlântica foi encontrado sobre solos úmidos e encharcado e *G. samoensis* foi descrita para rochas úmidas em meio a folhas e musgos. Apesar disso o solo no qual foram coletadas as amostras analisadas estava repleto de gramíneas, musgos e outras plantas, além de folhas em decomposição. Essas características aproximam o *habitat* das populações encontradas na Mata Atlântica ao *habitat* original da espécie.

Branco et al. (2009) descrevem a ocorrência de *Gloeotheca samoensis* f. *major* Wille sobre rochas em áreas de Mata Atlântica e essa forma diferencia-se por possuir comprimento celular maior que *G. samoensis*.

Gloeotheca tepidariorum (A.Braun) Lagerheim, Öfversigt af Förhandlingar: Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademien 40(1/2): 44. 1883.

Basiônimo: *Gloeocapsa tepidariorum* A. Braun in Rabenhorst, Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae II: 38. 1865.

Figuras: 13I-J.

Colônias arredondadas, oblongas, 18,9-45,7 µm de diâmetro. Bainha conspícua, intensamente lamelada, firme, hialina, finamente granulada (raro) ou lisa. Células elipsoidais até oblongas, 6,1-11,1 µm de comprimento, 4,4-5,5 µm de diâmetro, 1,7-2,2 vezes mais longas que largas, com bainhas individuais concentricamente lameladas. Conteúdo celular finamente granuloso, verde-acinzentado até verde-oliva.

Ocorrência: sobre parede de concreto seca e ensolarada.

Material examinado: SP 427325.

Esta é a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Gloeotheca tepidariorum (A.Braun) Lagerheim é muito semelhante à *G. rupestris* e o limite entre essas espécies é estreito. *G. rupestris* possui vários conceitos, tendo sido

ilustrada e descrita com pequenas variações por vários autores (Komárek & Anagnostidis 1998) e possivelmente seja uma espécie heterogênea. Apesar disso, *G. tepidariorum* forma bainhas sempre hialinas e intensamente lameladas, enquanto *G. rupestris* possui bainhas castanho-amareladas (Komárek & Anagnostidis 1998).

A população encontrada na Mata Atlântica possui dimensões celulares levemente inferiores ao descrito para *G. tepidariorum*, porém, vários indivíduos foram encontrados e todos apresentaram a bainha intensamente lamelada e sempre incolor, sendo estas as principais características utilizadas para confirmar a identificação.

A população presentemente descrita foi encontrada juntamente com a população de *Gloeotheca interspersa* Gardner, sendo essas espécies separadas principalmente pelas dimensões celulares.

***Lemmermanniella* Geitler 1942.**

***Lemmermanniella* sp.**

Figuras: 13K, 14A-B.

Colônias esféricas até alongadas 43,7-243,7 µm de diâmetro, subcolônias frequentemente presentes 10,2-16,9 µm de diâmetro. Envelope mucilaginoso seguindo o contorno da colônia, inconspícuo e hialino. Células elipsoidais com ápices acuminados ou arredondados (raros), 2,5-7,1(8,8) µm de comprimento, 1,4-2,5 µm de diâmetro, 2,4-3,1 vezes mais longas que largas, frouxamente dispersas abaixo da superfície de mucilagem ou formando grupos densos (raro). Pseudotricomas formados por 3-5 células, raramente encontrados. Conteúdo celular granuloso, verde azulado pálido até cinza.

Ocorrência: sobre solo seco e ensolarado.

Material examinado: SP 401446.

Lemmermanniella distingue-se de *Aphanothece* e *Rabdogloea* principalmente em relação ao arranjo das células na colônia, sendo que em *Lemmermanniella* as células formam uma camada única na periferia do envelope mucilaginoso, sempre com o maior comprimento paralelo à superfície da colônia (Hindák 1985). Em *Aphanothece* e *Rabdogloea* as células dispõem-se por toda a colônia. Em relação à *Coelosphaerium*, *Lemmermanniella* distingue-se por ter células alongadas, cilíndricas ou elípticas, cuja divisão se dá em apenas um plano e não em dois como ocorre em *Coelosphaerium*.

A população encontrada na Mata Atlântica distingue-se das espécies de *Lemmermanniella* principalmente pela ocorrência sobre solo seco, uma vez que as espécies

descritas nesse gênero são tipicamente de ambientes aquáticos. Além disso, *Lemmermanniella* sp. distingue-se morfológicamente das demais espécies pelas seguintes características: presença constante de subcolônias, formação de pseudotricomas, forma e dimensões das células e presença de grânulos no conteúdo celular (ver tabela 3).

Subclasse Oscillatoriothycidae Hoffmann et al. 2005.

Ordem Chroococcales Hoffmann et al. 2005.

Família Chroococcaceae Nägeli 1849.

***Asterocapsa* Chu 1952.**

Asterocapsa aerophytica Lederer, Algological Studies, 99: 24. 2000.

Figuras: 14C-F.

Colônias arredondadas até alongadas, raramente irregulares, simples, isoladas ou formando agregados, 13,9-154,1 µm de diâmetro. Bainha conspícua, raramente lamelada, rígida, granulada na superfície, hialina até vermelho-castanha. Células esféricas até elipsoidais, 4,3-5,4 µm de diâmetro, com bainhas individuais raramente lameladas, 0,7-4,2 µm de espessura. Conteúdo celular granuloso, verde até verde azulado. Nanócitos não observados. Esporos envoltos por bainha intensamente vermelho-castanha, solitários ou agrupados após a liberação, 5,6-6,3 µm de diâmetro.

Ocorrência: sobre portão de madeira seco e ensolarado.

Material examinado: SP 427304.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Asterocapsa aerophytica Lederer foi a primeira espécie do gênero descrita para Europa, sendo o presente estudo, possivelmente, a primeira citação do táxon fora do continente europeu. Como característica principal, *A. aerophytica* apresenta hábito epifítico, até então encontrada sobre filamentos da alga *Trentepohlia* e em cascas de *Pinus*. Apesar da ecologia específica e distribuição restrita da espécie, o material presentemente descrito foi identificado como *A. aerophytica* por conter praticamente todos os estágios do ciclo de vida descritos por Lederer (2000), excetuando-se a formação de nanócitos. Além disso, vários indivíduos analisados foram encontrados sobre filamentos de *Scytonema* sp., o que comprova o hábito epifítico da espécie (figura 14F). Adicionalmente, o material analisado também foi coletado sobre madeira.

Em relação à semelhança com outras espécies, a população estudada também se mostrou próxima à *Gloeocapsa novacekii* Komárek & Anagnostidis e *Aphanothece excentrica* Lemes-da-Silva et al, principalmente em relação à forma das células e coloração da bainha. Todavia, *A. aerophytica* possui hábito epífítico, o que a diferencia de *G. novacekii* que é típica de rochas. Em relação à *Aphanothece excentrica*, *Asterocapsa aerophytica* apresenta diâmetro celular inferior ao descrito para esta espécie, o que pode ser utilizado para diferenciá-las, mesmo que ambas sejam corticícolas. Isso demonstra que *Gloeocapsa novacekii* e *Aphanothece excentrica*, embora pertencentes a outros gêneros, muito provavelmente devem se tratar de diferentes espécies de *Asterocapsa*, já que diversas fases dos seus ciclos de vida são estágios típicos deste gênero.

***Asterocapsa* sp.1**

Figuras: 14G-H.

Colônias arredondadas, raramente irregulares, simples, isoladas ou formando agregados, 8,7-51,2 µm de diâmetro. Bainha conspícua, não lamelada, rígida, granulada na superfície, hialina. Células elipsoidais, 2,3-4,0 µm de diâmetro, 3,3-5,5 µm de comprimento, com bainhas individuais não lameladas, 0,5-1,4 µm de espessura. Conteúdo celular granuloso, roxo pálido. Nanócitos não observados. Esporos não observados.

Ocorrência: sobre casca de árvore seca e sombreada.

Material examinado: SP 401442, SP 401444.

A população presentemente descrita é próxima métrica e ecologicamente de *Asterocapsa nidulans* (Gardner) Komárek & Komárková-Legnerová, segundo o conceito de Gardner (1927). Todavia, *A. nidulans* possui bainhas vermelhas e conteúdo celular verde azulado, o que difere do encontrado no material da Mata Atlântica. Em relação à coloração hialina da bainha colonial, esse material é próximo à *Asterocapsa hyalina* (Chu) Chu e *Asterocapsa ocellata* H.X.Xiao. Porém, essas espécies possuem hábito epilítico e células esféricas, além de *A. hyalina* possuir espinhos nas bainhas celulares individuais e *A. ocellata* ter as células envoltas em envelopes densamente verrucosos e escuros, características não observadas no material presentemente descrito.

Como particularidades, *Asterocapsa* sp.1 possui hábito corticícola, células elipsoidais, bainha hialina e não lamelada. Essas características foram observadas nas duas populações encontradas na Mata Atlântica, distinguindo-as das demais espécies de *Asterocapsa*. Fato interessante é que a granulação da bainha é muito inconspícua e só foi possível observá-la nos envelopes celulares individuais e sob aumento de 100x, provavelmente por ser hialina.

Asterocapsa* sp.2*Figuras:** 14I-K.

Colônias arredondadas, alongadas até irregulares, simples ou compostas por subcolônias, isoladas ou formando agregados, 5,5-79,7 µm de diâmetro. Bainha conspícua, raramente lamelada, rígida, lisa ou granulada na superfície, hialina, castanho-avermelhada até violeta. Células elipsoidais a irregulares, 2,5-3,9 µm de diâmetro, 3,8-5,7 µm de comprimento, com bainhas individuais raramente lameladas, 0,7-1,5 µm de espessura. Conteúdo celular granuloso, verde até verde azulado. Nanócitos não observados. Esporos envoltos por bainha intensamente castanho-avermelhada, solitários, 3,5-5,6 µm de diâmetro, 5,4-7,4 µm de comprimento.

Ocorrência: sobre concreto seco e sombreado.

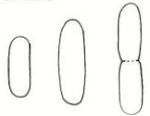
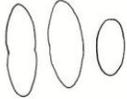
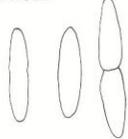
Material examinado: SP 427324, SP 427333, SP 401440, SP 401438.

As populações presentemente descritas possuem características não observadas nas espécies conhecidas de *Asterocapsa*. Como principais diferenças, a população da Mata Atlântica apresenta coloração da bainha muito característica, variando em tonalidades de castanho-avermelhado e violeta, além de células elípticas, com dimensões celulares diferentes daquelas apresentadas pelas espécies atualmente descritas no gênero. O fato de o morfotipo ter sido encontrado sobre concreto também o diferencia ecologicamente das outras espécies.

No entanto, diferentemente do que é típico em vários representantes de *Asterocapsa*, os indivíduos analisados raramente apresentaram granulações na bainha e quando presentes, só foi possível observá-las utilizando-se objetiva de 100x. Porém, a população encontrada foi bastante representativa e com isso pôde-se observar várias etapas do ciclo de vida, o qual é típico de *Asterocapsa*, como por exemplo o ciclo descrito para *Asterocapsa nidulans* (Komárek & Komárková-Legnerová 2007).

Apesar de Gardner (1927) ter descrito várias espécies em *Anacytis*, provavelmente muitas delas pertencem a *Asterocapsa*, sendo necessária a revisão de todas. Dentre esses táxons, *Anacytis nigropurpurea* Gardner possui características morfométricas e ecológicas próximas ao material presentemente descrito. Todavia, essa espécie apresenta células esféricas a levemente elipsoidais enquanto *Asterocapsa* sp.2 apresenta claramente células elipsoidais a irregulares. *Anacytis nigroviolaceae* Gardner também é uma espécie morfológicamente próxima ao material encontrado na Mata Atlântica, mas se diferencia, principalmente, por ter dimensões celulares maiores que as dos indivíduos estudados.

Tabela 3: Comparação entre a população de *Lemmermanniella* sp. e espécies mais próximas.

	<i>L. pallida</i> Komárek & Anagnostidis	<i>L. uliginosa</i> Komárek & Komárková-Legnerová	<i>L. obesa</i> Azevedo et al.	<i>Lemmermanniella</i> sp.
Arranjo das células	irregular, ± densamente distribuído na superfície da colônia	irregular em uma camada subsuperficial	irregular em uma camada, por vezes em duas	irregular, frouxamente disperso abaixo do envelope mucilaginoso
Subcolônias	presente para reprodução	presente para reprodução	presente para reprodução	constantemente presente
Pseudotricomas	ausente	ausente	ausente	presente
Diâmetro celular [µm]	0,5 - 1,6	(2,5)3,0 - 3,4	2,6 - 3,9	1,4 - 2,5
Comprimento celular [µm]	(0,7)1 - 3,7(4,7)	(4,6)6,2 - 10,0(12,4)	5 - 6,8	2,5 - 7,1(8,8)
Comprimento/Diâmetro	-	-	1,7	2,4-3,1
Conteúdo celular	homogêneo, verde-azulado pálido	finamente granular, verde-azulado pálido	homogêneo, verde-azulado escuro	granular, verde-azulado pálido até cinza
Habitat	plâncton em lagos	bento em pântanos alcalinos	plâncton em águas salobras	terrestre em crostas de solo secas
Ocorrência	região Báltica	Belize	Brasil	Brasil
Forma das células				
Fontes consultadas	Komárek & Anagnostidis (1998)	Komárek & Komárková-Legnerová (2007)	Azevedo et al. (1999)	presente estudo

Chroococcus Nägeli 1849.

Chroococcus tenax (Kirchner) Hieronymus, Beiträge zur Biologie der Pflanzen 5: 483. 1892.

Basiônimo: *Chroococcus turgidus* var. *tenax* Kirchner, Kryptogamen-Flora von Schlesien: 262. 1878.

Figuras: 14L, 15A-B.

Colônias elípticas até arredondadas, compostas por 2-4(-8-16) células, 18,0-54,7 µm de diâmetro. Bainha conspícua, firme, intensamente lamelada, lisa, hialina. Células elipsoidais, subesféricas após a divisão, 12,7-20,7 µm de diâmetro, com bainhas individuais concentricamente lameladas, 2,1-6,2(8) µm de espessura. Conteúdo celular, verde azulado até verde-oliva.

Ocorrência: sobre solo encharcado e ensolarado.

Material examinado: SP 401439.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

O material analisado concorda com todas as características morfométricas descritas para *Chroococcus tenax* (Kirchner) Hieronymus, diferindo apenas em relação à coloração sempre hialina da bainha e não amarelada em estágio avançados. Apesar de ser descrita para rochas úmidas, *C. tenax* também pode ocorrer em poças rasas e não poluídas (Komárek & Anagnostidis 1998), o que corresponde ao *habitat* encontrado neste estudo. Como principal característica diacrítica, esta espécie apresenta bainhas visivelmente e intensamente lameladas.

Chroococcus turgidus* var. *subviolaceus Wille, Hedwigia 53: 144. 1913.

Figuras: 15C-E.

Colônias elípticas até irregulares, compostas por 2-4-8-16 raramente mais células, 13-48 µm de diâmetro. Bainha conspícua, firme, não lamelada ou discretamente lamelada, lisa, hialina, (0,9)1,2-3(4,3) µm de espessura. Células subesféricas, elípticas até poligonais, (6,1)7,2-10,4(17,1) µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo até granuloso, castanho-púrpuro até púrpuro.

Ocorrência: sobre rocha ensolarada próxima à cachoeira e sobre concreto seco e sombreado.

Material examinado: SP 427320, SP 427321, SP 427322, SP 427324, SP 427330, SP 427333.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Chroococcus turgidus var. *subviolaceus* Wille foi descrita para as Ilhas Samoa, apresentando hábito epifítico sobre tricomas de *Plectonema* e *Tolypothrix* (Wille 1914) e foi encontrado sobre rochas. As características que tornam esta variedade diferente de *C. turgidus* são a coloração púrpura das células, o hábito epifítico, a bainha não lamelada e o menor

diâmetro celular. No entanto, Komárek & Anagnostidis (1998) apresentam esta variedade como sinônimo de *Chroococcus westii* Boye-Petersen, que é uma espécie descrita para pequenos lagos da Islândia.

Segundo Boye-Petersen (1923), *C. westii* é bastante distinta de *C. turgidus* var. *subviolaceus* por possuir células maiores e bainha distintamente lamelada, além da diferença no hábito, o que justifica a independência entre estes táxons.

As populações encontradas na Mata Atlântica apresentaram dimensões celulares um pouco maiores que as descritas por Wille (1914), porém todas possuem células com bainha não lamelada e conteúdo celular púrpuro. Além disso, todas foram encontradas em meio a outras cianobactérias, não sendo possível confirmar se de fato estavam ou não epifitando-as, uma vez que na preparação das lâminas esse tipo de associação é facilmente rompida, ainda mais no caso de espécies que não formam estruturas fixadoras. As populações encontradas sobre concreto possuíam as mesmas características morfométricas das encontradas sobre rocha, não sendo possível distingui-las por este critério e por isso foram tratadas como sendo o mesmo táxon.

Chroococcus varius A. Braun in Rabenhorst, Die Algen Europa's: 2451. 1876.

Figuras: 15F.

Colônias arredondadas, elípticas até irregulares, 2-4-8 células, raramente em número maior, 8,8-12,2 μm de diâmetro, formando aglomerados. Bainha conspícua, firme, não lamelada, lisa, hialina em estágios iniciais, castanha em estágios avançados, 0,6-1,5 μm de espessura. Células esféricas até subesféricas, alongadas antes da divisão, 3,2-4,6(5,1) μm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, verde-azulado até amarelado.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sombreada.

Material examinado: SP 427310.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Komárek & Anagnostidis (1998) comentam que *Chroococcus varius* A. Braun provavelmente seja cosmopolita e é frequentemente interpretada como outras espécies. O material encontrado na Mata Atlântica condiz com o descrito por esses autores tanto na ecologia como na morfometria.

Chroococcus cf. *minor* (Kützing) Nägeli, Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften. 10[7]: 47. 1849.

Basiônimo: *Protococcus minor* Kützing, Phycologia Germanica: 144. 1845.

Figuras: 15G-H.

Colônias irregulares, compostas por de 2-4-8 células, 8,6-24,2 µm de diâmetro. Bainha inconspícua, difluente, homogênea, lisa, hialina, 1,0-2,4 µm de espessura. Células esféricas até subesféricas, alongadas antes da divisão, 2,8-3,4 µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, verde azulado, cromatoplasma visível.

Ocorrência: sobre solo seco e ensolarado.

Material examinado: SP 401425, SP 401446, SP 427349.

Segundo Komárek & Anagnostidis (1998), *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli foi documentada sobre rochas e madeiras úmidas, próximas a corpos de água. A população presentemente descrita foi encontrada sobre solo seco, o que a torna ecologicamente distinta de *C. minor* e por isso a identificação não pôde ser confirmada.

A despeito das diferenças ambientais, temos que considerar o fato que Kützing (1845) descreveu três variedades para *Protococcus minor* Kützing, basônimo de *Chroococcus minor*, separando-as de acordo com o *habitat*: *P. minor* var. *leprosus* - sobre madeira seca; var. *mucosus* - sobre solo úmido; var. *infusionum* - sobre folhas em decomposição. Nesse sentido, o material encontrado na Mata Atlântica possui estreita relação ecológica com a var. *mucosus*, diferindo apenas em relação à umidade do substrato. Contudo, essas variedades foram raramente citadas na literatura e, ao realizar a combinação de *P. minor* em *Chroococcus*, Nägeli (1849) não fez qualquer menção sobre suas variedades, o que nos leva a supor que todas tenham sido agrupadas em *C. minor*.

Além da questão ecológica, a cepa CCIBt 3406, isolada em cultura a partir da população presentemente descrita, apresentou particularidades não observadas no material *in natura*. A população da natureza possuía células aos pares, raramente em tetrade, irregularmente dispostas na colônia, o que é comum no gênero *Chroococcus*. Na população mantida em cultivo, além dos arranjos típicos de *Chroococcus*, foi também observado arranjo cúbico das células (figura 15H), formando colônias semelhantes as do gênero *Eucapsis*.

Com base no gene codificante do RNAr 16S, a linhagem CCIBt 3406 mostrou-se próxima à linhagem AM710384 com 97,2% de similaridade, formando um clado com as cepas FR798921, FR798932, FR798922, FR798926 (figura 26). Segundo Komárková et al. (2010) este clado pertence ao gênero *Eucapsis*, cuja semelhança com o clado do gênero *Chroococcus* é de 91,6%, o que assegura a separação desses dois grupos. Isso indica que a cepa isolada da Mata Atlântica está realmente relacionada à essas linhagens, num clado a parte de

Chroococcus, identificado como clado *Eucapsis* por Komárková et al. (2010). Todavia, assim como a presente população, a linhagem AM710384 também foi previamente identificada como *Chroococcus* cf. *minor* devido aos caracteres morfométricos e ecológicos, o que comprova a incerteza quanto à correta posição desses morfotipos e evidencia a necessidade de revisão dessas linhagens. Além disso, devido ao baixo número de linhagens sequenciadas, achamos prudente manter a linhagem presentemente analisada como *Chroococcus* cf. *minor*. Esta decisão foi tomada até que o clado esteja bem definido, principalmente em relação às espécies de *Eucapsis* típicas, uma vez que a linhagem CCIBt 3406 apresentou características deste gênero apenas em cultura.

Mesmo com incerteza em relação a posição genérica, baseando-se na similaridade da linhagem CCIBt 3406 com as outras linhagens analisadas, o material isolado da Mata Atlântica futuramente deve constituir numa nova espécie para a ciência.

Chroococcus* cf. *turgidus (Kützing) Nägeli, Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften. 10[7]: 46. 1849.

Basiônimo: *Protococcus turgidus* Kützing, Tabula Phycologica 5, pl. 6. 1846.

Figuras: 15I-K.

Colônias elípticas, compostas por 2-4 raramente mais células, 17,7-25,8 x 13,4-16,8 μm . Bainha conspícua, firme, não lamelada, lisa, hialina, 0,9-2 μm de espessura. Células subesféricas, raramente elípticas, 7,8-14,1 μm de diâmetro. Conteúdo celular granuloso, verde azulado até verde-oliva.

Ocorrência: sobre solo seco e ensolarado.

Material examinado: SP 401446, SP 427350.

A taxonomia de *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli é bastante problemática como veremos a seguir. Kützing (1846) descreveu *Protococcus turgidus* Kützing com diâmetro celular variando entre 20,0-71,4 μm [1/100-1/28'''' - conversão para μm conforme Stearn (1992)] e separou-o em duas variedades de acordo com a cor, sendo α com coloração acinzentada e β castanha. A única informação fornecida sobre a ocorrência da espécie é que as populações foram encontradas em meio a outras cianobactérias da ordem Oscillatoriales, não sendo indicado o ambiente. Nägeli (1849) também não forneceu informações adicionais sobre a espécie ao realizar a combinação para o gênero *Chroococcus*. A partir daí, diversos autores descreveram vários morfotipos similares à *C. turgidus* para diferentes tipos de *habitat* (aquáticos em maioria) e em diferentes regiões, o que estendeu a amplitude das dimensões celulares e ocorrência da espécie. Além disso, 11 variedades foram descritas, sendo utilizados critérios em relação à cor e as dimensões celulares para distingui-las. Atualmente muitas dessas

variedades foram elevadas à categoria de espécie (Komárek & Anagnostidis 1998, Guiry & Guiry 2012). Todavia, nenhuma tem ocorrência tipicamente descrita para solos.

Welsh (1965) estudou populações da África do Sul e discutiu a problemática da ampla variabilidade encontrada nas dimensões de *C. turgidus* e utilização dessa variabilidade para descrever diferentes táxons. Para esse autor, as diferenças nas dimensões são insuficientes para separar populações em espécies por si só, sendo parte do espectro fenotípico de um mesmo genótipo. A estratificação do envelope também não seria um bom critério, uma vez que esta característica está associada às condições ambientais. Ainda segundo Welsh (1965), bons critérios seriam a ocorrência em ambiente distinto das espécies já descritas e a constância nas medidas celulares dos indivíduos, sendo esses os fatores utilizados por ele para descrever *C. pulcherrimus* Welsh, que distinguiu-se de *C. turgidus* por ser típico de ambiente salino e ter diâmetro celular entre 20-50 μm .

A população aqui apresentada possui características morfológicas muito próximas ao complexo de morfotipos descritos como *C. turgidus*. Todavia, como exposto acima, esta espécie necessita de revisão e a população descrita neste estudo difere do tipo proposto por Kützing (1946) pelo diâmetro celular e possivelmente pelo *habitat*, não sendo assim possível confirmar a identificação (figura 15K).

Azevedo (1991) relatou uma população edáfica semelhante a *C. turgidus* ocorrendo no solo de uma área de Mata Atlântica, a cerca de 5-10 cm abaixo da superfície. Apesar disso, as características morfométricas são bastante semelhantes com a população presentemente descrita, diferindo apenas em relação à presença de bainha lamelada, o que pode ser resultado das condições ambientais.

As análises moleculares do gene RNAr 16S mostraram que a linhagem CCIBt 3410, isolada da população presentemente descrita, possui 98,3% de similaridade com a linhagem GQ375049, identificada como *Chroococcus* cf. *membraninus* por Komárková et al. (2010). Neste trabalho, os autores relatam que GQ375049 foi isolada de fontes termais e que esta linhagem pertence ao clado do gênero *Limnococcus*. Contudo, segundo as análises realizadas no presente estudo, a linhagem GQ375048, designada como tipo do gênero *Limnococcus*, possui 91,7% de semelhança com a linhagem GQ375049 e 91,5% com a CCIBt 3410. Além disso, na árvore filogenética as linhagens GQ375049 e CCIBt 3410 agrupam-se separadamente das linhagens identificadas como *Limnococcus*, formando um grupo a parte (figura 26).

Apesar de próximos, estas porcentagens de semelhança e a posição na árvore demonstram que as linhagens GQ375049 e CCIBt 3410 são suficientemente distintas de *Limnococcus*, formando clados distintos. Contudo, ainda é prematuro tratar estes grupos como gêneros separados, sendo necessário sequenciar maior número de linhagens para assegurar a

diferença entre eles. Em relação à semelhança com o clado *Chroococcus* definido por Komárková et al. (2010), a linhagem CCIBt 3410 possui cerca de 92% de semelhança, também comprovando a dissimilaridade da linhagem isolada da Mata Atlântica com este clado. Todas essas relações demonstram o quão complexa é a relação filogenética entre as espécies do gênero *Chroococcus* e comprovam o quão heterogêneo é este gênero.

Chroococcus cf. varius A. Braun in Rabenhorst, Die Algen Europa's: 2451. 1876.

Figuras: 16A-B.

Colônias arredondadas, elípticas até irregulares, simples, 2-4-8 células, 8,8-17,4 µm de diâmetro, formando aglomerados. Bainha conspícua, firme, distinta ou indistintamente lamelada, lisa, hialina, 1,1-3,3 µm de espessura. Células esféricas até subsféricas, alongadas antes da divisão, 2,5-4,2 µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, verde-oliva até amarelado.

Ocorrência: sobre madeira (poste de iluminação e portão) e sobre troncos de árvore, ambos secos e ensolarados.

Material examinado: SP 401420, SP 401421, SP 401441.

As populações encontradas diferem de *C. varius* principalmente pela ocorrência sobre madeira e casca de árvore, sendo que a espécie foi descrita originalmente ocorrendo sobre rochas (Komárek & Anagnostidis 1998). *Chroococcus varius* f. *samoensis* Wille apresenta semelhança com o material estudado em relação ao *habitat*, mas difere em relação às dimensões celulares e coloração acinzentada das células. As populações estudadas também foram comparadas com *Gloeocapsa aeruginosa* Kützinger, porém esta espécie possui colônias formadas por várias células e ocorre sobre rochas, o que não condiz com as características observadas no material da Mata Atlântica. Além disso, foram encontradas três populações provenientes de localidades distintas e todas correspondentes entre si morfológica e ecologicamente, o que indica a estabilidade das características e consequente sustentação e distinção deste morfotipo em relação às espécies mais próximas.

***Cyanosarcina* Kováčik 1988.**

***Cyanosarcina* sp.**

Figuras: 16C-F.

Colônias irregulares, raras, células isoladas frequentemente presentes. Bainha conspícua até inconspícua, firme até difluente, não lamelada, lisa, frequentemente hialina, porém em estágios avançados pode tornar-se intensamente vermelha, 0,6-1,1 µm de espessura. Células

esféricas, subesféricas até irregulares, (4,4)5,2-6,7 μm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, castanho-púrpuro até púrpuro.

Ocorrência: sobre concreto seco e ensolarado.

Material examinado: SP 427339.

O gênero *Cyanosarcina* foi descrito por Kováčik (1988) com base na cepa HINDÁK 1971/101. Segundo este autor, esta linhagem formava colônias sarciniformes iguais ao descrito para *Myxosarcina*, porém jamais produzia baeócitos, o que é típico para este último gênero. Com base nessa característica, Kováčik (1988) descreveu o gênero *Cyanosarcina*, combinando neste gênero todas as espécies de *Myxosarcina* descritas na literatura que não formavam baeócitos.

O material isolado da Mata Atlântica foi estudado apenas em cultura, não sendo observadas populações representativas na amostra da natureza. Durante a análise desta linhagem, foram observados estágios típicos aos descrito para o gênero *Chroococcus*, como as células hemisféricas que se dividem sem retornarem ao tamanho da célula mãe antes da próxima divisão, sendo este o estágio mais comumente observado. Porém, também foram observados indivíduos em que a divisão celular seguia em mais planos, gerando colônias com arranjos muito similares aos que ocorrem em *Cyanosarcina fontana* Kováčik, espécie tipo do gênero. Apesar de terem sido raramente observados, estes estágios em que as células dão seguimento à divisão celular foram cruciais para identificação genérica. Isso por que mesmo sendo raro, o fato de alguns indivíduos seguirem no processo de divisão celular indica a capacidade dessa linhagem em realizar esse tipo de divisão, o que não ocorre no gênero *Chroococcus* e sim em *Cyanosarcina*. Por este motivo, esta linhagem foi identificada como *Cyanosarcina* e não como *Chroococcus*, mesmo que os indivíduos mais comumente observados sejam semelhantes a este último gênero.

Dentre as espécies de *Cyanosarcina*, a espécie morfológicamente mais próxima à população presentemente descrita é *Cyanosarcina huebeliorum* Komárek & Anagnostidis. Contudo, esta espécie possui conteúdo celular verde azulado e células com 3,5-5,4 μm de diâmetro, características que a distanciam do material isolado da Mata Atlântica. Além disso, a formação de bainhas avermelhadas foi uma característica encontrada em *Cyanosarcina* sp. e não é descrita para as outras espécies do gênero. Esta foi uma característica observada apenas em estágios avançados de desenvolvimento da linhagem, tornando-se tão intensa nesta fase que após 30 dias o meio de cultura tornava-se completamente vermelho (figura 16F).

***Cyanostylon* Geitler 1928.**

Cyanostylon gelatinosus Azevedo & Sant'Anna, Algological Studies 75: 76. 1994.

Figuras: 16G-J.

Colônias dendróides, estratificadas, irregulares, densas e gelatinosas, compostas de poucas células (3) até várias (>50). Hastes mucilaginosas tubulares, circulares até elípticas, ramificadas, conspícuas, lameladas, firmes e hialinas, 5,7-8,4 µm de diâmetro. Células esféricas, alongadas quando em divisão, 1 ou 2 por ápice de cada haste, (1,2)1,5-2,7(3,2) µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo, azul-esverdeado.

Ocorrência: sobre parede sombreada e úmida de gruta.

Material examinado: SP 401448.

Sant'Anna et al. (1991b) publicaram a flora de cianobactérias da Gruta-que-chora, no município de Ubatuba, e não encontraram esta espécie. No entanto, *Cyanostylon gelatinosus* Azevedo & Sant'Anna foi originalmente descrita para a região de Ubatuba em uma gruta na praia Domingas Dias, distante da região da Gruta-que-chora apenas 2,5 km. Ou seja, além da similaridade no tipo de ambiente, o material analisado procede de uma gruta próxima ao local onde o material tipo da espécie foi coletado, o que reforça a identificação.

Cyanostylon cf. gelatinosus Azevedo & Sant'Anna, Algological Studies 75: 76. 1994.

Figuras: 16K.

Colônias dendróides, estratificadas, irregulares, densas e gelatinosas, compostas de poucas células (3) até várias (>30). Hastes mucilaginosas tubulares, curtas, circulares até elípticas, simples, conspícuas, lameladas, firmes, hialinas até levemente castanhas, 3,1-7,5 µm de diâmetro. Células esféricas, alongadas quando em divisão, 1 ou 2 por ápice de cada haste, 1,7-2,4 µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo, pálido, azul-esverdeado.

Ocorrência: sobre concreto úmido e ensolarado.

Material examinado: SP 401423.

Komárek & Anagnostidis (1998) relataram oito espécies de *Cyanostylon*, sendo todas morfológica e ecologicamente diferentes do material presentemente descrito. Além dessas, recentemente três novas espécies foram descritas para China (Xiao & Sheng 2000, Xiu et al. 2004, Lü et al. 2006) e todas possuem características distintas em relação à população encontrada na Mata Atlântica. As espécies das quais a população brasileira mais se aproxima estão detalhadas na tabela 4, sendo *Cyanostylon gelatinosus* a espécie mais próxima. Todavia, a identificação não pôde ser confirmada devido às diferenças no *habitat* e na coloração das hastes mucilaginosas.

Cyanostylon* sp.*Figuras:** 16L, 17A.

Colônias dendróides, estratificadas, irregulares, densas, compostas de poucas células (8) até várias (>50). Hastes mucilaginosas tubulares, curtas, circulares até elípticas, simples, conspícuas, firmes, lamelosas, hialinas até levemente castanhas ou púrpuro-azuladas, 5,3-8,2 µm de diâmetro, 8,0-9,5 µm de comprimento. Células esféricas, alongadas quando em divisão, 1 até 4 por ápice de cada haste, (2,5)3,0-4,5 µm de diâmetro. Conteúdo celular granuloso, verde-oliva.

Ocorrência: sobre rochas úmidas e sombreadas próximas a cachoeira.

Material examinado: SP 427330, SP 427331.

A população presentemente descrita apresenta semelhanças morfológicas com *Stilocapsa lilacina* Xiu & H.X. Xiao, principalmente em relação à coloração, estrutura da colônia e diâmetro das células. Todavia, difere em relação ao conteúdo granuloso das células e ao menor diâmetro da haste mucilaginosa na parte superior. Adicionalmente, a semelhança ecológica não pôde ser confirmada, uma vez que há incerteza quanto ao *habitat* de *S. lilacina*, pois em Xiu et al. (2004) não consta informação alguma sobre a ocorrência da espécie.

Apesar da semelhança com *S. lilacina*, a população presentemente descrita foi identificada como *Cyanostylon* sp. devido à impossibilidade em se distinguir o gênero *Stilocapsa* de *Cyanostylon*, sendo que atualmente o primeiro é tratado como sinônimo do segundo e *S. lilacina* é um *nomen nudum* como veremos a seguir.

A espécie tipo de *Stilocapsa* foi combinada ao gênero *Cyanostylon* por Bourrelly (1970), o que foi adotado nos sistemas de classificação para as Chroococcales de Komárek & Anagnostidis (1986, 1998). Porém, Xiu et al. (2004) ainda consideraram estes táxons separadamente e descreveram *S. lilacina*, apesar de não deixarem claras as diferenças desta com o gênero *Cyanostylon*. Além disso, a espécie descrita por eles apresenta problema nomenclatural, uma vez que na descrição original não há designação do tipo, o que segundo o Código de Nomenclatura Botânica torna o nome inválido (McNeill et al. 2006). Dessa forma, há a necessidade de tipificação do táxon e combinação deste ao gênero *Cyanostylon*.

***Gloeocapsopsis* Geitler ex Komárek 1993.**

Gloeocapsopsis chroococcoides (Nováček) Komárek & Anagnostidis, Bulletin of the National Science Museum, Series B, 19(1): 34. 1993.

Basiônimo: *Gloeocapsa chroococcoides* Nováček, Mohelno [Arch. Svazu Ochr. Prír. a Domov. Zemi Moravskoslezské] 3a: 100, 139. 1934.

Figuras: 17B-C.

Colônias sarciniformes, arredondadas ou alongadas, ramente irregulares, 15,5-50 µm de diâmetro, subcolônias ausentes. Bainha conspícua, homogênea até finamente graunlada, firme, púrpuro-rósea até púrpuro-enegrecida. Células elipsoidais, subesféricas até poligonais, 10,1-16,8 µm de diâmetro, com bainhas individuais raramente lameladas, 0,6-2,4 distantes das células. Conteúdo celular granuloso, azul-esverdeado até verde-oliva, estruturas semelhantes a vacúolo frequentemente presentes.

Ocorrência: sobre concreto seco e ensolarado.

Material examinado: SP 401425, SP 401438, SP 401440, SP 427335.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Gloeocapsopsis chroococcoides (Nováček) Komárek & Anagnostidis difere das outras espécies de *Gloeocapsopsis* principalmente pelo padrão de coloração e por formar colônias regulares, pequenas e isoladas, não sendo encontradas subcolônias. Apesar de Komárek & Anagnostidis (1998) comentarem que *G. chroococcoides* é conhecida apenas para a República Tcheca, o material presentemente descrito condiz com todas as características morfométricas descritas para espécie. A única diferença é em relação à composição do substrato, sendo que *G. chroococcoides* foi descrita com base em material coletado sobre sepertinito, uma rocha metamórfica encontrada em regiões temperadas.

Porém, Hauer (2007a) também encontrou esta espécie em rochas calcárias da República Tcheca. Isso condiz em parte com o registrado no presente estudo, uma vez que o concreto possui composição calcária. Além disso, as características dos indivíduos encontrados na Mata Atlântica também concordam com a descrição e a ilustração apresentadas por Hauer (2007a).

Gloeocapsopsis dvorakii (Nováček) Komárek & Anagnostidis, *Algological Studies* 43: 191. 1986.

Basiônimo: *Gloeocapsa dvorakii* Nováček, *Zpravy Kom. Prir. Moravy a Slezka, Oddel. Bot.* 7: 1. 1929.

Figuras: 17D-F.

Colônias sarciniformes, arredondadas, alongadas até irregulares, 11-134,4 µm de diâmetro, subcolônias presentes e sobrepostas umas as outras. Bainha conspícua, levemente lamelada, firme, finamente granulosa, alaranjada até vermelho-ferrugem em estágios avançados. Células irregularmente esféricas, elipsoidais, subesféricas até poligonais, 3,5-9,2 µm de diâmetro, com bainhas individuais não lameladas ou levemente lameladas, 0,6-1,4 µm de espessura. Conteúdo celular granuloso, verde azulado.

Ocorrência: sobre corda e telhado secos e sobre rocha úmida, todos ensolarados.

Material examinado: SP 401432, SP 401433, SP 427334, SP 427336.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Gloeocapsopsis dvorakii (Nováček) Komárek & Anagnostidis foi descrita com base em material coletado na República Tcheca sobre rochas e Komárek (1993) também a encontrou em várias localidades do Japão, sempre sobre rochas. Em ambos os países, as rochas nas quais *G. dvorakii* ocorreu estavam sempre secas (Komárek 1993).

O material encontrado na Mata Atlântica foi coletado sobre substratos diferentes daqueles em que a espécie é comumente encontrada. Contudo, as características morfológicas das populações analisadas estão totalmente de acordo com as características descritas em Komárek (1993), o que justifica a identificação do material estudado como *G. dvorakii*. Mesmo as populações encontradas sobre rochas úmidas (SP 401432, SP 427336) apresentam estrutura da colônia, dimensões celulares e padrão de coloração, exatamente como descritos para a espécie, não sendo possível diferenciá-las das demais populações encontradas. Além disso, Hauer (2007a) também encontrou esta espécie sobre rochas periodicamente úmidas da República Tcheca, o que condiz com o registrado no presente estudo. Isso mostra que *G. dvorakii* tem ampla ocorrência e sua real distribuição ainda não é bem conhecida, provavelmente devido à falta de estudos.

Gloeocapsopsis magma (Brébisson) Komárek & Anagnostidis também é uma espécie da qual o material presentemente analisado se aproxima. Porém, a distinção entre *G. magma* e *G. dvorakii* é muito confusa (tabela 5), havendo muitas características em intersecção entre elas (tabela 5). Apesar de *G. magma* já ter sido registrada para rochas úmidas e telhados, Komárek & Anagnostidis (1998) comentam que esta espécie ocorre somente em regiões temperadas,

sendo que registros para regiões tropicais são incongruentes. Por esta razão, as populações encontradas na Mata Atlântica foram identificadas com *G. dvorakii* e não como *G. magma*.

Possivelmente, *G. dvorakii*, *G. magma* e as populações encontradas na Mata Atlântica compreendam espécies crípticas (Johansen & Casamatta 2005), ou seja, geneticamente as populações possivelmente sejam diferentes, pois ocorrem em ambientes distintos, mas morfologicamente não podem ser separadas.

***Gloeocapsopsis* sp.1**

Figuras: 17G-I.

Colônias sarciniformes, arredondadas até irregulares, 14,6-159,4 µm de diâmetro, subcolônias frequentemente presentes, formando aglomerados. Bainha, conspícua, lamelada, firme, finamente granulada, hialina até castanho-alaranjado e vermelho-ferrugem. Células elipsoidais, subesféricas até poligonais, 6,1-10,6 µm de diâmetro, com bainhas individuais frequentemente lameladas, 0,7-1,3 distantes das células. Conteúdo celular granuloso, verde azulado até verde-oliva.

Ocorrência: sobre casca de árvore seca e ensolarada.

Material examinado: SP 401424, SP 401429, SP 427326.

Tabela 4: Comparação entre as espécies próximas da população de *Cyanostylon cf. gelatinosus* analisada no presente estudo.

	<i>C. purpurea</i> Chu & Chen	<i>C. microcystoides</i> Geilter	<i>C. alpina</i> H.X. Xiao & Y.M. Sheng	<i>C. gelatinosus</i> Azevedo & Sant'Anna	<i>C. cf. gelatinosus</i> Azevedo & Sant'Anna
Diâmetro celular (µm)	0,2-1,5	2,5-3	2-3,3	1,5-3,5	1,7-2,4
Conteúdo celular	Granuloso e castanho avermelhado ou azulado	Com grânulo solitário e intensamente verde azulado	Homogêneo e verde azulado	Homogêneo e intensamente verde azulado	Homogêneo e palidamente verde azulado
Haste mucilaginosa	Hialina, lamelada e lisa	Hialina e ondulada	Laranja ou castanho avermelhada e papilada	Hialina, firme e lamelada	Hialina até castanha, firme e lamelada
Habitat	-	Rochas calcárias, cachoeiras	Rochas	Paredes de caverna em frente ao mar	Concreto em meio à mata
Ocorrência	China	Áustria, Polônia e Grécia	China	Brasil	Brasil
Fontes consultadas	Xiao & Sheng (2000)	Geitler (1932), Komárek & Anagnostidis (1998)	Xiao & Sheng (2000)	Azevedo & Sant'Anna (1994b)	Presente estudo

O gênero *Gloeocapsopsis* foi validamente descrito por Komárek (1993) e atualmente são conhecidas nove espécies no gênero (Komárek & Watanabe 1998, Komárek & Hauer 2011). Dentre estas, a maioria foi inicialmente descrita como *Gloeocapsa* e posteriormente combinadas em *Gloeocapsopsis*, sendo que apenas recentemente duas espécies foram originalmente descritas no gênero: *Gloeocapsopsis ferruginea* Komárek & Watanabe e *Gloeocapsopsis aurea* Mantaloni & Komárek. Em relação à ocorrência, com exceção de *G. ferruginea*, que foi encontrada como epífita de algas filamentosas em lagos (Komárek & Watanabe 1998), todas as espécies já descritas são epilíticas, ocorrendo em ambientes terrestres e próximos a corpos de água doce ou marinha. Ecologicamente, este fato torna o material presentemente descrito muito distante das espécies conhecidas de *Gloeocapsopsis*.

Morfológicamente, as populações de *Gloeocapsopsis* sp.1 encontradas na Mata Atlântica apresentam características próximas a *Gloeocapsopsis dvorakii* e *Gloeocapsopsis magma*. Porém, essas espécies não apresentam bainhas frequentemente lameladas e o padrão de coloração das colônias é diferente daquele encontrado em *Gloeocapsopsis* sp.1. Essas características não são suficientes para separar espécies por si só, pois possuem grande influência ambiental (Welsh 1965). Contudo, o fato de ter-se encontrado três populações, todas ocorrendo sobre cascas de árvores e com as mesmas características morfométricas, sugere a estabilidade desses caracteres e torna *Gloeocapsopsis* sp.1 distinto das outras espécies de *Gloeocapsopsis*.

***Gloeocapsopsis* sp.2**

Figuras: 17J-L.

Colônias sarciniformes, arredondadas, alongadas até irregulares, 71,7-123,2 µm de diâmetro, subcolônias presentes e sobrepostas umas as outras. Bainha conspícua, não lamelada, firme, lisa, hialina (raro) até castanho-enegrecida. Células irregularmente esféricas, elipsoidais, subesféricas 6,7-10,6 µm de diâmetro, com bainhas individuais não lameladas, justapostas às células. Conteúdo celular granuloso, verde amarelado.

Ocorrência: sobre rocha úmida e ensolarada.

Material examinado: SP 427336.

A população presentemente descrita diferencia-se das espécies de *Gloeocapsopsis* pelo arranjo das colônias, pela forma da célula e pela coloração da bainha. As células encontradas nos indivíduos presentemente analisados possuem forma regular e não poliédrica ou irregular, como é comumente observado nas demais espécies de *Gloeocapsopsis*. Além disso, a coloração da bainha e intensa granulação do conteúdo celular são particularidades desse morfotipo também não observadas nos outros representantes do gênero.

Por essas características, muito provavelmente o material encontrado na Mata Atlântica deverá constituir uma nova espécie. Isso não é surpreendente, dado que o gênero possui apenas nove espécies como já comentando em *Gleocapsopsis* sp.1 e possivelmente *Gleocapsopsis* tenha muitos outros representantes, ainda não descobertas pela falta de estudos em ambientes terrestres, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, como no caso da população presentemente descrita.

***Nephrococcus* Li 1984.**

Nephrococcus shilinensis Tian in Tian et al., Acta Phytotaxonomica Sinica 39(3): 280. 2001.

Figuras: 18A-C.

Colônias formadas por subcolônias com 2-4-8-16 células em arranjo sarciniforme, arredondadas até irregulares, 25,4-340 µm de diâmetro. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, lamelada, firme, finamente granulada, hialina em estágios iniciais, castanha em estágios adultos, com coloração mais intensa nas camadas internas. Células reniformes até elipsoidais (3,3)8,1-10,4(15,5) µm de diâmetro, com bainhas individuais concentricamente lameladas, 1-3 µm distantes das células. Conteúdo celular finamente granuloso, verde azulado ou verde-oliva.

Ocorrência: sobre rocha úmida e ensolarada.

Material examinado: SP 401418.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Tabela 5: Comparação entre a população de *G. dvorakii* analisada no presente estudo e *G. magma* e *G. dvorakii*.

	<i>Gloeocapsopsis magma</i> (Brébisson) Komárek & Anagnostidis	<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i> (Nováček) Komárek & Anagnostidis	<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i> (Nováček) Komárek & Anagnostidis
Colônia			
Formato	± Esféricas ou irregulares; aglomerados de células e subcolônias	Irregulares, aglomerados de células e subcolônias	Sarciniformes, arredondadas, alongadas até irregulares
Diâmetro (µm)	30-60	Até 140	11-134,4
Mucilagem			
Cor	Hialina até vermelha ou castanha	Vermelho-ferrugem, castanho, amarelo- castanho (intensidade varia bastante)	Alaranjada até vermelho-ferrugem
Ornamentação	Raramente lamelada, nunca ampla	Indistintamente lamelada, nunca muito amplo, raramente granular	Levemente lamelada, finamente granulosa
Individual	0,5-1,5 µm de espessura;	1-3 µm de espessura;	0,6-1,4 µm de espessura
Célula			
Formato	Irregularmente esféricas, poligonais	Subesféricas, elipsoidais, poligonais, formato de pêra ou irregulares	Irregularmente esféricas, elipsoidais, subesféricas até poligonais,
Dimensões (µm)	3-7(18)	3,5-11,5(17,7)	3,5-9,2
Cor	Verde azulado	Verde azulado pálido	Verde azulado
Conteúdo		Homogêneo ou espaçadamente granuloso	Granuloso
Habitat	Subaerofítico, rochas úmidas, telhados, região de montanhas, substratos não alcalinos	Rochas (arenito e vulcânica), ambientes bem secos	Corda e telhado secos e sobre rocha úmida, todos expostos ao sol
Fontes consultadas	Komárek & Anagnostidis (1998)	Komárek (1993), Komárek & Anagnostidis (1998)	Presente estudo

O gênero *Nephrococcus* foi descrito por Li (1984) e permaneceu uniespecífico até que *Nephrococcus shilinensis* Tian fosse descrita (Tian et al. 2001), sendo um gênero até então encontrado apenas na China. A característica principal do gênero, segundo Li (1984), é a forma reniforme das células, o que o torna distinto dos gêneros *Aphanothece*, *Chroococcus* e *Gloeothece*. Adicionalmente, Komárek & Anagnostidis (1998) também mencionam a disposição em coroa das células na colônia como critério diacrítico. Porém, esta característica foi observada apenas na espécie tipo, *Nephrococcus confertus* Li e não está descrita na diagnose original do gênero.

O material encontrado na Mata Atlântica é morfológicamente e ecologicamente muito semelhante ao descrito por Tian et al. (2001), tendo pequenas variações em relação às dimensões celulares. Porém, é evidente a semelhança de *N. shilinensis* com representantes do gênero *Gloeocapsopsis* devido à disposição sarciniforme apresentada pelas subcolônias. Contudo, este último gênero não apresenta células reniformes, o que justifica a classificação dessa espécie em *Nephrococcus*, mesmo que não tenha sido observada a disposição das células em coroa.

***Pseudocapsa* Ercegović 1925.**

Pseudocapsa dubia Ercegović, Acta Botanica Instituti Botanici Universitatis Zabrabensis 1: 95. 1925.

Figuras: 18D-E.

Colônias isoladas ou compostas por subcolônias esféricas a irregulares, 8-33 µm de diâmetro, com células arranjadas irregularmente em colônias jovens e radialmente em colônias maduras. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, firme, hialina até castanha. Células esféricas, hemisféricas a irregulares, 2-4 µm de diâmetro, facultativamente com bainha individual. Conteúdo celular homogêneo, azul-esverdeado ou amarelado.

Ocorrência: sobre parede sombreada e úmida de gruta.

Material examinado: SP 401448.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Pseudocapsa dubia Ercegović é a espécie tipo do gênero e foi originalmente descrita para rocha/parede de uma caverna na Europa. Além da semelhança no *habitat*, o material aqui analisado concorda com todas as características morfológicas da espécie, o que justifica a ocorrência e registro também para a região tropical. A análise populacional foi imprescindível para determinação do gênero e da espécie, uma vez que a organização radial das células é aparente apenas em colônias maduras e indivíduos em estágios iniciais podem ser confundidos

com representantes do gênero *Chroococcus*. Sant'Anna et al. (1991b) estudaram as cianobactérias da Gruta-que-chora e não encontraram representantes do gênero *Pseudocapsa*.

Bourrelly (1970) combinou *P. dubia* ao gênero *Myxosarcina*, o que não foi adotado por Komárek & Anagnostidis (1986, 1998) devido à necessidade de revisão da espécie. Além disso, Kováčik (1988) comprovou, com base em material de cultura, que *Pseudocapsa* apresenta um tipo particular de divisão celular, diferente daquele apresentado por *Cyanosarcina* e não produz baeócitos. Isso torna esse gênero muito distante de *Myxosarcina*, cujas células dividem-se por fissão binária e múltipla.

***Pseudocapsa* sp.**

Figuras: 18F-G.

Colônias isoladas ou compostas por subcolônias arredondadas até irregulares, 6,4-12,5 µm de diâmetro, com células densamente agregadas. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, firme, hialina até castanho escuro. Células hemisféricas a irregulares, 2,7-3,8 µm de diâmetro sem bainha, 2,9-4,4 µm de diâmetro com bainha. Arranjo irregular em colônias jovens e radial em colônias adultas. Conteúdo celular homogêneo, azul-esverdeado pálido.

Ocorrência: sobre madeira (poste de iluminação) seca e ensolarada.

Material examinado: SP 401421.

A forma das colônias, a coloração castanha escura da bainha e a ocorrência sobre madeira são as características que tornam esta população distinta das espécies já descritas em *Pseudocapsa*. A espécie da qual o material mais se aproxima morfologicamente é *Pseudocapsa dubia*, porém o *habitat* desta espécie é muito diferente daquele em que a população presentemente descrita foi encontrada.

***Endospora* Gardner 1927.**

Endospora rubra Gardner, Memoirs of the New York Botanical Garden 7: 28. 1927.

Figuras: 18H-I.

Colônias sarciniformes, 13-51,2 µm de diâmetro, subcolônias presentes, pareadas umas as outras. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, levemente granulosa, firme, hialina em estágios iniciais até vermelho-ferrugem. Células poligonais, (4,4)6,5-9,5(16,3) µm de diâmetro, bainhas individuais 1,3-1,8 µm distantes da célula. Conteúdo celular granuloso, verde azulado.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sobre telhado seco, ambos ensolarados.

Material examinado: SP 401418, SP 401434.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

As populações presentemente analisadas possuem as características morfológicas e ecológicas descritas por Gardner (1927) para *Endospora rubra* Gardner, sendo a única diferença as dimensões celulares encontradas, que estão numa amplitude maior do que aquela apresentada na descrição original.

O gênero *Endospora* foi definido por Gardner (1927) com base na formação de colônias cuboides cujos ‘endósporos’ se formavam pela individualização de cada célula através do espessamento da bainha individual, de forma que tais ‘endósporos’ ficassem estreitamente próximos. Porém, sabe-se que as Cyanobacteria não formam endósporos verdadeiros (Stanier & Cohen-Bazire 1977, Angert 2005) e provavelmente Gardner (1927) utilizou-se dessa terminologia para definir células em estágio de resistência. Nesta concepção, o gênero possui estreita ligação com *Cyanosarcina*, *Gloeocapsopsis* e *Myxosarcina*, devido ao arranjo das células e forma da colônia.

Bourrelly (1970) colocou em sinonímia a espécie tipo do gênero, *E. rubra*, no gênero *Myxosarcina*. Todavia, nem este autor e tampouco Gardner (1927) descreveram a formação típica de baeócitos para essa espécie, o que torna incongruente a sua inclusão no gênero *Myxosarcina*, cuja reprodução se dá por fissão binária e múltipla. Komárek & Anagnostidis (1998) sugerem que *Endospora rubra* pertença ao gênero *Cyanosarcina*, uma vez que as colônias possuem arranjo sarciniforme e se reproduzem apenas por fissão binária. Contudo, este gênero não apresenta bainhas coloridas, o que é uma característica típica de *E. rubra* e, portanto, a torna distante de *Cyanosarcina*.

Em contrapartida, as características do gênero *Gloeocapsopsis* condizem com as de *E. rubra*, principalmente no arranjo das colônias como ilustrado em Komárek & Anagnostidis (1986). Assim, este seria o gênero que englobaria todas as características de *E. rubra* e, portanto, aquele no qual esta espécie deveria ser combinada. Todavia, *Gloeocapsopsis* possui grande complexidade em relação ao ciclo de vida (Komárek 1993), o que demanda cuidados e estudos detalhados antes da inclusão ou descrição de novas espécies neste gênero. Portanto, até que possamos aprofundar os estudos sobre esta população e, se for o caso, fazer a nova combinação no gênero *Gloeocapsopsis*, o material da Mata Atlântica permanecerá identificado como *E. rubra*.

Família Microcystaceae Elenkin 1933.

Chondrocystis Lemmermann 1899.

Chondrocystis dermochroa (Nägeli) Komárek & Anagnostidis, Preslia 67: 17. 1995.

Basiônimo: *Gloeocapsa dermochroa* Nägeli, Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften 10(7): 51. 1849.

Figuras: 18J.

Colônias arredondadas até irregulares, 26,5-64,3 µm de diâmetro, compostas de várias subcolônias sarciniformes densamente agregadas, 4-8,3 µm de diâmetro. Bainha conspícua, homogênea, firme, hialina. Células esféricas até subesféricas, 1,8-2,4 µm de diâmetro, com bainhas individuais incolores, firmes, 0,3-0,8 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo, verde azulado. Estágios de resistência não observados.

Ocorrência: sobre rocha coberta por lâmina de água em local ensolarado, próxima à cachoeira.

Material examinado: SP 401419.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Chondrocystis dermochroa (Nägeli) Komárek & Anagnostidis foi originalmente descrita como *Gloeocapsa* por Nägeli (1849). Porém, devido às colônias serem formadas pelo denso arranjo de subcolônias cúbicas, essa espécie foi transferida para *Chondrocystis* (Komárek & Anagnostidis 1995).

O material analisado apresenta este arranjo típico, além das características morfométricas e tipo de substrato e ambiente semelhantes ao de *C. dermochroa*. No entanto, estágios de resistência e bainhas castanhas não foram observados nos indivíduos analisados, o que pode estar relacionado às características ambientais.

Gloeocapsa Kützing 1843.

Gloeocapsa compacta Kützing, Tabula Phycologica 1: 24. 1845.

Figuras: 18K, 19A-B.

Colônias arredondadas, elípticas até irregulares, simples ou compostas por subcolônias de 2-4-8, raramente mais células, 7,3-168,8 µm de diâmetro. Bainha conspícua, lamelada ou não, firme na margem e difluente no interior da colônia, lisa até levemente granulosa, hialina em estágios iniciais, marrom-alaranjada até púrpura em estágios avançados, com coloração mais intensa nas camadas externas. Células esféricas até subesféricas, alongadas quando em

divisão, (2)2,4-2,8(3,1) µm de diâmetro, com bainhas individuais 0,6-2,1(4,1) µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo ou com grânulos pequenos e dispersos, verde azulado. Células em estágio de resistência alongadas, 3,3-4 µm de diâmetro, com bainha espessa, intensamente colorida.

Ocorrência: sobre casca de árvore e sobre rocha, ambas secas e ensolaradas.

Material examinado: SP 401447, SP 427326.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Apesar de terem sido encontradas em substratos diferentes, as populações presentemente descritas apresentaram as mesmas características morfológicas, não sendo possível separá-las. Kützing (1845) não relata o *habitat* típico de *Gloeocapsa compacta* Kützing, mas apesar de ser uma espécie frequentemente encontrada sobre rochas, Komárek & Anagnostidis (1998) também indicam a ocorrência de *G. compacta* para cascas de árvores, o que condiz com o que foi encontrado neste estudo.

Gloeocapsa stegophila (Itzigsohn) Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thtringen und Nordbohmen 1: 72. 1863.

Basiônimo: *Monocapsa stegophila* Itzigsohn in Rabenhorst, Die Algen Sachsens 27/28: 263a. 1853.

Figuras: 19C-D.

Colônias arredondadas, simples ou compostas por subcolônias de 2-4-8, raramente mais células, 7,2-32,8(57,7) µm de diâmetro. Bainha conspícua, raramente lamelada, firme, lisa ou levemente granulada, hialina até alaranjada intenso, com coloração irregular pela colônia. Células esféricas até subesféricas, alongadas quando em divisão, (2,8)3,2-3,9(4,2) µm de diâmetro, com bainhas individuais 0,6-1,9(5,4) µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo ou com grânulos pequenos e dispersos, verde azulado. Estágios de resistência não foram observados.

Ocorrência: sobre casca de árvore e sobre rocha, ambas secas e ensolaradas.

Material examinado: SP 401447, SP 427326.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Gloeocapsa stegophila (Itzigsohn) Rabenhorst é uma espécie pouco conhecida. Desikachary (1959) contém a descrição desta espécie, porém não há informações sobre o *habitat*. Komárek & Anagnostidis (1998) sugerem que *Gloeocapsa stegophila* ocorra sobre madeira e seja sinônimo de *Gloeocapsa haematodes* Kützing. Porém, esses mesmos autores mencionam que *G. haematodes* ocorre sobre solos alagados e possui bainha vermelha e não

laranja como descrito para *G. stegophila*. Por essas razões, *G. stegophila* e *G. haematodes* foram tratadas como táxons distintos no presente estudo.

O material encontrado na Mata Atlântica condiz com a descrição de *Gloeocapsa stegophila* apresentada por Desikachary (1959) e também com a ilustração de Komárek & Anagnostidis (1998), que é uma cópia da exsicata original. As populações analisadas ocorreram sobre madeira e rocha, não sendo possível separá-las morfometricamente e por isso ambas foram identificadas como *G. stegophila*.

Uma peculiaridade sobre a ocorrência dessa espécie é que as populações de *G. stegophila* e *G. compacta* sempre ocorreram juntas, tanto nas populações encontradas sobre madeira como sobre rocha. Além disso, *G. compacta* por vezes apresentava coloração semelhante a *G. stegophila*, o que poderia levar a confusão. Porém, essas espécies são bem diferenciadas principalmente pelo diâmetro das células e estrutura da colônia.

Gloeocapsa punctata Nägeli, Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften. 10[7]: 51. 1849.

Figuras: 19E-F.

Colônias arredondadas, elípticas, até irregulares, simples ou compostas por subcolônias de 2-4-8, raramente mais células, 3,8-13,8 µm de diâmetro. Bainha conspícua, lamelada ou não, firme até difluente, lisa, hialina. Células esféricas até subesféricas, alongadas quando em divisão, 1,4-2,2 µm de diâmetro, com bainhas individuais 0,6-2,2 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo, verde azulado. Células em estágio de resistência não observadas.

Ocorrência: sobre concreto seco e sombreado.

Material examinado: SP 427324.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Apesar de *Gloeocapsa punctata* Nägeli ter sido originalmente descrita para rochas úmidas na Suíça (Nägeli 1849), Desikachary (1959) também relata a ocorrência dessa espécie sobre concreto na Índia, o que condiz com o *habitat* da população presentemente descrita. Além disso, Komárek & Anagnostidis (1998) comentam que provavelmente *G. punctata* tenha distribuição geográfica ampla, apesar de ainda pouco conhecida.

Gloeocapsa nigrescens Nägeli in Rabenhorst, Die Algen Sachsens, [exsicc.] 63/64: no. 629. 1857.

Figuras 19G-J.

Colônias arredondadas, simples ou compostas por subcolônias de 2-4-8-16, raramente mais células, 7,3-44,8 µm de diâmetro. Bainha conspícua, raramente lamelada, firme,

granulada, hialina até enegrecida ou azulada, frequentemente com coloração mais intensa nas camadas internas, principalmente no primeiro envoltório celular. Células esféricas, até levemente elipsoidais 3,2-5,4 µm de diâmetro, com bainhas individuais raramente lameladas, 0,9-2,2 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo até granuloso, verde azulado até verde-oliva. Células em estágio de resistência alongadas até irregulares, aos pares, 5,8-7,7 µm de diâmetro com bainha espessa, grosseiramente granulada, intensamente colorida.

Ocorrência: sobre concreto e parede secos até úmidos e ensolarados ou sombreados.

Material examinado: SP 401425, SP 401438, SP 401435, SP 401437, SP 401440, SP 401445, SP 427305, SP 427324, SP 427333.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Durante a análise de várias amostras coletadas na Mata Atlântica, foram encontrados diversos morfotipos com a coloração da bainha enegrecida. Dentre esses, vários foram identificados como *Gloeocapsa nigrescens* Nägeli, porém a semelhança desta espécie com outras é muito grande e será discutida abaixo.

Os representantes do gênero *Gloeocapsa* possuem capacidade particular de formar bainhas coloridas, variando desde tonalidades acastanhadas e avermelhadas até azuladas e enegrecidas. Esta é uma característica tão ampla no gênero que já foi utilizada para separar as espécies em grupos infragenéricos (Golubić 1965). Contudo, também é uma característica que pode induzir a erros, como no caso específico das espécies que possuem coloração azulada, violeta e enegrecida.

Komárek & Anagnostidis (1998) fornecem informações sobre sete espécies deste grupo com bainhas violeta, azul e preta, enquanto Rabenhorst (1865) relata 10 espécies. Apesar do elevado número, ao se comparar as características dessas espécies nota-se que muitas sobrepõem-se, tanto em relação às características morfométricas como ecológicas. No trabalho de Komárek & Anagnostidis (1998) pode-se observar ilustrações de vários autores para cada espécie e, com base nestas figuras, é possível perceber que todas possuem arranjo das colônias muito similar, variando apenas em alguns estágios do ciclo de vida. Esta similaridade em relação à estrutura da colônia, juntamente com a sobreposição de medidas e padrão de coloração, tornam a separação entre essas espécies muito difícil, principalmente as citadas na tabela 6. Isso demonstra que este grupo necessita ser revisado com base no tipo de cada espécie, estabelecendo-se melhor o limite entre cada táxon.

Gloeocapsa nigrescens já foi encontrada para regiões tropicais (Desikachary 1959, Komárek & Anagnostidis 1998) e o presente estudo contribui para a distribuição desta espécie também para região subtropical. Em relação à comparação com outras espécies, a amplitude do diâmetro celular dos indivíduos analisados está mais de acordo com o descrito para *G.*

nigrescens. Adicionalmente, Daily (1942) e Hauer (2007b) ilustraram *G. nigrescens* com base em material coletado nos Estados Unidos e na República Tcheca, respectivamente, e os indivíduos observados no presente estudo condizem com as ilustrações destes autores.

Gloeocapsa novacekii Komárek & Anagnostidis, Preslia 67: 19. 1995.

Figuras: 19K, 20A-D.

Colônias arredondadas, simples ou raramente compostas por subcolônias, 9,6-174,4 µm de diâmetro. Bainha conspícua, lamelada ou não, firme, finamente granulada, hialina até rósea a vermelho intenso em estágios avançados, com coloração irregular e mais forte nas camadas internas, principalmente no primeiro envoltório celular. Células esféricas, até levemente elipsoidais 2,7-5,2(6,4) µm de diâmetro, com bainhas individuais amplas, lameladas e granuladas, 0,6-2,7 µm de espessura. Conteúdo celular granuloso, verde pálido até verde azulado. Células em estágios de resistência alongadas até irregulares, aos pares, 4,6-5,8 µm de diâmetro com bainha rígida, grosseiramente granulada e intensamente colorida.

Ocorrência: sobre rocha, sobre concreto e parede secos até úmidos e ensolarados ou sombreados.

Material examinado: SP 401418, SP 401435, SP 401438, SP 401440, SP 427305, SP 427310, SP 427324, SP 427333.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Gloeocapsa novacekii Komárek & Anagnostidis é muito semelhante à *Gloeocapsa sanguinea* (Agardh) Kützing devido ao fato de ambas formarem bainhas com coloração avermelhada, gerando o mesmo problema já descrito em *G. nigrescens*. Porém, essas espécies diferenciam-se em relação ao tipo de *habitat*, sendo *G. novacekii* encontrada sobre rochas secas e *G. sanguinea* sobre rochas próximas a cachoeiras ou intensamente úmidas. Além disso, *G. sanguinea* forma colônias com bainhas muito amplas e células concentradas no centro da colônia, sendo a bainha externa hialina e a bainha interna intensamente vermelha, característica não observada em *G. novacekii*. As populações presentemente analisadas foram encontradas em substratos secos, o que condiz com o descrito para *G. novacekii*.

***Gloeocapsa* sp.1**

Figuras: 20E-G.

Colônias arredondadas, elípticas, até irregulares, simples ou compostas por subcolônias de 2-4-8, raramente mais células, 3,7-18,3 µm de diâmetro, formando densos aglomerados com até 107,8 µm de diâmetro. Bainha conspícua, lamelada ou não, firme, lisa, hialina até levemente azulada. Células esféricas até subesféricas, alongadas quando em divisão, 1,2-2,2

µm de diâmetro, com bainhas individuais 0,8-1,5 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo, verde-oliva. Células em estágio de resistência não observadas.

Ocorrência: sobre casca de árvore seca e sombreada.

Material examinado: SP 401442.

A população presentemente descrita é similar à *Gloeocapsa punctata*, principalmente em relação à morfometria das colônias e células. Porém, *G. punctata* difere por ser encontrada sobre rochas e concreto, além de ter conteúdo celular verde azulado e bainhas sempre hialinas. Em relação à coloração das colônias, *Gloeocapsa* sp.1 é similar à *Gloeocapsa atrata* Kützing, da qual difere por possuir dimensões celulares menores e ter sido encontrada sobre casca de árvore, enquanto *G. atrata* ocorre sobre rochas úmidas (Komárek & Anagnostidis 1998).

***Gloeocapsa* sp.2**

Figura: 20H.

Colônias elípticas até irregulares, simples ou compostas por subcolônias de 2-4, raramente mais células, 7,8-73,2 µm de diâmetro. Bainha conspícua, lamelada ou não, firme na margem e difluente no interior da colônia, lisa até levemente granulosa, hialina em estágios iniciais, marrom-púrpura até púrpura em estágios avançados, com coloração mais intensa nas camadas externas. Células esféricas até subesféricas, alongadas quando em divisão, (2,6)3,1-3,8 µm de diâmetro, com bainhas individuais, 0,5-3,9 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo ou com grânulos pequenos e dispersos, verde azulado. Estágios de resistência não foram observados.

Ocorrência: sobre casca de árvore seca e sombreada.

Material examinado: SP 401426.

Este morfotipo é distinto das espécies de *Gloeocapsa* por um conjunto de características como ocorrência sobre cascas de árvores, arranjo das colônias, coloração da bainha e diâmetro celular. Dentre as espécies de *Gloeocapsa*, as mais próximas do material presentemente descrito são *Gloeocapsa lignicola* Rabenhorst e *Gloeocapsa compacta* Kützing. Porém, *G. lignicola* possui bainhas azuladas e *G. compacta* tem diâmetro celular menor do que aquele encontrado nos indivíduos analisados, o que impossibilita a identificação do material da Mata Atlântica com qualquer uma destas espécies.

Tabela 6: Comparação entre a população de *Gloeocapsa nigrescens* e espécies próximas.

	<i>G. violascea</i> (Corda) Rabenhorst	<i>G. nigrescens</i> Nägeli	<i>G. alpina</i> (Nägeli) Brand	<i>G. atrata</i> Kützing	<i>G. nigrescens</i> Nägeli
Diâmetro celular (μm)	2,8-4(6,8)	3-5	4-6(8)	2-6(8?)	3,2-5,4
Cor da bainha	Azulada até intensamente violeta, enegrecida	Incolor até violeta, enegrecido	Incolor, azulada, enegrecida até violeta escuro	Incolor até azulada	Hialina até enegrecida ou azulada
Habitat	Paredes e rochas	Rochas calcárias úmidas e sombreadas	Rochas calcárias úmidas	Rochas úmidas, paredes, entre musgos. Raramente em solos	Concreto e parede secos e ensolarados
Ocorrência	Europa	Europa e região tropical	Europa, cosmopolita?	Região temperada e América do Sul	Mata Atlântica – São Paulo, Brasil
Fontes consultadas	Komárek & Anagnostidis (1998)	Komárek & Anagnostidis (1998)	Komárek & Anagnostidis (1998)	Komárek & Anagnostidis (1998)	Presente estudo

Família Entophysalidaceae Geitler 1925.***Chlorogloea* Wille 1900.**

Chlorogloea cf. novacekii Komárek & Montejano, *Algological Studies* 74: 6. 1994.

Figuras: 20I-J.

Colônias alongadas, formadas por células alinhadas do interior da colônia para a periferia, 58,3-95,0 μm de comprimento. Bainha conspícua, hialina, firme até difluente. Células esféricas, 2,6-3,2 μm de diâmetro, até cilíndricas, 1,3-1,9 μm de diâmetro, 2,7-3,3 μm de comprimento, com bainhas individuais seguindo o contorno da célula, não lameladas, 1-1,6 μm de espessura. Conteúdo celular homogêneo ou com 2-4 grânulos dispersos, verde azulado pálido.

Ocorrência: sobre rocha úmida e ensolarada.

Material examinado: SP 401418.

Chlorogloea novacekii Komárek & Montejano foi descrita com base em material encontrado em rochas calcárias úmidas de uma caverna na República Tcheca, com temperatura média abaixo dos 20°C (Komárek & Montejano 1994), o que difere circunstancialmente das características nas quais foi encontrada a população presentemente descrita.

O material da Mata Atlântica foi coletado sobre rocha granítica que ocasionalmente pode ficar sob uma lâmina d'água em decorrência da proximidade com o leito de um rio. Além dessas diferenças ecológicas, *C. novacekii* possui colônias com bainha levemente amareladas na borda e células cilíndricas com até 7 μm de comprimento, o que não foi encontrado na população analisada. Por essas características ecológicas e morfológicas a identificação não pôde ser confirmada, mesmo que o diâmetro das células, a presença de envoltório individual celular e a organização da colônia sejam características que aproximam a espécie à população encontrada.

***Chlorogloea* sp.1**

Figuras: 20K-M.

Colônias alongadas, formadas por grupos de células alinhadas do interior da colônia para a periferia, 27-83 μm de comprimento. Bainha conspícua, hialina, firme até difluente. Células esféricas até alongadas quando em divisão, 1,7-2,6 μm de diâmetro, sem bainhas individuais. Conteúdo celular homogêneo, verde azulado.

Ocorrência: sobre casca de árvore úmida e sombreada.

Material examinado: SP 401427.

O gênero *Chlorogloea* continua sendo muito pouco citado, mesmo após Komárek & Montejano (1994) terem definido os principais critérios para o reconhecimento do gênero. Segundo esses autores, *Chlorogloea* é um gênero mais comum do que mostram os atuais registros e a má identificação seria o principal fator contribuinte para esta ocorrência subestimada.

Após a descrição do gênero por Wille (1900), a única espécie amplamente citada foi *Chlorogloea microcystoides* Geitler, sendo relatada para diferentes tipos de *habitat*. Segundo Komárek & Montejano (1994), esta ampla distribuição de *C. microcystoides* é fortemente discutível, pois as espécies desse gênero apresentam estreita especificidade com o tipo de *habitat*, sendo este um dos critérios utilizados para a classificação infragenérica.

Apesar desses autores terem descrito cinco novas espécies, contribuindo para as 20 espécies atualmente reconhecidas (Komárek & Komárková-Legnerová 2007; Komárek & Hauer 2011), apenas *C. novacekii* é típica de ambientes terrestres, sendo as outras espécies relatadas para ambientes aquáticos continentais e marinhos.

A população presentemente descrita difere das espécies do gênero *Chlorogloea* devido à ocorrência sobre tronco de árvores, coloração e diâmetro das células e ausência de envoltório celular individual nas células.

***Chlorogloea* sp.2**

Figuras: 21A-C.

Colônias inicialmente arredondadas, depois alongadas, formadas por grupos de células levemente alinhadas do interior da colônia para a periferia, 19,1-154,4 µm de comprimento. Bainha conspícua, hialina, firme. Células esféricas até elipsoidais 1-1,9(2,8) µm de diâmetro, com bainhas individuais seguindo o contorno da célula, não lameladas, 0,5-0,8 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo, roxo pálido.

Ocorrência: sobre casca de árvore úmida e sombreada.

Material examinado: SP 401443.

O material analisado se aproxima de *Chlorogloea purpurea* Geitler em relação à morfometria, além da coloração do conteúdo celular. Porém, *G. purpurea* é descrita para ambientes aquáticos, bentônica sobre rochas em lagos alpinos, ambiente bem distinto do encontrado neste estudo.

Chlorogloea* sp.3*Figuras:** 21D-F.

Colônias inicialmente arredondadas, depois alongadas, formadas por células levemente alinhadas do interior da colônia para a periferia, 16,4-133,2 µm de comprimento. Bainha conspícua, hialina até laranja-avermelhada, firme, finamente granulada, frequentemente lamelada na periferia da colônia. Células esféricas até elipsoidais 3,0-4,6 µm de diâmetro, com bainhas individuais seguindo o contorno da célula, lameladas ou não, 1,0-2,9 µm de espessura. Conteúdo celular homogêneo ou levemente granuloso, verde azulado.

Ocorrência: sobre corda e telhado secos e ensolarados.

Material examinado: SP 401433, SP 427334.

As populações analisadas mostraram-se idênticas morfometricamente, apesar de diferirem em relação ao substrato. Como particularidades, além da ecologia, este morfotipo possui bainha lamelada e finamente granulada, o que não é descrito para nenhuma espécie de *Chlorogloea*.

Gardner (1927) descreveu *Aphanocasa richteriana* var. *major* Gardner que possui semelhanças morfométricas com a população presentemente descrita, diferendo em relação à coloração mel da bainha, presença de envoltório celular apenas nas células da periferia e ocorrência sobre solo. Apesar de o gênero *Aphanocapsa* ser bem distinguível de *Chlorogloea*, essa variedade possui células envoltas por bainha individual e colorida, o que não é típico de *Aphanocapsa*. Além disso, Komárek & Komárková-Legnerová (2007) comentam a proximidade de *A. richteriana* var. *major* com as espécies de *Chlorogloea*.

***Cyanoarbor* Wang 1989.**

Cyanoarbor* aff. *himalayensis M.Watanabe & Komárek in Branco et al., Nova Hedwigia 82: 373. 2006.

Figuras: 21G-H.

Colônias alongadas e lobadas, 79,8-157,6 µm de diâmetro, com células densamente agrupadas em fileiras evidentes. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, firme, hialina até castanha. Células esféricas até alongadas antes da divisão, 2,3-3,2 µm de diâmetro, com bainhas individuais apenas na periferia da colônia. Conteúdo celular homogêneo, verde azulado.

Ocorrência: sobre parede de concreto seca e ensolarada.

Material examinado: SP 427335.

O gênero *Cyanoarbor* é bem pouco conhecido e permaneceu uniespecífico desde a sua descrição por Wang (1989) até Branco et al. (2006b), que descreveram novas espécies e realizaram novas combinações no gênero. Este último trabalho também é a fonte mais completa para consulta das características genéricas e infragenéricas, contendo uma chave de identificação e ilustrações das quatro espécies atualmente reconhecidas.

A única citação do gênero para o Brasil constitui-se de *Cyanoarbor violascens* L.H.Z.Branco, que foi descrita para solo laterítico e úmido do cerrado brasileiro (Branco et al. 2006b). Apesar de pouco citado, *Cyanoarbor* chama a atenção pela forma do talo e possui como características diacríticas o arranjo arborescente das colônias, sempre ramificadas, com bainha rígida e com células densamente enfileiradas, principalmente nas partes basal e apical da colônia. São também essas características que o distingue dos gêneros *Chlorogloea* e *Entophysalis*. Porém, a delimitação entre esses três gêneros precisa ser melhor estabelecida, uma vez que algumas espécies apresentam características intersectantes entre eles e estudos em cultura e filogenéticos ainda não foram feitos.

A espécie que mais se aproxima da população acima descrita é *Cyanoarbor himalayensis* M.Watanabe & Komárek, tendo em comum a coloração da colônia e as dimensões celulares. Todavia, essa é uma espécie típica da região de montanhas do Nepal, encontrada crescendo sobre rochas úmidas próximas a pesqueiros, o que é ecologicamente distante do material encontrado na Mata Atlântica. Além disso, *C. himalayensis* raramente apresenta as células regularmente arranjadas em filas, o que foi comumente observado nos indivíduos presentemente analisados e por essas diferenças a identificação não foi confirmada.

***Entophysalis* Kützing 1843.**

Entophysalis arboriformis Kaštovský, Fučíková, Hauer & Bohunická, Fottea 11(1): 174. 2011.

Figuras: 22A-C.

Colônias arboriformes, compostas pela sobreposição de subcolônias arredondadas até irregulares, 11-134,4 µm de diâmetro. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspicua, estratificada, homogênea, firme, hialina em estágios iniciais, vermelho-ferrugem em estágios avançados, com coloração intensa. Células irregularmente esféricas, elipsoidais, subesféricas até poligonais, 3,2-7,1(11,9) µm de diâmetro, com bainhas individuais lameladas, 0,5-2,6 µm distantes da célula. Conteúdo celular granuloso, verde azulado.

Ocorrência: sobre rocha seca e sombreada.

Material examinado: SP 401430.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Entophysalis arboriformis Kaštovský et al. foi recentemente descrita para o monte Roraima, Venezuela e o presente estudo seguramente é o primeiro registro da espécie após sua descrição. Segundo consta em Kaštovský et al. (2011), *E. arboriformis* caracteriza-se por formar colônias arboriformes, com bainha difluente e células envoltas em envelopes com aproximadamente 11 µm de diâmetro e concentricamente lamelados, ocorrendo sobre rocha úmida. A população da Mata Atlântica foi encontrada sobre rocha seca e possui bainha rígida e não tão lameladas como descrito e ilustrado para *E. arboriformis*, com envelopes variando entre 8,0-13,7 µm de diâmetro. Contudo, como ambientes terrestres são passíveis de constantes variações na temperatura e umidade, diferenças em relação à rigidez e lamelação da bainha podem estar relacionadas a tais variações ambientais, principalmente quanto à disponibilidade de água (Büdel 2011).

Entophysalis granulosa Kützing, Phycologia Generalis: 177. 1843.

Figuras: 22D-F.

Colônias arboriformes até irregulares, compostas por células enfileiradas até irregularmente organizadas, 29,5-118,7 µm de comprimento. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, estratificada, homogênea até finamente granulada, firme, hialina em estágios iniciais, castanho-avermelhada até castanho-púrpura em estágios avançados. Células irregularmente esféricas, elipsoidais ou subesféricas, 2,1-3,7(4,2) µm de diâmetro, com bainhas individuais lameladas ou não, 0,6-1,4 µm distantes da célula. Conteúdo celular granuloso, verde azulado.

Ocorrência: sobre rocha ensolarada próxima ao mar (zona de marés).

Material examinado: SP 427310, SP 427312, SP 427313.

Esta constitui a primeira citação da espécie para o estado de São Paulo.

Kützing (1943) ao descrever *Entophysalis granulosa* Kützing não forneceu dimensões, detalhando apenas a forma e coloração da colônia, o *habitat* e ilustrando o aspecto geral do talo. Porém, Komárek & Anagnostidis (1998) e Desikachary (1959) apresentam medidas, detalhes das células e arranjo das colônias e foi com base nessas últimas referências que o material presentemente descrito foi identificado.

A população encontrada condiz com as características apresentadas por todos estes autores, diferindo ligeiramente apenas em relação à coloração da bainha, que em alguns poucos indivíduos apresentou-se castanho-púrpura. Tal variação pode ser decorrente de variações ambientais, uma vez que foi raramente encontrada e foram observadas transições entre indivíduos com coloração castanho-avermelhada e castanho-púrpura.

Entophysalis cf. samoensis Wille, Hedwigia 53: 144. 1913.

Figuras: 22G-H.

Colônias fasciculadas, compostas por várias colunas de células paralelas (pseudofilamentos) e por vezes sobrepostas, 21,0-115,3 x 8,4-85,1 µm diâmetro. Bainha seguindo o contorno das colunas, conspícua, hialina até levemente amarelada. Células elípticas, hemisféricas, raramente esféricas, 2,4-3,4 x 1,0-2,5 µm, com bainhas individuais seguindo o contorno da célula, levemente conspícuas, 0,5-0,9 µm distantes da célula. Conteúdo celular homogêneo até granuloso, verde azulado intenso.

Ocorrência: sobre concreto seco e ensolarado.

Material examinado: SP 401437.

Entophysalis samoensis Wille foi descrita para rochas da Ilha Samoa e caracteriza-se por ter talo ereto, lembrando a forma de um coral, formado por subcolônias com bainha lamelada e envoltas num rígido envelope amarelado. Além disso, possui células arredondadas com diâmetro entre 3-4 µm. A população encontrada na Mata Atlântica possui talo fasciculado, com linhas de células frequentemente unisseriadas e envoltas por bainha simples, não lamelada. Adicionalmente, o tipo de substrato também é diferente do descrito para essa espécie. Todavia, a coloração, a forma coralínea do talo, a ocorrência em região subtropical e o diâmetro das células aproximam a população presentemente descrita à *E. samoensis*.

***Entophysalis* sp.1**

Figuras: 23A-B.

Colônias arboriformes até irregulares, compostas por células enfileiradas até irregularmente organizadas, 57,8-125,2 µm de comprimento. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, homogênea, rígida, hialina, com espaços vazios ao longo de sua extensão. Células, elipsoidais, subsféricas ou poligonais, 3,2-8,0 µm de diâmetro, com bainhas individuais não lameladas, 0,6-1,0 µm distantes da célula. Conteúdo celular granuloso, cinza.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sombreada.

Material examinado: SP 427316.

O gênero *Entophysalis* possui cerca de 20 espécies atualmente reconhecidas (Komárek & Hauer 2011). Todavia, é um gênero pouco citado na literatura mundial e a maior parte das referências é referente a ambientes marinhos (Komárek 2003a), apesar de haver espécies descritas para ambientes aquáticos continentais e também terrestres.

A população presentemente descrita é distinta das outras espécies de *Entophysalis* principalmente pela forma da colônia, coloração do conteúdo celular e também pela presença de espaços vazios na bainha. Esta última característica aproxima este material à

Entophysalidaceae não identificada, também relatada no presente estudo. Porém, *Entophysalis* sp.1 apresenta células dispostas em toda a colônia e não apenas na periferia, característica diacrítica utilizada para separar estes materiais.

***Entophysalis* sp.2**

Figuras: 23C-D.

Colônias irregulares, lobadas, 38,6-125,4 μm de diâmetro, com células densamente agrupadas, regular ou irregularmente enfileiradas. Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, rígida, hialina até amarelada. Células subsféricas, poliédricas até irregulares, 3,6-7,6 μm de diâmetro, com bainhas individuais não lameladas, 0,4-1,8 μm de espessura. Conteúdo celular granuloso, com espaços semelhantes a vacúolo, verde até verde oliva.

Ocorrência: sobre concreto coberto com vegetação, úmido e ensolarado.

Material examinado: SP 401422, SP 401423.

Assim como *Entophysalis* sp.1, *Entophysalis* sp.2 também apresenta bainha rígida. Porém, este último morfotipo possui células “vacuolizadas”, densamente agregadas e intensamente verdes, formando grandes massas que inclusive serviam como substrato para outras cianobactérias, o que o torna distinto das espécies de *Entophysalis*, inclusive de *Entophysalis* sp.1. Além dessas características morfológicas, a ocorrência de *Entophysalis* sp.2 sempre sobre concreto possivelmente é um critério ecológico que também distingue este morfotipo.

Entophysalidaceae não identificada

Figuras: 23E-F, 24A.

Colônias arredondadas, lobadas, levemente dendróides, 43,4-277 μm de diâmetro, células organizadas dispersamente no interior da colônia e densamente na periferia (lobos). Bainha seguindo o contorno da colônia, conspícua, rígida, hialina no centro da colônia e intensamente colorida nas extremidades, variando do laranja ao marrom e violeta, com espaços vazios ao longo de sua extensão. Células arredondadas, elípticas, subsféricas após a divisão até irregulares, 3,4-6,1 μm de diâmetro, com bainhas individuais rígidas, 0,6-2,0 μm de espessura. Conteúdo celular granuloso, com espaços semelhantes a vacúolos, verde até verde azulado.

Ocorrência: sobre rocha úmida e sombreada.

Material examinado: SP 401431, SP 427312.

A família Entophysalidaceae apresenta duas subfamílias: Entophysalidoideae, com cinco gêneros, e Siphonomematoideae, com um gênero (Komárek & Anagnostidis 1998). A principal característica dessa família é formação de talos com células organizadas em fileiras, lembrando a forma de pseudofilamentos, sendo que em alguns gêneros esta organização é mais evidente e em outros menos, podendo haver variação até mesmo dentro da própria colônia. Todavia, essa forma do talo também é comum aos representantes da família Hydrococcaceae, o que torna estreita a relação entre essas famílias.

Apesar disso, a principal diferença entre elas reside na característica disposição do talo em relação ao substrato, sendo este prostrado nos representantes de Hydrococcaceae e ereto nas espécies de Entophysalidaceae. Contudo, tal separação ainda não foi confirmada em termos filogenéticos e há espécies que permeiam entre essas características, como é o caso de *Placoma regulare* Broady & Ingerfeld.

P. regulare foi descrita para a Nova Zelândia, tendo sido coletada sobre rochas em riachos de águas correntes (Broady & Ingerfeld 1991) e possui estrutura do talo muito semelhante ao morfotipo relatado acima. Apesar de estar classificada no gênero *Placoma*, que pertence à família Hydrococcaceae, essa espécie é bastante peculiar e sua posição nesta família e até mesmo neste gênero são discutíveis. Além de formar o talo ereto em relação ao substrato, *P. regulare* forma colônias com células dispostas predominantemente na periferia, sustentadas por uma bainha rígida e com espaços vazios, sendo o interior da colônia praticamente oco. Mesmo que Geitler (1932) admita que colônias ocas possam ocorrer em *Placoma*, a forma como os indivíduos de *P. regulare* tornam-se ocos, ou seja, o seu ciclo de vida é bastante diferente daquele mostrado para *P. vesiculosum* Schousboe in Bornet & Thuret, espécie tipo do gênero. Dessa forma, *P. regulare*, bem como o morfotipo aqui relatado e a ela relacionado, deveriam constituir um gênero à parte, que estaria classificado na família Entophysalidaceae. Por este motivo e até que novos dados possam confirmar nossa hipótese de novo gênero, a identificação da população da Mata Atlântica permaneceu apenas na categoria de família.

Dois populações são descritas acima e ambas crescem formando uma massa enegrecida sobre rochas próximas à água, o que garantia constante umidade. Possivelmente, em parte do tempo, as rochas poderiam ficar submersas, uma vez que ficavam à margem de um riacho. Em relação à ecologia e morfologia, Entophysalidaceae não identificada é semelhante à *P. regulare*, porém esta espécie se diferencia por possuir dimensões celulares maiores e organização regular das células em camadas na parte superior da colônia, o que não foi observado na população presentemente descrita (Broady & Ingerfeld 1991).

Família Hyellaceae Borzì 1914.***Hyella* Bornet & Flahault 1888.**

Hyella cf. caespitosa var. arbuscula Al-Thukair & Golubić, Nova Hedwigia 122:84. 1996.

Figuras: 24B-C.

Talo principal formado por células poliédricas, com 4,4-5,2 µm de diâmetro, densamente agrupadas. Pseudofilamentos formados a partir do talo principal, radiando em direção ao substrato, 30,8-78,0 µm de comprimento, unisseriados, ramificados. Bainha firme, hialina, não lamelada, distante das células 0,6-1,2 µm. Células intermediárias dos pseudofilamentos quadráticas até retangulares, 1,9-3,6 µm de diâmetro, 3,3-9,0 µm de comprimento, distantes umas das outras 0,5-1,3 µm. Células apicais dos pseudofilamentos alongadas, tortuosas, com ápices arredondados, 1,9-2,8 µm de diâmetro, 10,6-17,0 µm de comprimento. Baeócitos formados apenas a partir do talo principal, numerosos (>20 por célula), 1,2-1,6 µm de diâmetro. Conteúdo celular homogêneo, róseo até castanho-púrpura.

Ocorrência: sobre rocha úmida e ensolarada (zona de marés).

Material examinado: SP 427318.

Hyella caespitosa var. arbuscula Al-Thukair & Golubić foi descrita para o golfo Pérsico sobre conchas e rochas e também foi registrada para a Papua-Nova Guiné por Taton & Hoffmann (2003). A população encontrada na Mata Atlântica tem o *habitat* e a morfologia semelhantes a este táxon, porém possui coloração distinta e menores dimensões de todas as estruturas, incluindo pseudofilamentos e célula apical e por isso a identificação não foi confirmada.

A única citação do gênero para o estado de São Paulo está em Sant'Anna et al. (1985), que relatam a ocorrência de *Hyella balani* Lehmann para a praia de Peruíbe, região próxima ao local onde o material presentemente descrito foi coletado. Além disso, as ilustrações apresentadas por essas autoras assemelham-se bastante aos indivíduos encontrados no presente estudo. Porém, a população descrita por Sant'Anna et al. (1985) foi coletada sobre crustáceos do gênero *Balanus* e possui dimensões e coloração celulares distintas do observado na população presentemente descrita.

***Pleurocapsa* Thuret in Hauck 1885.**

Pleurocapsa* cf. *aurantiaca Geitler, Kryptogammenflora von Deutschland, Osterreich, under de Sweitz 14: 354. 1932.

Figuras: 24D-F.

Células formando densas colônias, subesféricas, elípticas, 3,8-6,8 µm de diâmetro. Pseudofilamentos dicotômicos, bisseriados, 5-17 células, 8,4-13,4 µm de diâmetro, 20,2-59,2 µm de comprimento. Bainha conspícua, firme, amarelada até castanho escuro, justaposta à superfície celular. Baeócitos não observados. Conteúdo celular homogêneo, verde azulado até castanho-esverdeado.

Ocorrência: sobre rocha ensolarada e sob lâmina de água.

Material examinado: SP 427312.

Apesar de não se ter observado baeócitos, o arranjo das colônias e a formação dos pseudofilamentos encontrados no material analisado são típicos de *Pleurocapsa*.

A população presentemente descrita foi encontrada sobre uma rocha próxima ao leito de um rio e por isso possuía uma lâmina de água encobrendo-a quase que constantemente. Esse tipo de ambiente é muito similar ao apontado por Geitler (1932) na descrição de *Pleurocapsa aurantiaca* Geitler. Contudo, *P. aurantiaca* possui diâmetro celular maior que o encontrado nos indivíduos analisados da Mata Atlântica, além de possuir bainhas laranjas e avermelhadas. Devido a essas diferenças, a identificação não pôde ser confirmada, mesmo que a estrutura da colônia e o *habitat* da população encontrada sejam semelhantes ao de *P. aurantiaca*.

***Pleurocapsa* sp.**

Figuras: 25A-E.

Células esféricas, elípticas, claviformes, 4,1-22,4 µm de diâmetro, isoladas ou formando densas colônias. Pseudofilamentos simples ou dicotômicos, unisseriados, 3-8 células, 6,4-8,7 µm de diâmetro, 14,1-17,6 µm de comprimento. Bainha conspícua, firme, hialina até enegrecida, justaposta à superfície celular. Baeócitos numerosos (>30), esféricos, 2,4-2,8 µm de diâmetro, liberados pela ruptura do envelope mucilaginoso. Conteúdo celular homogêneo, castanho-esverdeado até castanho-púrpura.

Ocorrência: sobre concreto coberto com terra seca, sombreado.

Material examinado: SP 427340.

Pleurocapsa é um gênero que pertence à família Hyellaceae e caracteriza-se por formar pseudofilamentos e reproduzir-se por fissão binária e múltipla com formação de baeócitos (Komárek & Anagnostidis 1998). Waterbury & Stanier (1978) realizaram estudo em cultura

com 11 cepas de *Pleurocapsa* isoladas de ambientes marinhos e dividiram o gênero em dois grupos de acordo com o padrão de desenvolvimento do talo e divisão celular. Todavia, Komárek & Anagnostidis (1998) comentam que o padrão de desenvolvimento do grupo I definido, conforme definido por Waterbury & Stanier (1978), é muito semelhante ao que ocorre no gênero *Hyella*. Dessa forma, a revisão desses dois grupos é imprescindível.

O material presentemente descrito apresenta características muito peculiares. Inicialmente é importante ressaltar que a análise taxonômica foi baseada apenas em indivíduos cultivados, dado que nas amostras da natureza não foram encontrados representantes semelhantes ao observado em cultura. Isso implica em sérios cuidados, uma vez que em cultura é comum que a morfologia das cianobactérias se altere de acordo com as condições do cultivo (Komárková et al. 2010). Todavia, durante a análise da linhagem CCIBt 3420, foi possível observar várias fases do ciclo de vida típicos de *Pleurocapsa*, mais precisamente do grupo I descrito por Waterbury & Stanier (1978).

Segundo Komárek & Anagnostidis (1998), a diferença entre *Hyella* e *Pleurocapsa* está na disposição do talo sobre o substrato e a forma como os baeócitos são produzidos, sendo que o talo é crostoso e os baeócitos podem se formar a partir de qualquer célula em *Pleurocapsa* e em *Hyella* o talo é crostoso e endolítico e os baeócitos formam-se apenas a partir das células iniciais (mais antigas). Como o material analisado foi observado apenas em cultura, fizemos uma tentativa para definir mais precisamente a formação do talo e realizamos o cultivo em meio sólido. Nessas condições, observou-se que as colônias não penetravam no meio, mantendo-se apenas na superfície. Em relação aos baeócitos, notou-se que essas células eram abundantes e formavam-se a partir de qualquer célula das colônias analisadas. Com base nesses critérios o morfotipo presentemente descrito foi identificado como *Pleurocapsa* e não como *Hyella*.

Além dessas características, a linhagem CCIBt 3420 também apresentou outras peculiaridades. Ao observarmos amostras dessa linhagem, fixadas com solução de formol 4%, notamos que o conteúdo celular tornava-se púrpuro e as células retraíam-se ficando cerca de 1 µm de distância da bainha. Outra característica é que a coloração enegrecida do envoltório celular só foi observada no material cultivado em meio sólido, após cerca de 60 dias, quando praticamente todo o meio já havia se esgotado, restando apenas uma fina camada de solução nutritiva. Possivelmente, esse estado é muito similar ao ambiente no qual este organismo ocorre e por isso é provável que na natureza as bainhas apresentem-se coloridas com mais frequência, o que em cultivo foi observado apenas nas condições acima descritas. Atualmente, são reconhecidas 18 espécies em *Pleurocapsa* (Komárek & Hauer 2011), sendo 10 delas de ambientes marinhos e apenas uma, *Pleurocapsa muralis* Lagerheim in Wittrock & Nordstedt,

foi descrita para ambiente terrestre (Komárek & Anagnostidis 1998). Contudo, não foi possível ter acesso à obra de Wittrock & Nordstedt (1893) para comparação com o material estudado. *Pleurocapsa brasiliensis* Schmidle é citada em Komárek & Anagnostidis (1998) sem qualquer tipo de descrição e devido ao epíteto supõe-se que seja proveniente do Brasil. Porém, esta espécie não aparece no trabalho de Schmidle (1901), no qual este autor descreve vários táxons com base em material brasileiro. Além disso, *P. brasiliensis* não está listada no *Index Nominum Algarum*. Assim, é possível que esta espécie não exista ou esteja descrita em um trabalho com distribuição muito restrita e de difícil acesso, o que impossibilita a sua avaliação taxonômica.

Com exceção dos táxons supracitados, Komárek & Anagnostidis (1998) fornecem informações suficientes para identificação das outras espécies de *Pleurocapsa*. Dentre essas, *Pleurocapsa concharum* Hansgirg é aquela da qual *Pleurocapsa* sp. mais se aproxima. Porém, *P. concharum* diferencia-se da linhagem CCIBt 3420 por ser típica de rochas e conchas em rios da Europa central, além de possuir dimensões celulares maiores das encontradas em *Pleurocapsa* sp., bainha sempre incolor e conteúdo celular verde azulado ou verde-oliva.

Família Xenococcaceae Ercegović 1932.

***Chroococcidiopsis* Geitler 1933.**

***Chroococcidiopsis* sp.**

Figuras: 25F-G.

Células esféricas, subesféricas, alongadas, com tamanho muito variável, (3,5)4,6-13,7 µm de diâmetro, isoladas ou formando agregados. Bainha conspícua, firme, hialina, justaposta as células. Baeócitos numerosos (>15 por célula), esféricos até irregulares, 2,0-2,9 µm de diâmetro, liberados pela ruptura do envelope mucilaginoso. Conteúdo celular homogêneo até levemente granuloso, marrom-esverdeado até marrom púrpuro.

Ocorrência: sobre concreto úmido e sombreado.

Material examinado: SP 427348.

Como discutido nos comentários de *Myxosarcina* sp., *Chroococcidiopsis* apresenta alguns problemas taxonômicos, principalmente em relação à delimitação de suas espécies. Apesar disso, é um dos gêneros mais comumente encontrados em ambientes terrestres (Büdel 2011, Bahl et al. 2011) e várias linhagens mantidas em cultura são utilizadas em pesquisas sobre fisiologia (Caiola et al. 1996, Řezanka et al. 2003) e filogenia das cianobactérias (Fewer et al. 2002).

Atualmente, são reconhecidas 14 espécies no gênero (Komárek & Hauer 2011), sendo seis de ambientes aquáticos continentais, duas marinhas e seis terrestres (Komárek & Anagnostidis 1998, Flechtner et al. 2008). O material presentemente analisado foi observado apenas em cultura, não sendo encontrados indivíduos morfometricamente semelhantes no material *in natura*. Apesar disso, a cepa CCIBt 3408 apresentou ciclo de vida similar ao descrito para *Chroococidiopsis thermalis* Geitler, espécie tipo do gênero (Komárek & Anagnostidis 1998) e por isso foi identificada neste gênero.

Em relação à ecologia e morfometria, o material isolado da Mata Atlântica apresenta-se distante das espécies já descritas em *Chroococidiopsis*, principalmente em relação à coloração do conteúdo celular, as dimensões dos baeócitos e das células vegetativas. Além disso, o material estudado foi isolado a partir de amostra proveniente de concreto, indicando que este deve ser seu substrato natural, o que também é diferente do *habitat* descrito para as espécies do gênero.

Contudo, a análise molecular da cepa CCIBt 3408 mostrou que esta linhagem agrupa-se junto às linhagens identificadas como *Pleurocapsa*, tendo 98,8% de similaridade com a linhagem DQ293994 e 98,5% com a linhagem AJ344564. Em contrapartida, a linhagem isolada da Mata Atlântica possui cerca de 89% de similaridade com as cepas AJ344552, AJ344554, AJ344555 e AJ344558, que formam um clado de linhagens identificadas como *Chroococidiopsis* (figura 26).

A linhagem DQ293994 foi estudada por Pinevich et al.(2008) e segundo estes autores, esta cepa não forma pseudofilamentos, característica diacrítica do gênero *Pleurocapsa*. Além disso, analisando as ilustrações fornecidas por estes autores é possível dizer que na verdade, a linhagem DQ293994 seja um representante do gênero *Chroococidiopsis* e não *Pleurocapsa*. Isso explica a proximidade entre a linhagem isolada da Mata Atlântica com este material. Em relação ao distanciamento da linhagem CCIBt 3408 com o grupo dos *Chroococidiopsis*, pode-se dizer que seja em razão da origem das linhagens. AJ344552 e AJ344555 foram isoladas a partir de líquens, o que difere circunstancialmente da linhagem presentemente analisada. As linhagens AJ344554 e AJ344558 foram isoladas a partir de rochas no Havaí e solos de Cuba, respectivamente. Não é possível afirmar, mas é provável que a origem ficobionte do primeiro par de linhagens e a origem geográfica de onde o segundo par foi originalmente isolado tenham influência na similaridade destas linhagens com a cepa CCIBt 3408.

Adicionalmente, Fewer et al. (2002) demonstram que as cianobactérias capazes de reproduzirem-se por fissão múltipla (denominadas “*Pleurocapsales*”) surgiram a partir de, no mínimo, dois momentos distintos durante a evolução das cianobactérias e muitos dos gêneros com este tipo de reprodução são heterogêneos. Isso pode ser observado na figura 26, na qual

são formados distintos agrupamentos de cianobactérias capazes de reproduzirem-se por fissão múltipla, que estão isolados entre si e sustentados por reamostragens (*bootstraps*) acima de 70%.

***Myxosarcina* Printz 1921.**

***Myxosarcina* sp.**

Figuras: 25H-K.

Colônias sarciniformes, agrupando-se paralelamente em cadeia, 20,3-48,4 µm de diâmetro. Bainha, conspícua, firme, hialina, justaposta as células. Células esféricas, elipsoidais até poligonais, 6,3-13,0 µm de diâmetro, densamente agrupadas, com bainhas individuais. Baeócitos numerosos (>20 por célula), esféricos até irregulares, 2,7-3,7 µm de diâmetro, liberados pela ruptura do envelope mucilaginoso. Conteúdo celular granuloso, verde-escuro até verde-oliva ou amarelado quando senescente.

Ocorrência: sobre concreto coberto com vegetação e sobre rocha, ambos úmidos e ensolarados.

Material examinado: SP 427338, SP 427303.

Myxosarcina foi descrito por Printz (1921) com base em material coletado na África do Sul e segundo esse autor o gênero é caracterizado por: 1) talos não parenquimatosos; 2) colônias regularmente arranjadas; 3) células dividem-se em três direções, gerando colônias cúbicas; 4) divisão também pode ocorrer sucessivamente, originando células de diferentes tamanhos; 5) células que originarão os baeócitos são do mesmo tamanho que as células vegetativas; 6) presença de baeócitos é rara, porém paredes de células vazias são comumente encontradas e podem ser fruto da liberação de baeócitos. Por ser um gênero cujas espécies são sésseis e se reproduzem por fissão binária e múltipla, Komárek & Anagnostidis (1998) classificaram *Myxosarcina* na família Xenococcaceae.

Apesar de bem caracterizado por Printz (1921), *Myxosarcina* é frequentemente confundido com *Chroococciopsis*. Waterbury & Stanier (1978) realizaram estudos em cultura envolvendo duas cepas de *Myxosarcina* e oito de *Chroococciopsis* e concluíram que não é possível diferenciá-las facilmente, dado que as cepas apresentaram as mesmas características em relação ao arranjo das colônias e formação dos baeócitos. Porém, esses autores reconhecem que *Myxosarcina* e *Chroococciopsis* são entidades genéricas distintas e podem ser diferenciados pela motilidade dos baeócitos, sendo esses móveis em *Myxosarcina* e inertes em *Chroococciopsis*. Contudo, Komárek & Anagnostidis (1998) salientam que o arranjo regular e sarciniforme das colônias de *Myxosarcina*, com células densamente agrupadas, são critérios suficientes para diferenciá-lo de *Chroococciopsis*, que possui colônias arredondadas e células mais frouxamente organizadas. No entanto, algumas espécies de *Chroococciopsis* possuem

características muito próximas das descritas para *Myxosarcina*, e.g. *Chroococciopsis mysorensis* Tiwari, reforçando ainda mais a necessidade de revisão desses gêneros.

Komárek & Anagnostidis (1998) listam 10 espécies de *Myxosarcina*, além de citarem duas que necessitam de revisão e outras que provavelmente devem ser sinonimizadas no gênero, e.g. *Endospora mellea* Gardner, *E. olivaceae* Gardner e *E. nigra* Gardner.

No material presentemente analisado, tanto a organização das colônias como a formação de baeócitos ocorreram como descrito para *Myxosarcina*, em Komárek & Anagnostidis (1998).

Porém, a formação de baeócitos foi raramente observada e aconteceu apenas em condições de estresse. Para que tais condições fossem geradas, colocou-se uma alíquota do material cultivado sobre uma lâmina de vidro, mantendo-a em câmara úmida por 1 dia. Após esse período, o material foi observado e as colônias estavam repletas de baeócitos. Isso demonstra que especial atenção deve ser dada aos morfotipos sarciniformes, uma vez que falhas na observação dos processos reprodutivos podem remeter a erros taxonômicos graves, até em categoria de família.

Em relação às espécies descritas em *Myxosarcina*, o material presentemente estudado é próximo de *Myxosarcina decolorata* (Varma & Mitra) Komárek & Anagnostidis. Apesar de ser descrita com base em material em cultura isolado de concreto na Índia, *M. decolorata* diferencia-se das cepas presentemente estudadas por ter colônias arredondadas; bainhas espessas e, quando senescentes, enrugadas; e por formar 1-8 baeócitos.

Contudo, o material analisado também apresenta características muito próximas à *Chroococciopsis mysorensis*, sendo essa uma das espécies de *Chroococciopsis* que necessitam de revisão. *C. mysorensis* também foi descrita com base em material de cultura isolado da Índia, porém não de concreto e sim de solos de arrozais. Além dessa diferença em relação ao *habitat* original, as cepas analisadas neste estudo diferenciam-se dessa espécie por formar baeócitos maiores. No entanto, a estrutura das colônias, coloração do conteúdo e dimensões celulares são muito próximas entre *C. mysorensis* e as linhagens estudadas. Mesmo assim, a identificação do material como *C. mysorensis* não foi realizada devido à diferença no *habitat* original das cepas e da problemática envolvendo a identificação dessa espécie em *Chroococciopsis* e não em *Myxosarcina*.

Tabela 7: Relação dos táxons inventariados no presente estudo com as respectivas indicações do(s) substrato(s) onde foram encontrados. *primeira citação da espécie para o estado de São Paulo; **primeira citação do gênero para o estado de São Paulo. Outros: corda, telhado e gruta.

Táxons	Substratos				
	Rocha	Madeira	Concreto	Solo	Outros
Subclasse Synechococcophycideae					
Ordem Synechococcales					
Família Chamaesiphonaceae					
<i>Chamaesiphon stratosus</i>	X				
Família Merismopediaceae					
<i>Aphanocapsa intertexta</i>	X				
<i>Aphanocapsa cf. intertexta</i>		X			
<i>Aphanocapsa</i> sp.		X			
<i>Coelosphaeriopsis</i> sp.	X				
Família Synechococcaceae					
<i>Aphanothece microscopica</i> *				X	
<i>Aphanothece saxicola</i>	X				
<i>Aphanothece cf. castagnei</i>	X				
<i>Aphanothece cf. densa</i>		X			
<i>Aphanothece</i> sp.		X			
<i>Gloeothece fuscolutea</i> *	X		X		
<i>Gloeothece interspersa</i> *			X		
<i>Gloeothece rhodochlamys</i>	X				X
<i>Gloeothece samoensis</i>				X	
<i>Gloeothece tepidariorum</i> *			X		
<i>Lemmermanniella</i> sp.				X	

Tabela 7: continuação...

Táxons	Substratos				
	Rocha	Madeira	Concreto	Solo	Outros
Subclasse Oscillatoriophyceae					
Ordem Chroococcales					
Família Chroococcaceae					
<i>Asterocapsa aerophytica</i> *		X			
<i>Asterocapsa</i> sp.1		X			
<i>Asterocapsa</i> sp.2			X		
<i>Chroococcus tenax</i> *				X	
<i>Chroococcus turgidus</i> var. <i>subviolaceus</i> *	X		X		
<i>Chroococcus varius</i> *	X				
<i>Chroococcus</i> cf. <i>turgidus</i>				X	
<i>Chroococcus</i> cf. <i>varius</i>		X			
<i>Chroococcus</i> cf. <i>minor</i>				X	
<i>Cyanosarcina</i> sp.			X		
<i>Cyanostylon gelatinosus</i>					X
<i>Cyanostylon</i> cf. <i>gelatinosus</i>			X		
<i>Cyanostylon</i> sp.	X				
<i>Gloeocapsopsis dvorakii</i> *	X				X
<i>Gloeocapsopsis chroococcoides</i> *			X		
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.1		X			
<i>Gloeocapsopsis</i> sp.2	X				
<i>Nephrococcus shilinensis</i> **	X				
<i>Pseudocapsa dubia</i> *					X
<i>Pseudocapsa</i> sp.		X			

Tabela 7: continuação...

Táxons	Substratos				
	Rocha	Madeira	Concreto	Solo	Outros
<i>Endospora rubra</i> **	X				X
Família Microcystaceae					
<i>Chondrocystis dermochroa</i> **	X				
<i>Gloeocapsa compacta</i> *	X	X			
<i>Gloeocapsa stegophila</i> *	X	X			
<i>Gloeocapsa punctata</i> *			X		
<i>Gloeocapsa nigrescens</i> *			X		
<i>Gloeocapsa novacekii</i> *	X		X		
<i>Gloeocapsa</i> sp.1		X			
<i>Gloeocapsa</i> sp.2		X			
Família Entophysalidaceae					
<i>Chlorogloea</i> cf. <i>novacekii</i>	X				
<i>Chlorogloea</i> sp.1		X			
<i>Chlorogloea</i> sp.2		X			
<i>Chlorogloea</i> sp.3					X
<i>Cyanoarbor</i> aff. <i>himalayensis</i>			X		
<i>Entophysalis arboriformis</i> **	X				
<i>Entophysalis granulosa</i> *	X				
<i>Entophysalis</i> cf. <i>samoensis</i>	X				
<i>Entophysalis</i> sp. 1	X				
<i>Entophysalis</i> sp. 2			X		
Entophysalidaceae não identificada	X				

Tabela 7: continuação...

Táxons	Substratos				
	Rocha	Madeira	Concreto	Solo	Outros
Família Hyellaceae					
<i>Hyella</i> cf. <i>caespitosa</i> var. <i>arbuscula</i>	x				
<i>Pleurocapsa</i> cf. <i>aurantiaca</i>	x				
<i>Pleurocapsa</i> sp.			x	x	
Família Xenococcaceae					
<i>Chroococidiopsis</i> sp.			x		
<i>Myxosarcina</i> sp.	x		x		

Considerações Finais

Conforme mencionado, a taxonomia das cianobactérias unicelulares e coloniais é muito complexa e em certos casos, confusa. Assim, por meio da análise e discussão de vários pontos da taxonomia desses organismos durante o presente estudo, são comentados abaixo alguns cuidados necessários na tentativa de evitar erros grosseiros de identificação:

1. Ao observar-se uma amostra da natureza é de suma importância dar-se atenção aos indivíduos que representam transições entre os morfotipos encontrados. Somente assim pode-se ter segurança para tratá-los como uma mesma espécie. Caso tais transições não existam ou não sejam observadas, o melhor caminho é tratar os morfotipos separadamente, comentando os pontos relevantes;

2. No momento da divisão por fissão binária é comum que todas as células alonguem-se para darem origem às células filhas. Neste estado, células esféricas tornam-se levemente alongadas, levando a confusão quanto à forma original da célula o que, numa primeira análise, pode levar a erros de identificação, principalmente em gêneros próximos como *Gloeothece* e *Gloeocapsa* e *Aphanothece* e *Aphanocapsa*. Para evitar este problema, deve-se observar uma célula em divisão com as duas semicélulas já formadas: semicélulas arredondadas formarão células vegetativas esféricas e semicélulas alongadas formarão células vegetativas cilíndricas;

3. É muito frequente que vários morfotipos diferentes tenham a mesma coloração da bainha e/ou do conteúdo celular, inclusive em uma mesma amostra. Nesses casos, para evitar erros grosseiros, especial atenção deve ser dedicada, pois a princípio tende-se a agrupar todos pela cor, sem que características mais relevantes como estrutura das colônias, forma das células e processos de divisão celular sejam levados em consideração;

4. Nos ambientes terrestres a escassez de água é constante e tem reflexos diretos nos processos osmóticos das células (Büdel 2011). Por isso, é muito importante observar se as células analisadas estão no estado de turgidez normal ou estão dessecadas. Quando dessecadas, geralmente as células apresentam-se irregulares, achatadas e com o conteúdo refringente, opaca e com coloração do conteúdo celular mais intensa e diferente das células vegetativas normais (figura 15B). Após certo tempo, as células não podem mais voltar ao estado normal, mas caso ainda esteja em tempo hábil, basta manter o material seco em água destilada por cerca de quatro horas para que as células se reidratem;

5. Os gêneros *Nostoc* e *Chlorogloeopsis*, ambos pertencentes às Nostocales, apresentam complexos ciclos de vida e algumas das fases são representadas por colônias sem a presença de heterócito, acineto e tricomas organizados (Mollenhauer 1988, Hindák 2008)

lembrando colônias de cocóides, principalmente de *Aphanocapsa*, *Aphanothece* e *Asterocapsa*. No presente estudo observou-se que estágios iniciais de *Stigonema* também podem apresentar-se como cocóides. Por estes motivos é de suma importância verificar a amostra como um todo, tendo-se em mente não apenas os ciclos de vidas das cocóides, mas também os das cianobactérias heterocitadas, principalmente dos gêneros supracitados. Características como a desorganização das células na colônia, sem um padrão de divisão evidente, justaposição das células lembrando um tricoma e bainha espessa e geralmente castanha, podem indicar que o indivíduo observado, na verdade, é um morfotipo do ciclo de vida de uma Nostocales;

6. Em muitas espécies a formação de baeócitos é rara, mesmo em cultura. Contudo, a observação dessas estruturas distingue gêneros, como no caso de *Cyanosarcina* e *Myxosarcina*. Kováčik (1988) propôs o gênero *Cyanosarcina* baseando-se nas espécies descritas em *Myxosarcina* que nunca formavam baeócitos, sendo esta a diferença entre os gêneros, já que em ambos as colônias apresentam arranjo sarciniforme das células. Assim, *Cyanosarcina* divide-se apenas por fissão binária e *Myxosarcina* por fissão binária e múltipla. Contudo, Printz (1921), ao propor *Myxosarcina* menciona que a formação de baeócitos no gênero é rara e que vários indivíduos tiveram que ser analisados para a visualização dessas estruturas. Por isso, especial atenção deve ser dada aos indivíduos cujas colônias assemelham-se aos gêneros citados, principalmente na investigação sobre a formação de baeócitos. Apesar de não ser uma característica precisa, no presente estudo foi observado que a constante presença de bainhas vazias nas colônias (figura 25K) pode indicar a formação de baeócitos;

7. Devido à dificuldade de isolamento e grande deformação apresentada pela maioria das cocóides quando em cultura, no presente estudo foram detalhadamente estudadas apenas seis linhagens. Isso por que a correlação entre o material mantido em cultura e material da natureza torna-se impraticável em certos casos, tamanha as diferenças apresentadas. Uma alternativa utilizada neste estudo para solucionar este problema foi o isolamento por pescaria de um único espécime a partir de amostras da natureza, fazendo-se várias repetições. Apesar de poder confirmar a correspondência entre a população natural e a linhagem isolada, esta técnica não se mostrou eficaz devido à resistência apresentada pelas cocóides em crescer em cultura. Isso demonstra que novos meios e formas de cultivo devem ser desenvolvidos para que se possa cultivar uma maior variabilidade de cianobactérias unicelulares e coloniais, principalmente as de ambientes terrestres.

Em relação aos táxons identificados durante a realização deste trabalho, pode-se dizer:

1. O presente estudo contribuiu para a identificação de 61 táxons de cianobactérias cocóides, sendo que dentre estes, 27 espécies foram confirmadas, 11 foram mantidas em cf.,

uma foi mantida em aff., 21 tiveram apenas a identidade genérica confirmada e uma foi identificada apenas na categoria de família;

2. Possivelmente, a maioria dos táxons não identificados especificamente corresponda a novas espécies para a ciência devido às diferenças ecológicas e morfométricas apresentadas por eles quando comparados com as espécies já descritas em literatura. Além disso, o táxon denominado “Entophysalidaceae não identificada” provavelmente corresponda a um novo gênero de cianobactéria colonial;

3. Ao todo, quatro gêneros e 17 espécies foram citados pela primeira vez para o estado de São Paulo. Isso demonstra que apenas 10 (37%) das 27 espécies presentemente identificadas já haviam sido citadas para o estado;

4. Para as áreas costeiras de Mata Atlântica do estado de São Paulo, até então haviam sido registrados 45 táxons de cocóides em ambientes terrestres. Considerando, além das espécies identificadas, os outros táxons não identificados em nível específico, o presente estudo contribuiu com mais 51 novos registros de cianobactérias cocóides para a região, o que representa um aumento de 113%;

5. Durante a realização deste trabalho uma nova espécie de cocóide, *Chamaesiphon stratosus*, foi descrita (anexo 1), confirmando o grande potencial de diversidade de cianobactérias da Mata Atlântica;

6. O gênero mais representativo foi *Gloeocapsa*, com sete táxons, seguido por *Chroococcus* com seis e por *Aphanothece*, *Entophysalis* e *Gloeothece*, cada um com cinco táxons;

7. O elevado número de novas ocorrências, mesmo que feitas apenas para o estado de São Paulo, e os vários táxons sem identificação específica apresentados neste estudo demonstram a falta de estudos realizados em ambientes terrestres tropicais e especificamente com as *Chroococcales sensu lato*;

8. Em relação aos substratos, a maior riqueza de espécies foi encontrada sobre rochas, com 27 registros, seguido de madeira com 15, concreto com 16, solo com 7, e outros, que inclui corda, telhado e gruta, com 6;

9. Apenas *Chroococcus turgidus* var. *subviolaceus*, *Endospora rubra*, *Gloeocapsa compacta*, *Gloeocapsa novacekii*, *Gloeocapsa stegophila*, *Gloeocapsopsis dvorakii*, *Gloeothece fuscolutea*, *Gloeothece rhodochlamys*, *Myxosarcina* sp., *Pleurocapsa* sp., totalizando 10 táxons, ocorreram em mais de um tipo de substrato. Isso demonstra que a maioria das cocóides registradas neste estudo apresentou preferência por um tipo de substrato, o que reforça a ideia de especificidade e restrição ecológica destas cianobactérias;

10. Em relação às análises moleculares, as três linhagens analisadas [*Chroococcus* cf. *minor* (CCIBt 3406), *Chroococciopsis* sp. (CCIBt 3408) e *Chroococcus* cf. *turgidus* (CCIBt 3410)] são evidentemente distintas de outras linhagens depositadas em bancos públicos de genes, quando comparadas pelo gene do RNAr 16S e certamente todas são novas espécies para ciência. Isso corrobora outros estudos já realizados com linhagens isoladas de material da Mata Atlântica e mostra que a diversidade genética das cianobactérias neste bioma é distinta e particular, o que reitera a necessidade de estudá-las. Além disso, com diversidade tão ímpar é possível que estes organismos apresentem história evolutiva diferente do que já é conhecido. Dessa forma, estudá-los poderá contribuir para o melhor entendimento da evolução das cianobactérias e também subsidiar a construção de modelos filogenéticos e biogeográficos;

11. O estudo das cianobactérias unicelulares e coloniais é árduo principalmente pela dificuldade em se reconhecer e delimitar as características diacríticas de cada grupo. Além disso, no presente estudo observou-se que na literatura há contradições entre os autores, principalmente em relação à delimitação dos ciclos de vida das cocóides, como no caso dos gêneros *Asterocapsa*, *Gloeocapsa* e *Gloeocapsopsis*;

12. Problemas envolvendo a nomenclatura das cocóides também foram frequentemente observados, como espécies descritas sem designação do tipo e nomes sinonimizados utilizados independentemente. Situações desse tipo são fomentadas por falhas na veiculação das informações, principalmente pelo fato de várias das obras contendo descrições originais datarem do século XIX e tantas outras estarem escritas em idiomas pouco difundidos nos dias atuais. Além disso, o número de gêneros e espécies de cocóides atualmente revisados é quase nulo, o que permite que erros sejam propagados, fazendo com que a taxonomia do grupo fique ainda mais confusa. Isso torna premente a necessidade de revisão dessas cianobactérias, principalmente utilizando-se a taxonomia polifásica.

Pranchas

Figura 10

A: aspecto geral de uma paisagem típica de interior de Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa).

B: Afloramento rochoso muito comum em áreas de Mata Atlântica mostrando manchas que representam colonização por cianobactérias (seta).

C: parede de concreto com densa camada de biofilme, predominantemente formado por cianobactérias.

D: rocha colonizada por briófitas e cianobactérias (seta).

F: tronco de árvore coberto por briófitas e cianobactérias (seta).

G-K: diversos substratos colonizados por cianobactérias – G: tronco de árvore; H: concreto; I: corda; J: solo seco com cascalho; K: telhado.

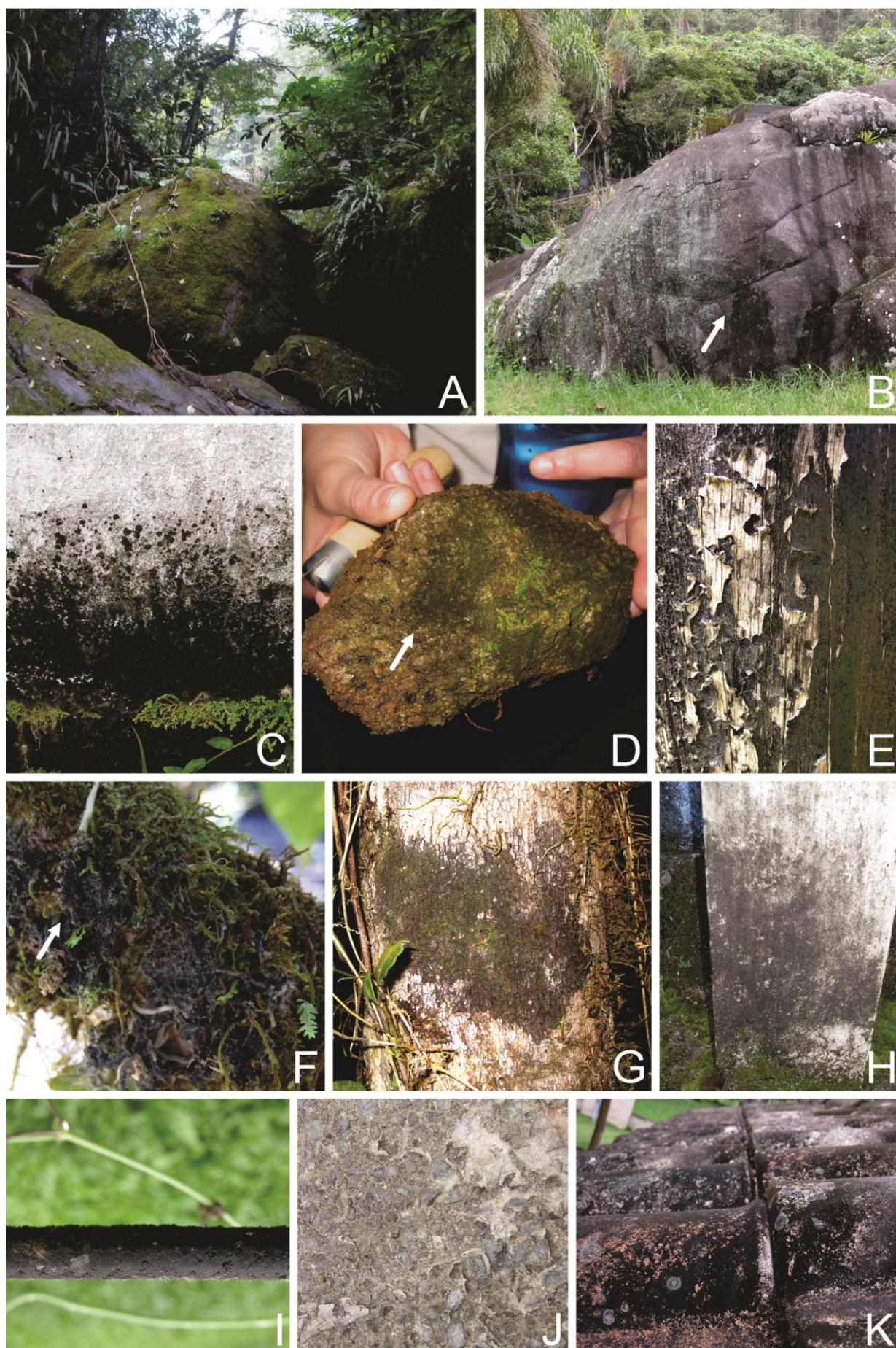


Figura 10A-K

Figura 11

A-E: *Chamaesiphon stratosus* - A: germinação de exósporos formando segunda camada de células; B: liberação e formação de massa de exósporos na parte apical da colônia; C: vista apical da colônia; D: forma das células e bainha lamelada; E: célula com formação de exósporo.

F-G: *Aphanocapsa intertexta* - F: colônia formada por subcolônias arredondadas jovens (setas); G: colônia madura com células irregularmente dispostas.

H-I: *Aphanocapsa* cf. *intertexta*: detalhe de células apresentando cromatoplasma visível (setas). J-K: *Aphanocapsa* sp.: detalhe de células em divisão, com duas semicélulas formadas e apresentando forma esférica.

L-M: *Coelosphaeriopsis* sp. – L: detalhe do envoltório individual das células (seta).

Escalas: 10µm

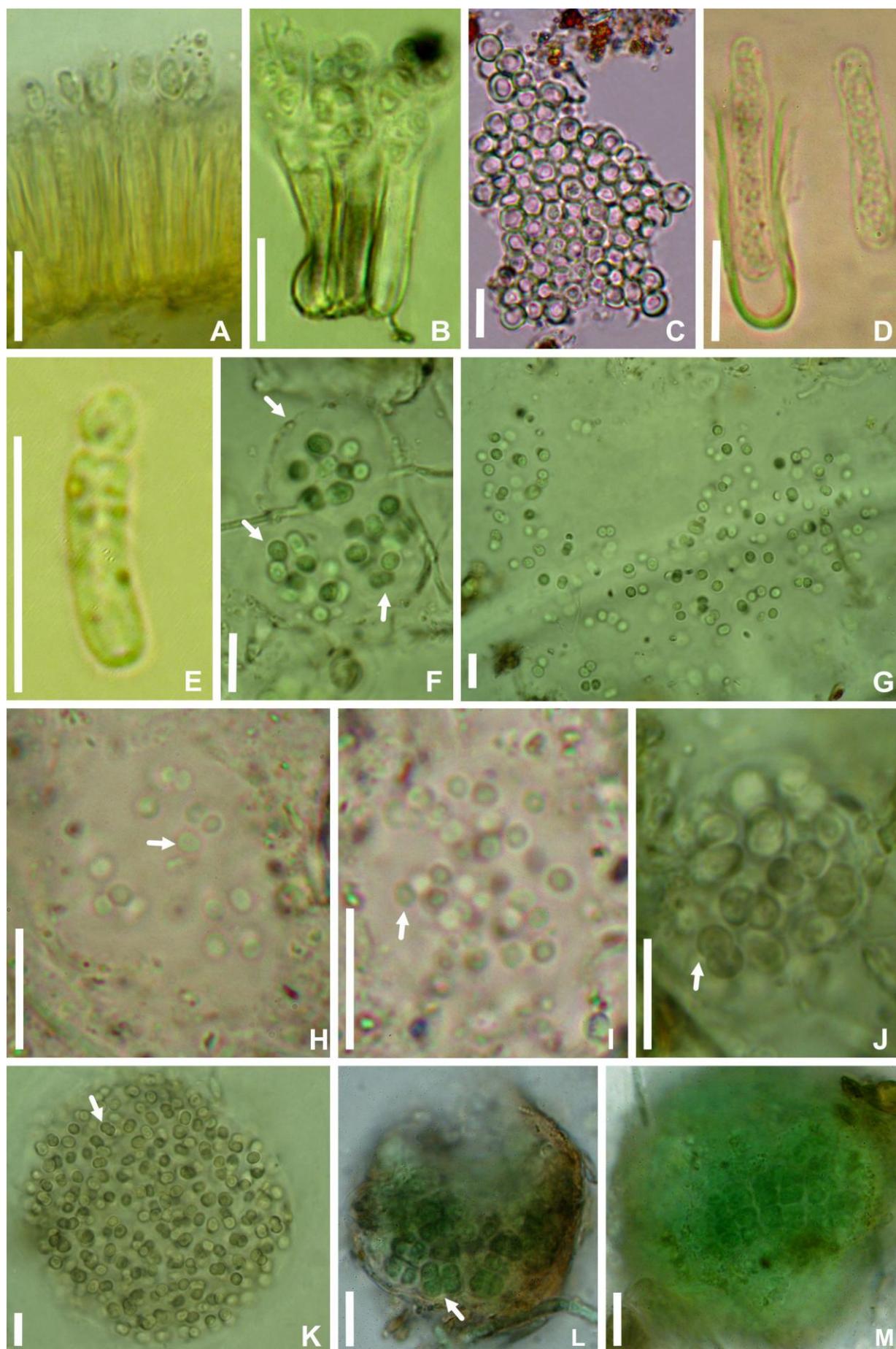


Figura 11A-M

Figura 12

A-B: *Aphanothece microscopica* - A: aspecto geral da colônia; B: colônias mostrando células cilíndricas e com cromatoplasma visível (seta).

C-E: *Aphanothece saxicola* - C-D: aspecto geral das colônias com detalhe de uma célula com envoltório individual (seta); E: colônia apresentando célula com cromatoplasma visível (seta).

F-H: *Aphanothece* cf. *castagnei* - F-G: aspecto geral das colônias, com bainhas castanho-amareladas; H: colônia com célula apresentando envoltório individual (seta).

I-J: *Aphanothece* cf. *densa*: aspecto geral das colônias e detalhe de uma célula elíptica (seta).

K-L: *Aphanothece* sp. - K: aspect de uma colônia com células densamente agregadas; L: colônia com células espaçadamente dispostas e detalhe de células da periferia apresentando envoltório individual (seta).M: *Gloeothece fuscolutea*: aspecto geral da disposição das células numa colônia.

Escalas: 10µm

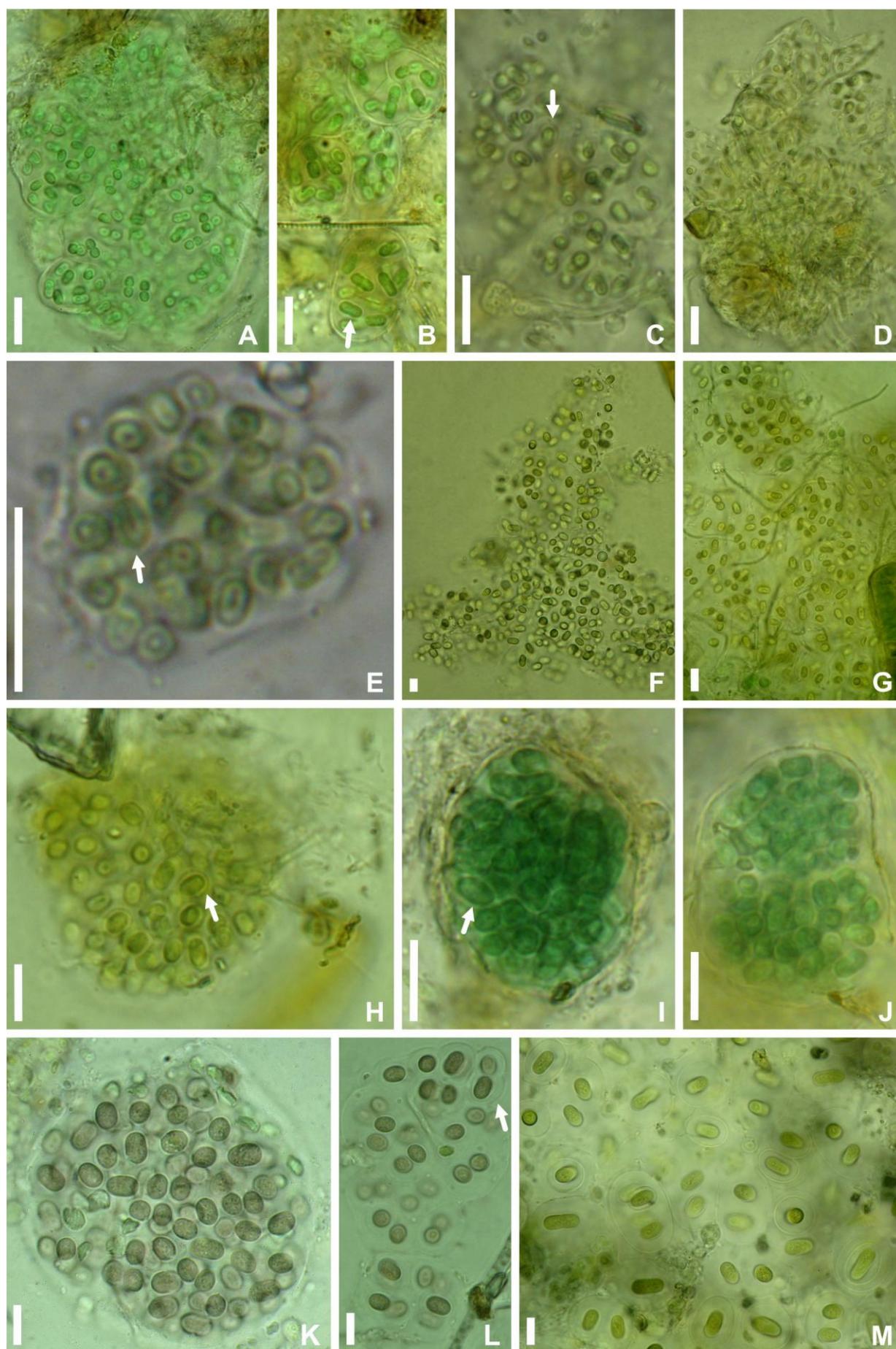


Figura 12A-M

Figura 13

A: *Gloeothece fuscolutea*: detalhe de uma colônia mostrando a coloração amarelada da bainha.

B-C: *Gloeothece interspersa*: aspecto geral das colônias e detalhe da bainha concentricamente lamelada (seta).

D-G: *Gloeothece rhodochlamys* - D: aspecto geral de colônia com bainha laranja-avermelhada finamente granulada; E: aspecto geral de colônia com bainha incolor; F: esporos de resistência; G: detalhe de uma célula isolada envolta por bainha concentricamente lamelada.

H: *Gloeothece samoensis*: aspecto geral de diversas colônias observadas sob diferentes ângulos.

I-J: *Gloeothece tepidariorum*: aspecto geral das colônias e detalhe mostrando bainha lamelada (seta).

K: *Lemmermanniella* sp.: detecção de ficocianina através da epifluorescência.

Escalas: 10µm

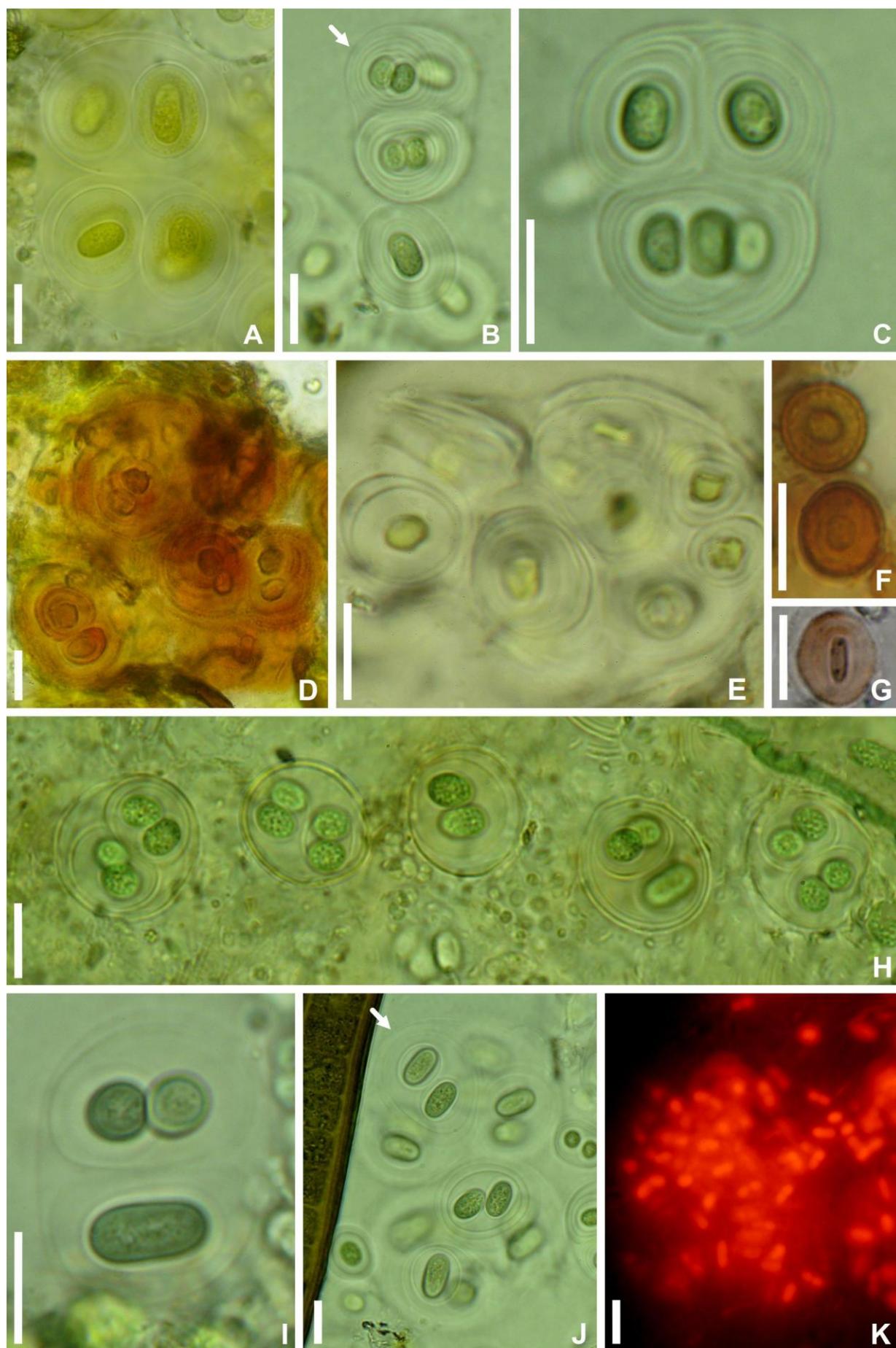


Figura 13A-K

Figura 14

A-B: *Lemmermanniella* sp. - A: aspecto geral da colônia; B: envelope mucilaginoso em colônia corada com solução de azul de metileno.

C-F: *Asterocapsa aerophytica* – C: disposição das colônias formando aglomerados; D: aspecto geral da colônia; E: liberação dos esporos de resistência; F: colônias epifitando talo de *Scytonema*.

G-H: *Asterocapsa* sp.1 – G: aspecto geral da colônia; H: detalhe de uma célula com bainha individual granulada (seta).

I-K: *Asterocapsa* sp.2 – I: colônias jovens formando aglomerados; J: colônia adulta formando células de resistência (seta) e colônias jovens; K: colônia adulta com células densamente agregadas e com envelopes individuais coloridos.

L: *Chroococcus tenax*: célula isolada mostrando conteúdo verde-oliva.

Escalas: 10µm

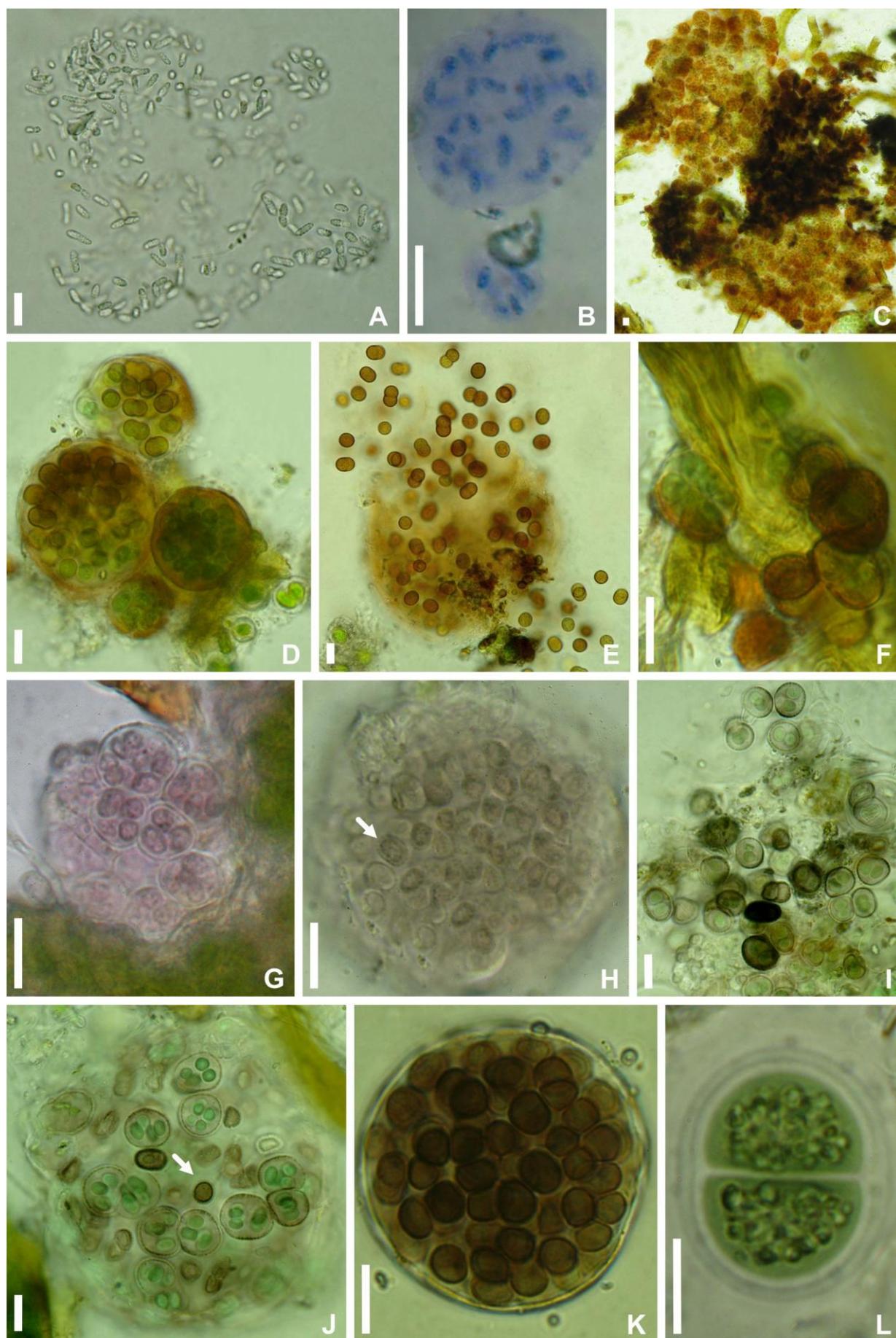


Figura 14A-L

Figura 15

A-B: *Chroococcus tenax* – A: aspecto geral da colônia com bainha lamelada; B: célula dessecada, com bainha concentricamente lamelada e coloração azul.

C-E: *Chroococcus turgidus* var. *subviolaceus* – A: aspecto geral das células; B: aspecto geral da colônia; C: células em arranjo de tétrade.

F: *Chroococcus varius*: aspecto geral das colônias formando aglomerados.

G-H: *Chroococcus* cf. *minor*: G: aspecto geral das colônias de amostras de natureza; H: aspecto geral de colônias mantidas em cultura.

I-K: *Chroococcus* cf. *turgidus* - I: célula isolada apresentando bainha não lamelada; J: material de cultura com células formando colônias; K: material de cultura mostrando a variação no tamanho das células.

Escalas: 10 μ m

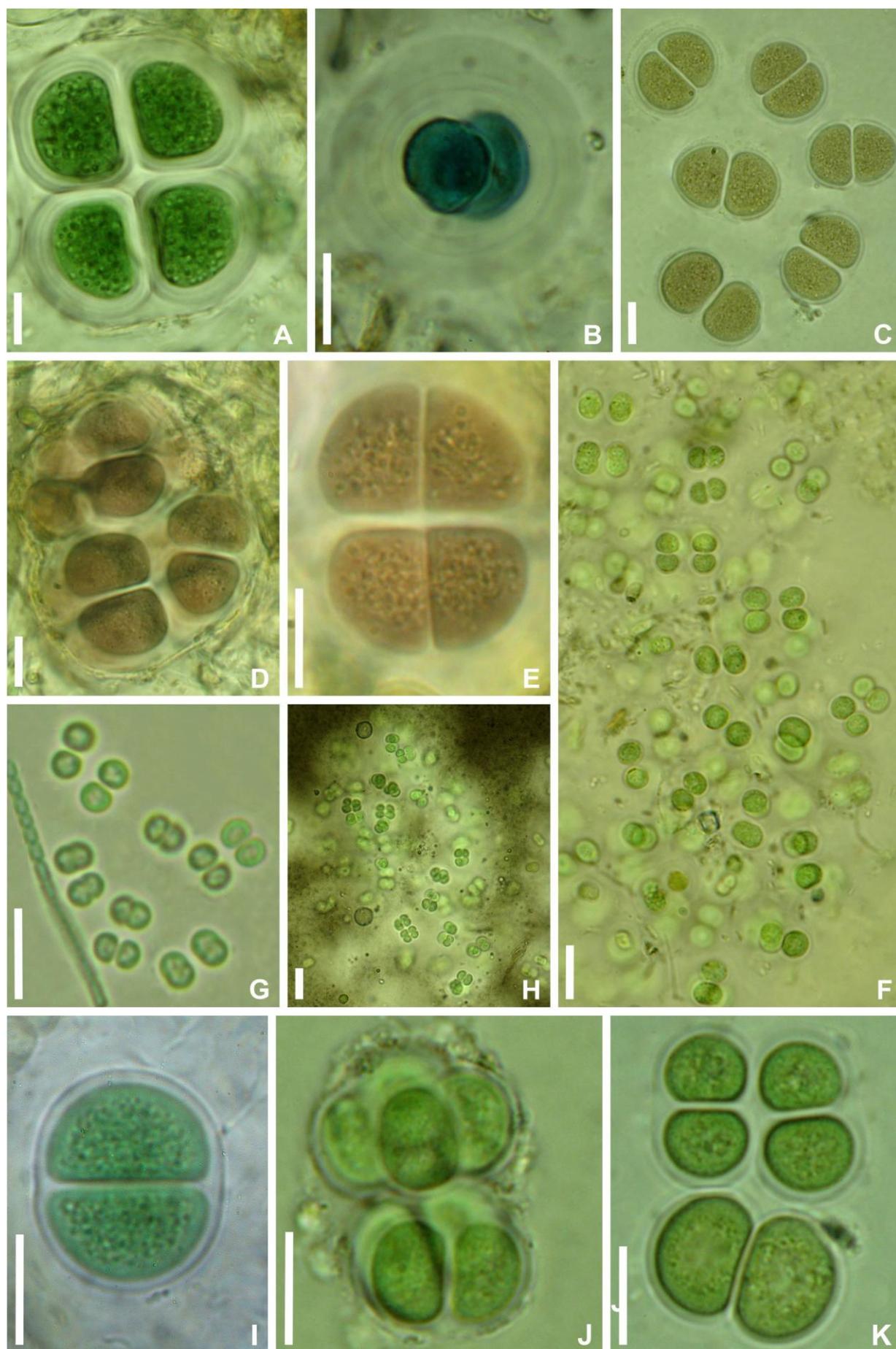


Figura 15A-K

Figura 16

A-B: *Chroococcus* cf. *varius* – A: aspecto geral da colônia, com células densamente agregadas; B: colônia corada com solução de azul de metileno mostrando bainha lamelada.

C-F: *Cyanosarcina* sp. – C: aspecto geral das células em cultura, mostrando células em estágio tipo *Chroococcus* e células com bainha vermelha (setas); D: colônia mostrando divisão além dos 3 planos (seta), iniciando arranjo típico de colônias de *Cyanosarcina*; E: colônia em arranjo típico observado no gênero *Cyanosarcina*; F: aspecto visual da cultura, com meio intensamente vermelho.

G-J: *Cyanostylon gelatinosus* - G-H: aspecto geral da colônia; I: detalhe das células; J: detalhe da haste mucilaginosa.

K: *Cyanostylon* cf. *gelatinosus*: aspecto geral das colônias e detalhe das células sustentadas por hastes mucilaginosas (seta).

L: *Cyanostylon* sp.

Escalas: 10 μ m

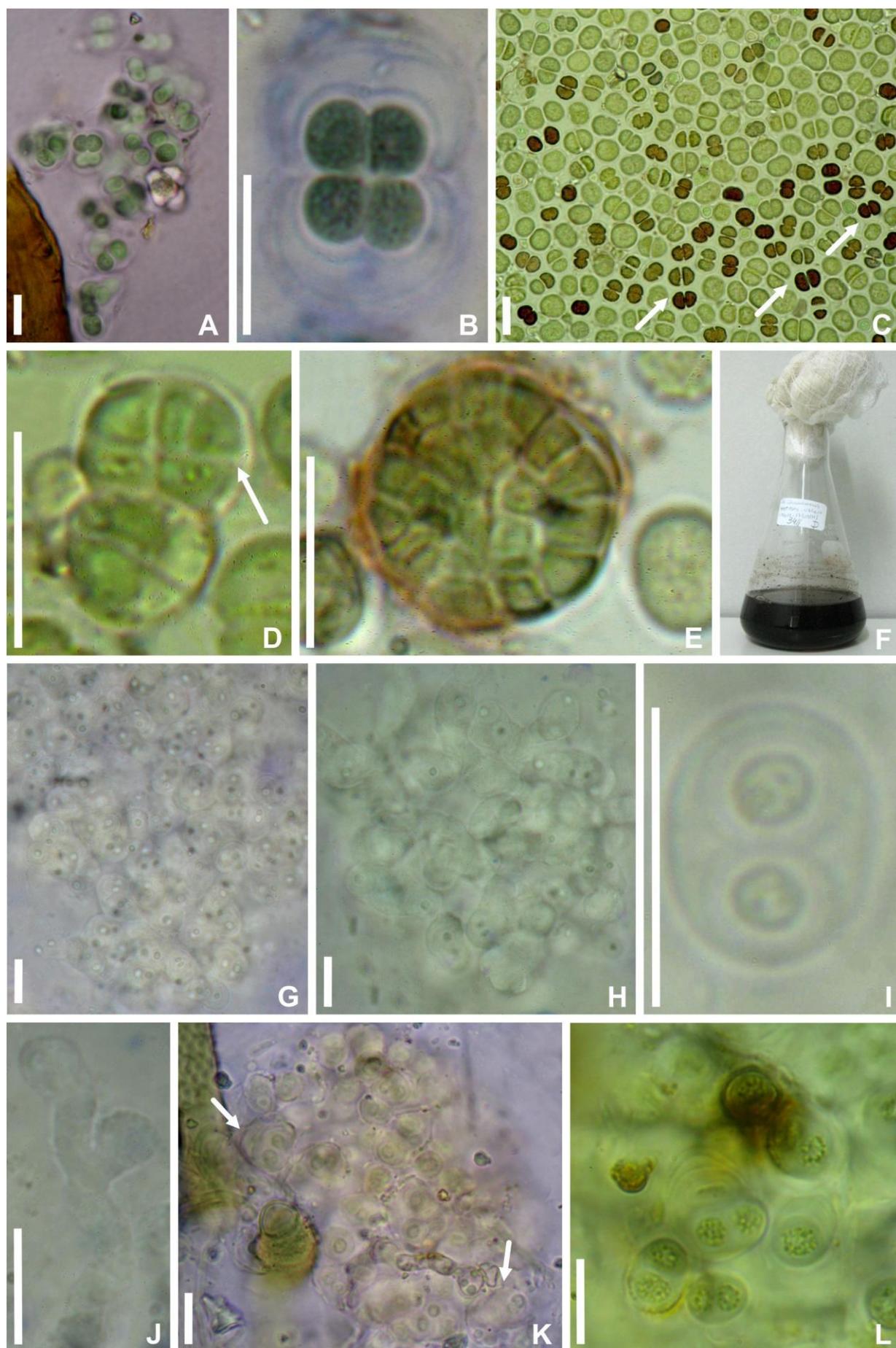


Figura 16A-L

Figura 17

A: *Cyanostylon* sp.: detalhe da haste mucilaginosa (seta).

B-C: *Gloeocapsopsis chroococcoides* – B: aspecto geral da colônia; C: colônias com células apresentando estruturas do tipo vacúolo (seta).

D-F: *Gloeocapsopsis dvorakii* – D: colônia exemplificando a população encontrada sobre corda; E: colônia exemplificando a população encontrada sobre telhado; F: colônia exemplificando a população encontrada sobre rocha.

G-I: *Gloeocapsopsis* sp.1 – G-H: aspecto geral das colônias; I: colônias com bainha lamelada (seta).

J-L: *Gloeocapsopsis* sp.2 - J-K: aspecto geral das colônias; L: colônia com células desidratadas.

Escalas: 10µm

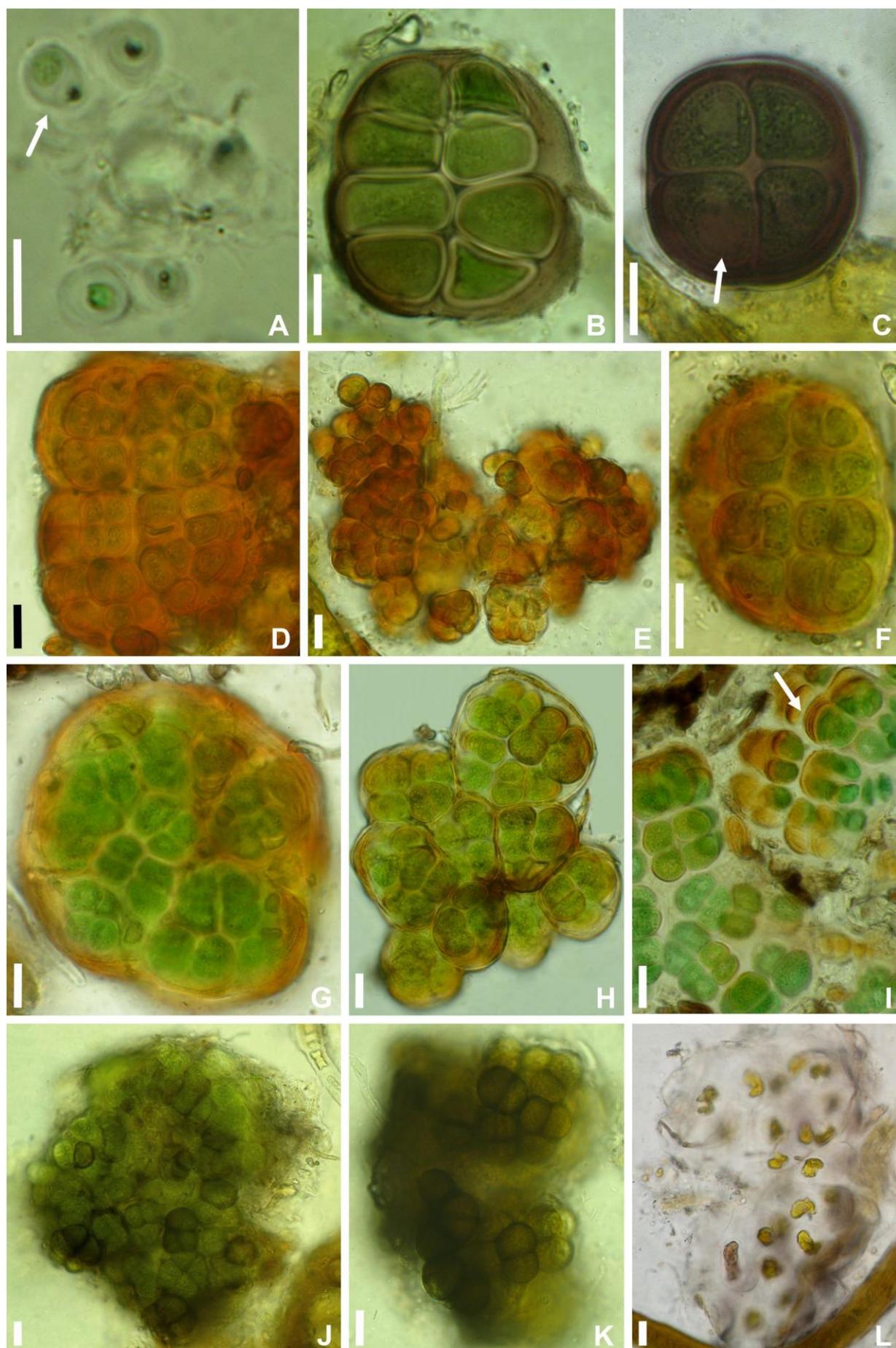


Figura 17A-L

Figura 18

A-C: *Nephrococcus shilinensis* – A-B: aspecto geral das colônias; C: detalhe das células reniformes (setas).

D-E: *Pseudocapsa dubia* - D: aspecto geral das colônias; E: colônias apresentando bainha castanha (seta).

F-G: *Pseudocapsa* sp. - F: aspecto geral da colônia; G: colônias apresentando arranjo das células em leque (setas).

H-I: *Endospora rubra*: aspecto geral das colônias e células apresentando bainhas individuais (setas).

J: *Chondrocystis dermochroa*: aspecto geral das colônias, com subcolônias cúbicas densamente agregadas.

K: *Gloeocapsa compacta*: aspecto geral de colônia encontrada sobre rocha.

Escala: 10µm

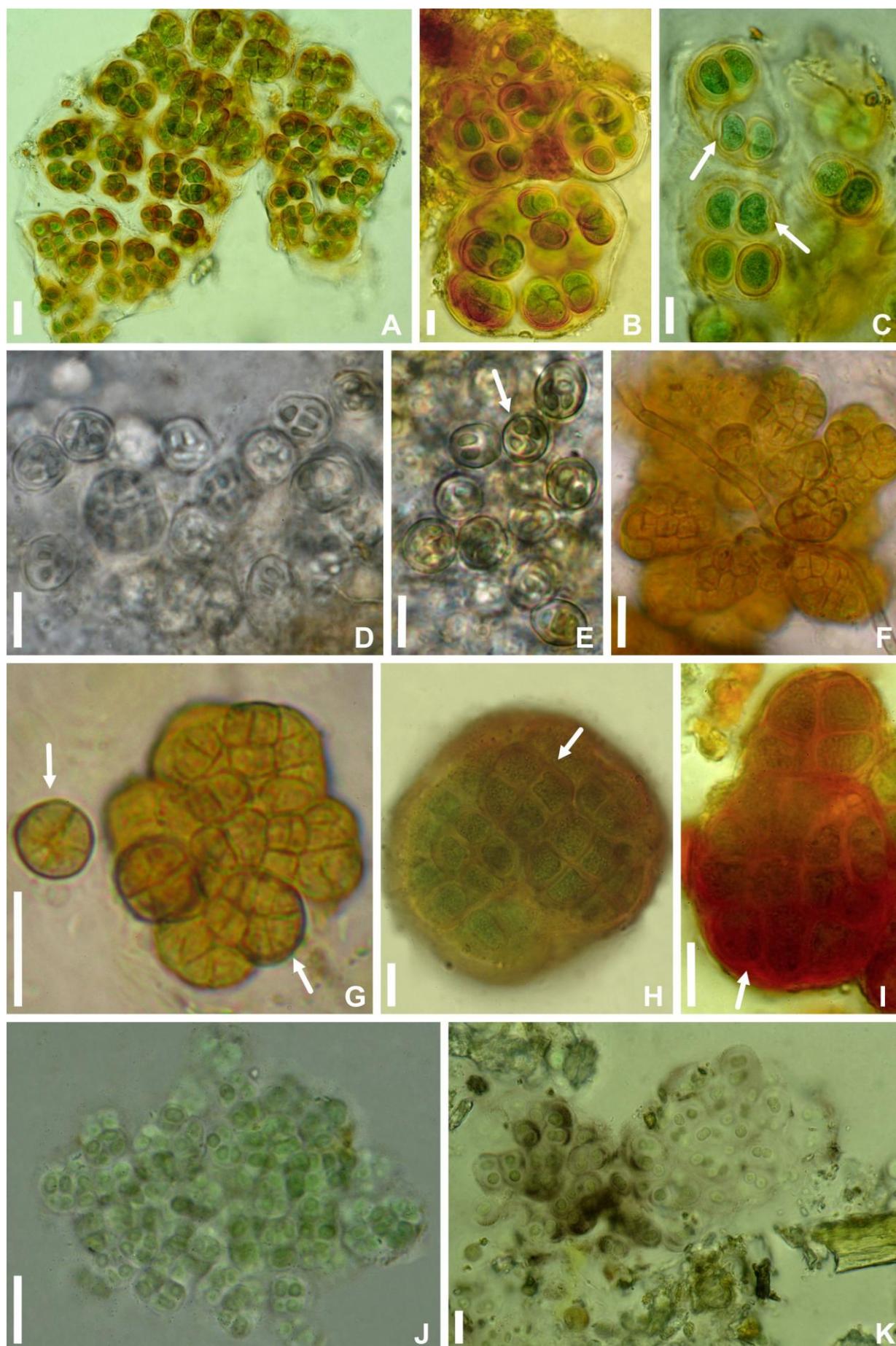


Figura 18A-K

Figura 19

A-B: *Gloeocapsa compacta*: aspecto geral de colônias encontradas sobre casca de árvore.

C-D: *Gloeocapsa stegophila* - C: aspecto geral de colônia encontrada sobre rocha; D: aspecto geral de colônia encontrada sobre casca de árvore.

E-F: *Gloeocapsa punctata*.

G-J: *Gloeocapsa nigrescens* – G-H: aspecto geral das colônias; I: colônia composta por células de resistência; J: células de resistência após liberação.

K: *Gloeocapsa novacekii*: aspecto geral da colônia.

Escalas: 10µm

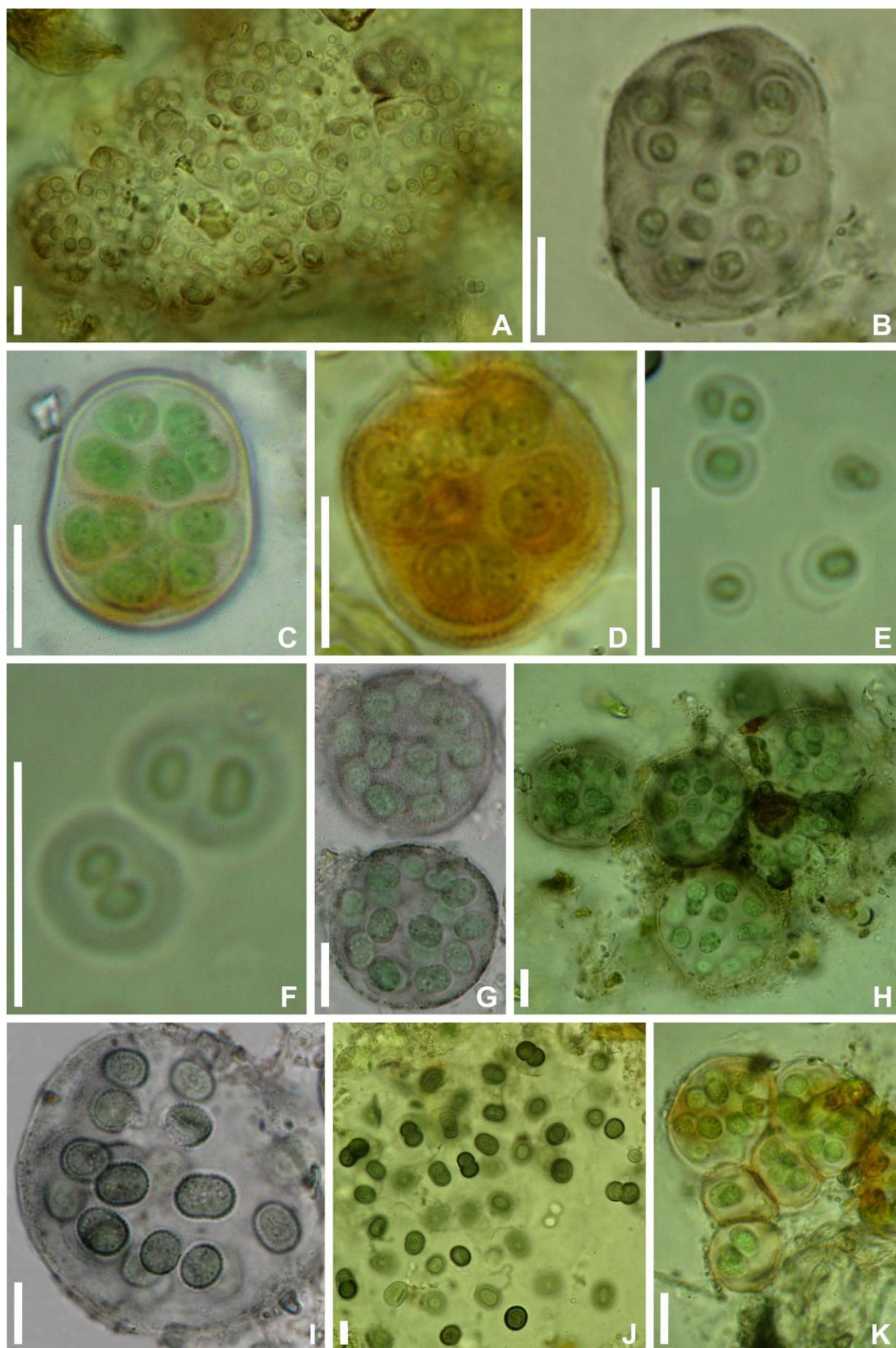


Figura 19A-K

Figura 20

A-D: *Gloeocapsa novacekii* – A-B: aspecto geral das colônias; C: colônia formando células de resistência; D: células de resistência após liberação.

E-G: *Gloeocapsa* sp.1 – E-F: aspecto geral das colônias; G: colônias com bainhas levemente azuladas.

H: *Gloeocapsa* sp.2: aspecto geral das colônias com células apresentando bainhas intensamente coloridas e também incolores (seta).

I-J: *Chlorogloea* cf. *novacekii*: aspecto geral das colônias e célula com bainha individual (seta).

K-M: *Chlorogloea* sp.1 – K: aspecto geral da colônia; M: detalhe de uma fileira de células, mostrando células densamente arranjadas e alinhadas.

Escala: 10µm

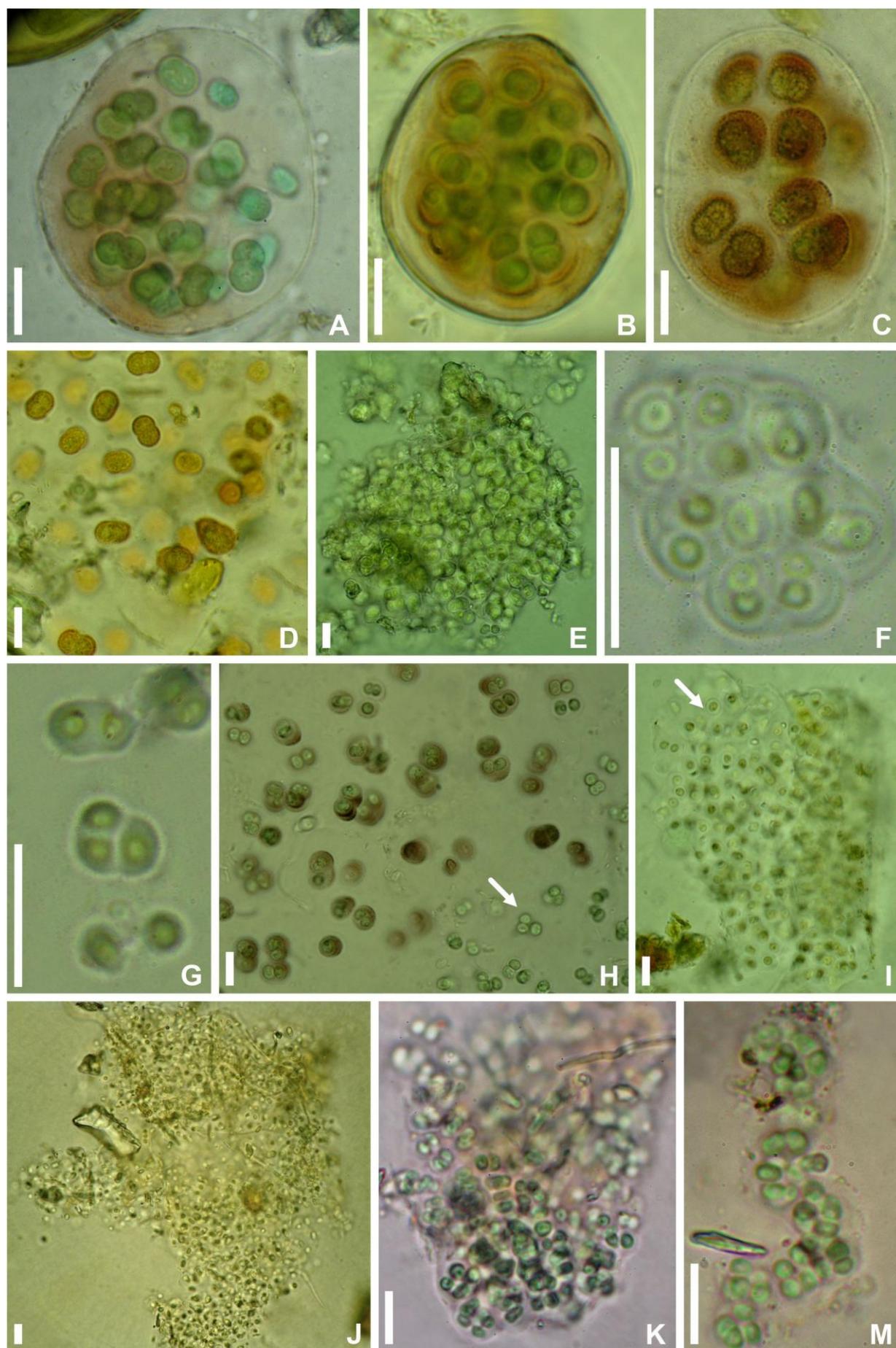


Figura 20A-M

Figura 21

A-C: *Chlorogloea* sp.2.

D-F: *Chlorogloea* sp.3.

G-H: *Cyanoarbor* aff. *himalayensis* - G: aspecto geral da colônia; H: detalhe de um dos lobos da colônia.

Escalas: 10µm

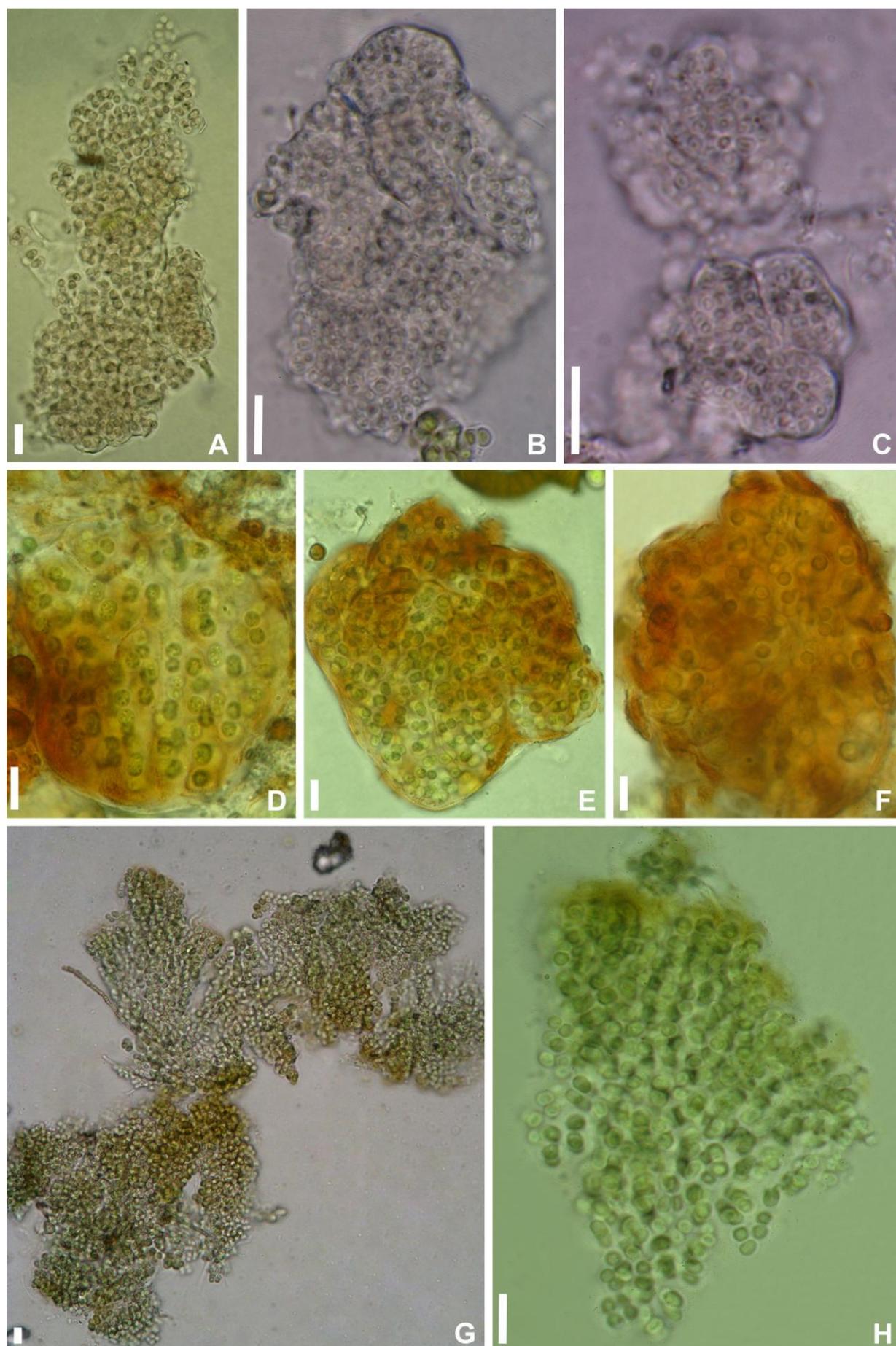


Figura 21A-H

Figura 22

A-C: *Entophysalis arboriformis* – A-B: aspecto geral das colônias; C: detalhe das células.

D-F: *Entophysalis granulosa*: aspecto geral das colônias.

G-H: *Entophysalis* cf. *samoensis* – G: aspecto geral da colônia; H: detalhe de uma fileira de células.

Escalas: 10µm

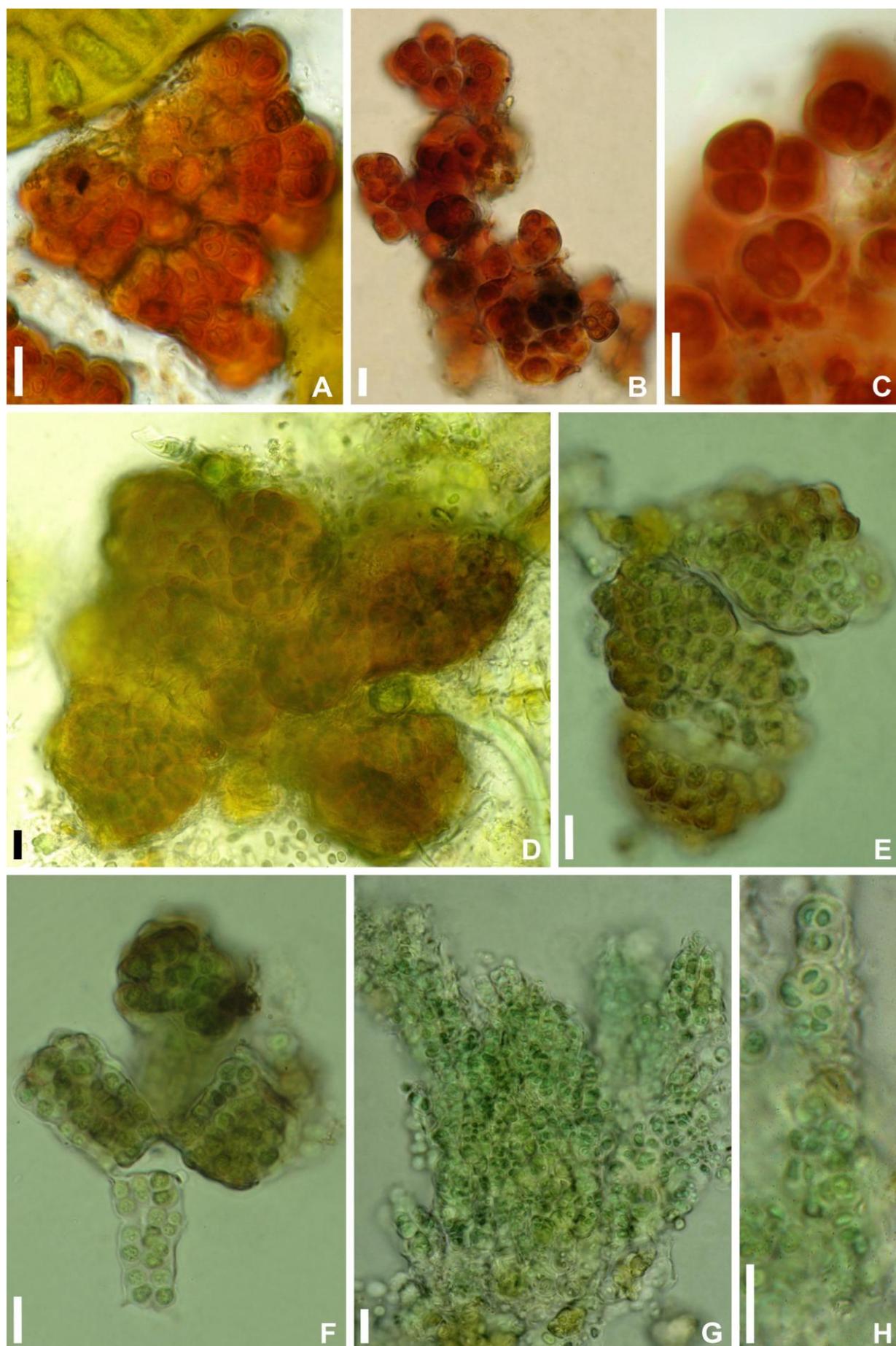


Figura 22A-H

Figura 23

A-B: *Entophysalis* sp.1.: aspecto geral das colônias.

C-D: *Entophysalis* sp.2 – A: aspecto geral da colônia; B: detalhe da colônia com células intensamente verdes e enfileiradas.

E-F: “Entophysalidaceae não identificada”: aspecto geral das colônias mostrando variação na coloração das bainhas.

Escalas: 10 μ m

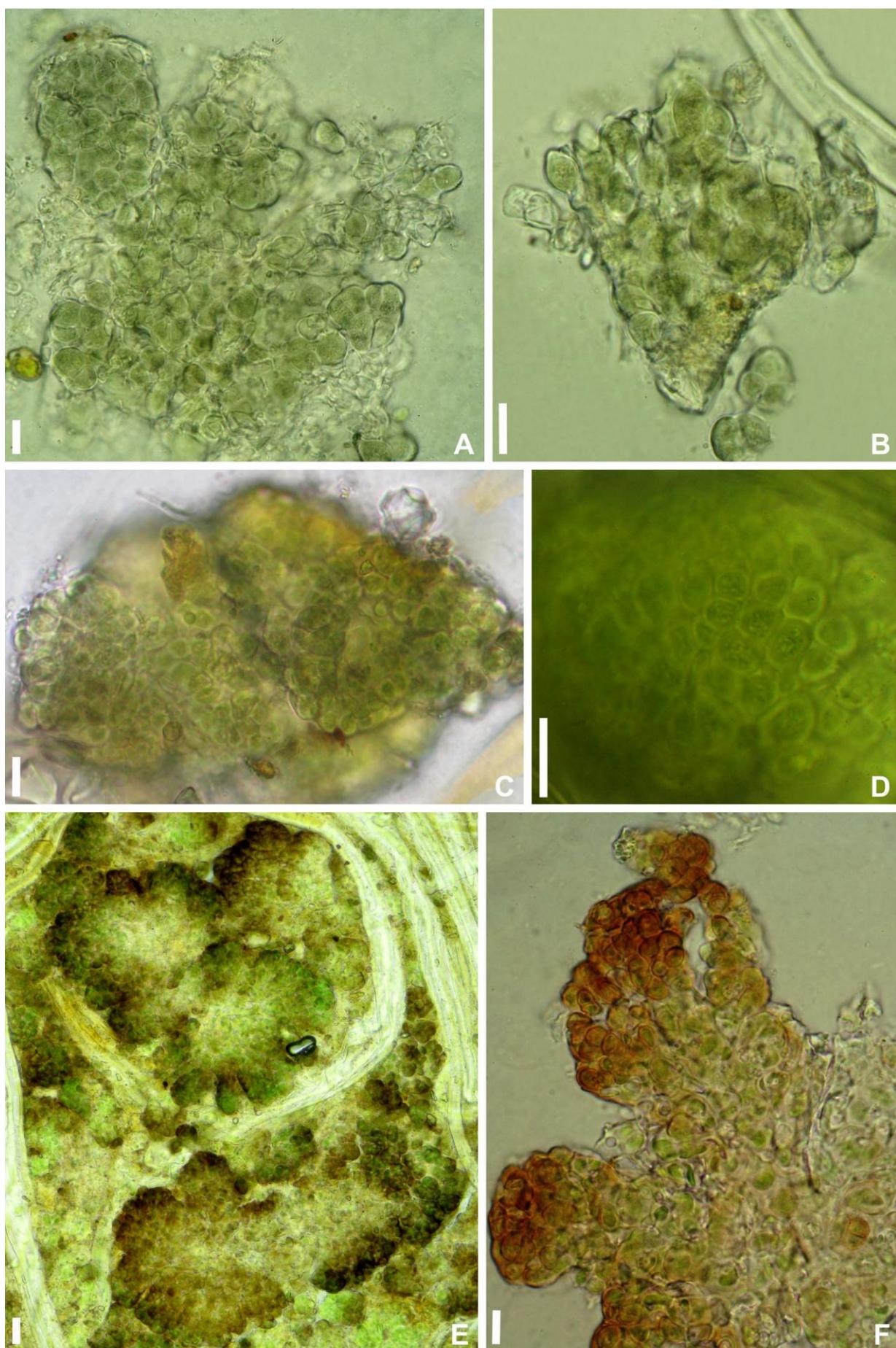


Figura 23A-F

Figura 24

A: “Entophysalidaceae não identificada”: detalhe da bainha com espaços vazios (seta).

B-C: *Hyella* cf. *caespitosa* var. *arbuscula* – B: aspecto geral da colônia; C: detalhe dos baéocitos nas bainhas de células-mãe (seta).

D-F: *Pleurocapsa* cf. *aurantiaca* – D: aspecto geral da colônia; F-G: detalhes das fileiras de células que formam as colônias.

Escalas: 10 μ m

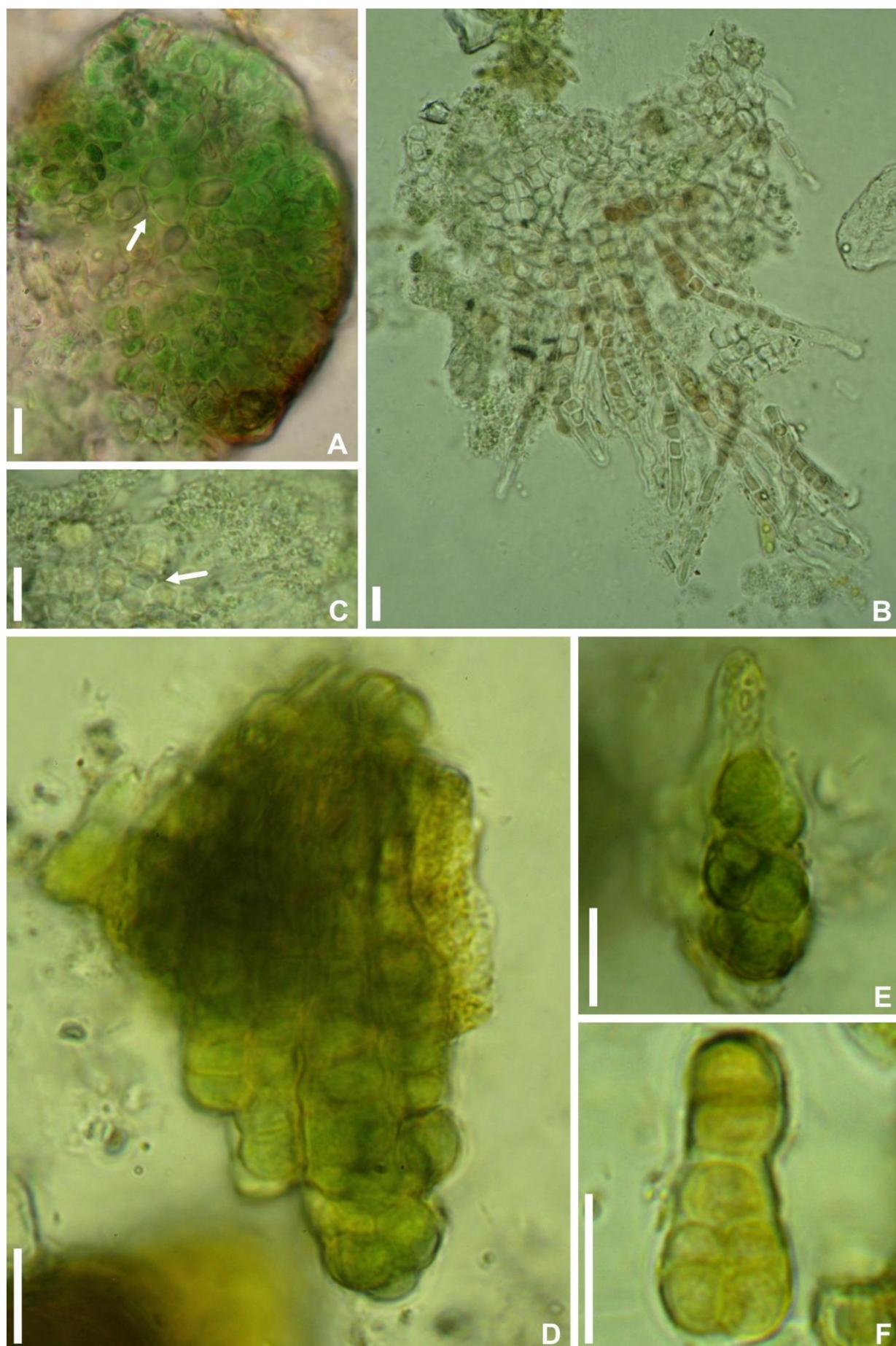


Figura 24A-F

Figura 25

A-E: *Pleurocapsa* sp. – A-B: aspectos gerais das colônias com células formando baeócitos (setas); C-D: detalhe de uma célula formando baeócitos (seta) e outras dividindo-se para formação de pseudofilamentos; E: aspecto das colônias cultivadas em meio sólido, apresentando bainhas enegrecidas.

F-G: *Chroococidiopsis* sp.: aspecto geral das colônias e célula formando baeócitos (seta).

H-K: *Myxosarcina* sp. – H: colônias aderidas a fio de algodão em cultura em meio líquido; I-J: aspecto geral das colônias, K: colônias com células formando baeócitos.

Escala: 10µm

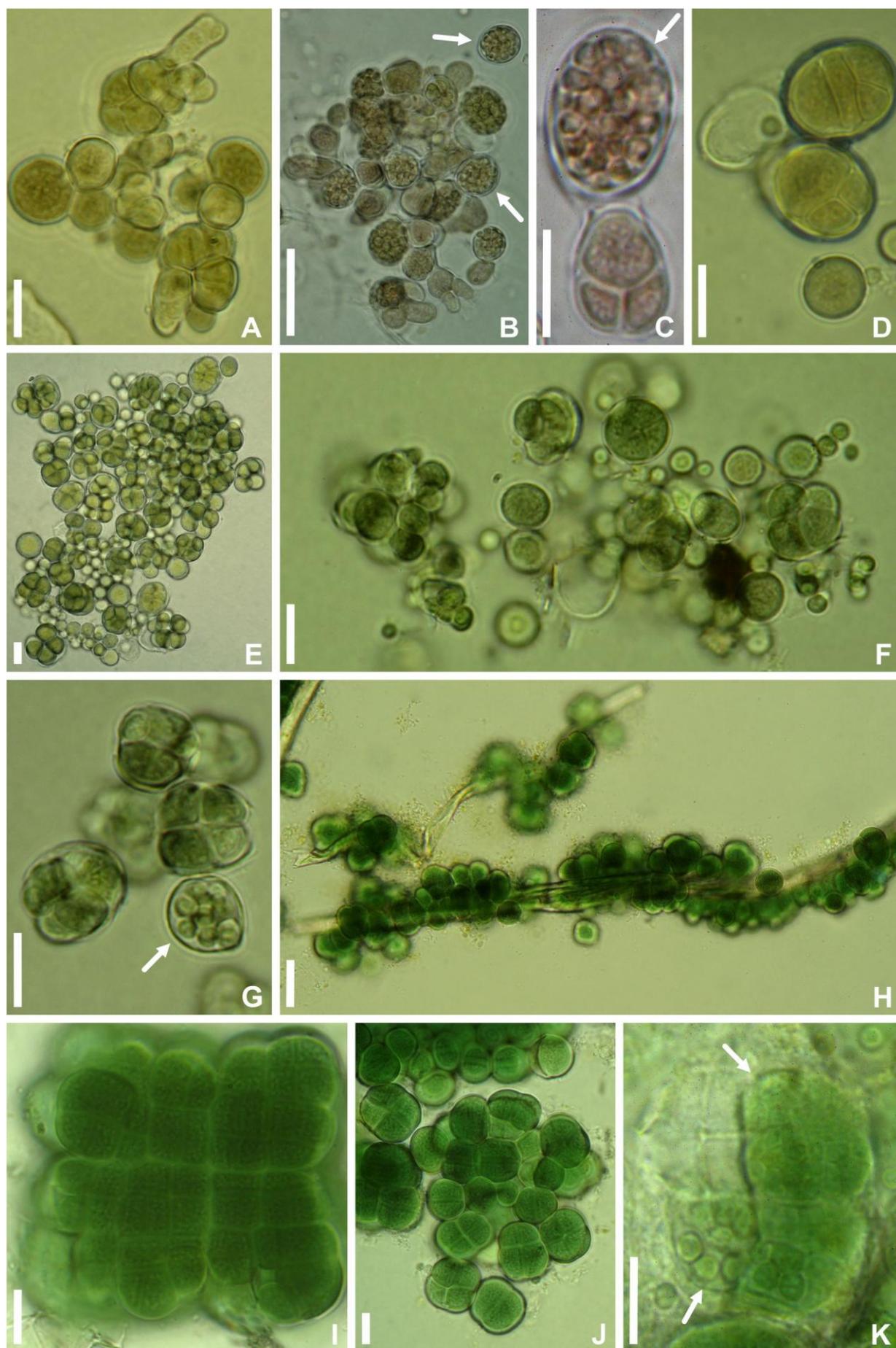


Figura 25A-K

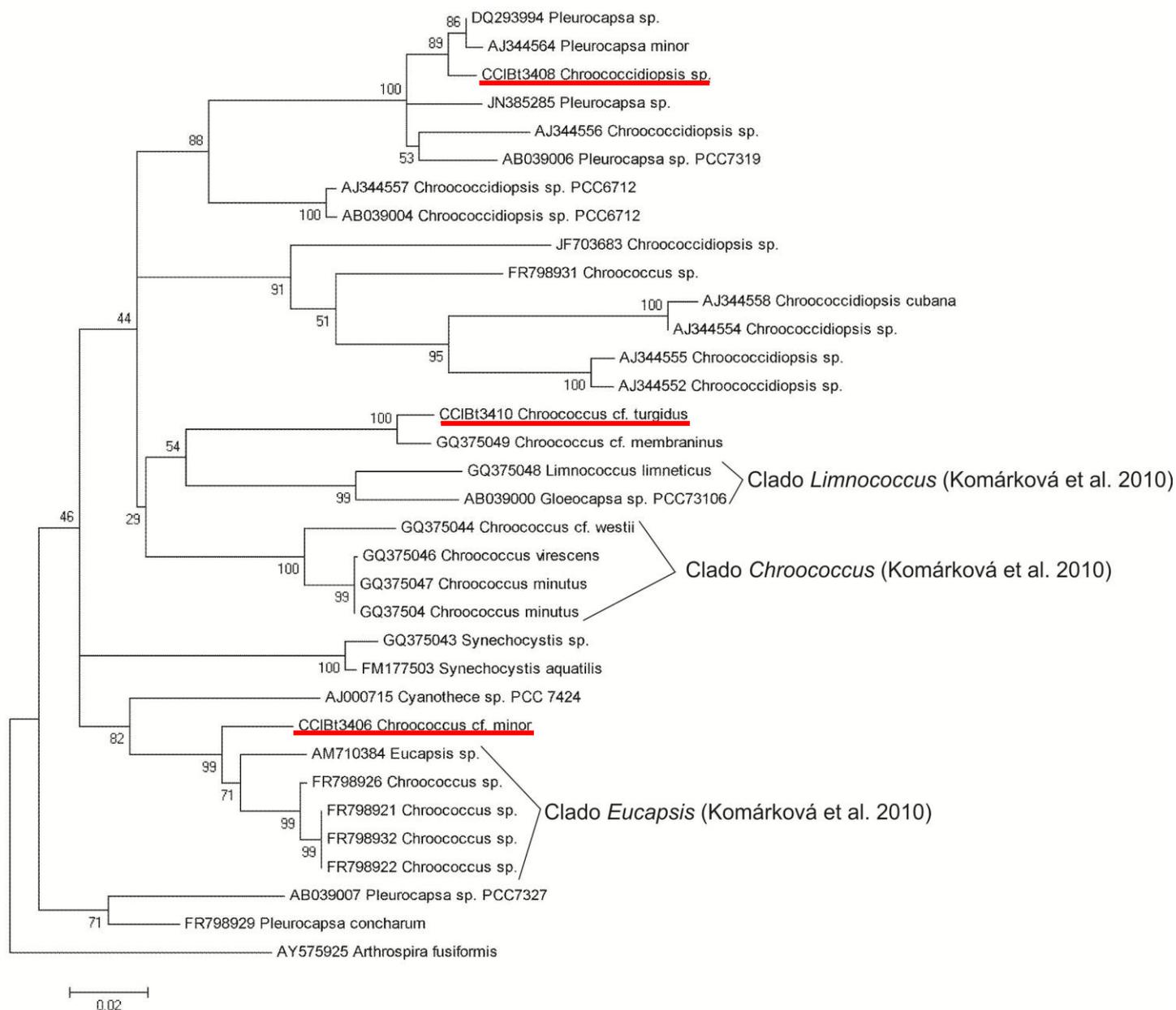


Figura 26: Árvore filogenética de seqüências do gene RNAr 16S (1094 pb) usando o método de Máxima Verossimilhança. As seqüências geradas nesse estudo estão sublinhadas. Os valores de reamostragem acima de 50% estão apresentados em cada nó. Clados definidos por Komárková et al. (2010) foram destacados.

Referências bibliográficas

- ALTSCHUL, S.F., GISH, W., MILLER, W., MYERS, E.W. & LIPMAN, D.J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal Molecular Biology* 215: 403-410.
- ANGERT, E.R. 2005. Alternatives to binary fission in bacteria. *Nature Reviews Microbiology* 3, 214-224.
- 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 brasilica* sp. nov. (Chroococcales, Synechococcaceae): morphological and morphometric variability under cross-gradient cultures. *Algological Studies* 83: 83-92.
- AZEVEDO, M.T.P. & SANT'ANNA, C.L. 1993. New taxa of Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from São Paulo State, Brazil. *Cryptogamic Botany* 3: 207-212.
- AZEVEDO, M.T.P. & SANT'ANNA, C.L. 1994a. *Cyanostylon gelatinosus*, a new species (Chroococcales, Cyanophyceae) from São Paulo State, Brazil. *Algological Studies* 75: 75-78.
- AZEVEDO, M.T.P. & SANT'ANNA, C.L. 1994b. *Hormothece geitleriana*: A new edaphic chroococcal Cyanophyceae from São Paulo State, Brazil. *Algological Studies* 75: 75-78.
- AZEVEDO, M.T.P., NOGUEIRA, N.M.C. & SANT'ANNA, C.L. 1996. Criptógamas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 8: Cyanophyceae. *Hoehnea* 23(1): 1-38.
- AZEVEDO, M.T.P., SOUZA, C.A. & MENEZES, M. 1999. Synechococcaceae (Cyanophyceae/Cyanobacteria) from a tropical brackish water lagoon, Brazil. *Algological Studies* 94: 24-61.
- BAHL, J., LAU, M.C., SMITH, G.J., VIJAYKRISHNA, D., CARY, S.C., LACAP, D.C., LEE, C.K., PAPKE, R.T., WARREN-RHODES, K.A., WONG, F.K., MCKAY, C.P. & POINTING S.B. 2011. Ancient origins determine global biogeography of hot and cold desert cyanobacteria. *Nature Communications* 25(2): 163.
- BIRNBOIM, H.C. & DOLY, J. 1979. A rapid alkaline extraction procedure for screening recombinant plasmid DNA. *Nucleic Acids Research* 7: 1513-1518.
- BOONE, D.R. & CASTENHOLZ, R.W. 2001 (eds.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2° ed., v 1. Springer, Nova Iorque, 721p.

BOURRELLY, P. 1970. Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: Les Algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Boubée & Cie, Paris, 512 p.

BOYE-PETERSEN, J. 1923. The freshwater Cyanophyceae of Iceland. Arb. Bot. Kobenhavn (The Botany of Iceland 2) 101(7): 251-324.

BRANCO, L.H.Z., AZEVEDO, M.T.P., SANT'ANNA, C.L. & KOMÁREK, J. 2006a. New morphospecies of *Symplocastrum* (Phormidiaceae, Oscillatoriales) from aerophytic habitats in Brazil. Algological Studies 121: 23-33.

BRANCO, L.H.Z., HOFFMANN, L., TEIXEIRA, J.P., FERREIRA, V. & MORAIS FILHO, J.C. 2009. Aerophytic cyanoprokaryotes from the Atlantic rainforest region of São Paulo State, Brazil: Chroococcales and Oscillatoriales. Cryptogamie Algologie 30(1): 135-152.

BRANCO, L.H.Z., KOMÁREK, J., AZEVEDO, M.T.P., SANT'ANNA, C.L. & WATANABE, M. 2006b. The cyanobacterial genus *Cyanoarbor* Wang (Chroococcales, Entophysalidaceae) and its occurrence in Brazil. Nova Hedwigia 82: 365-380.

BRANCO, L.H.Z., SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P. & SORMUS, L. 1996. Cyanophyte flora from Cardoso Island mangroves, São Paulo State, Brazil. 1. Chroococcales. Algological Studies 80: 99-111.

BRANCO, L.H.Z., SILVA, S.M. & SANT'ANNA, C.L. 1994. *Stichosiphon mangle* sp. nova, a new cyanophyte from mangrove environments. Algological Studies. 72: 1-7.

BROADY, P.A. & INGERFELD, M. 1991. *Placoma regulare* sp. nov. (Entophysalidaceae, Cyanobacteria) from New Zealand streams. Phycologia 30: 547-555.

BÜDEL, B. 2011. Cyanobacteria: Habitats and Species. In: U. LÜTTGE, E. BECK & D. BARTELS (eds.). Plant Desiccation Tolerance, Ecological Studies 215, Verlag, pp.11-21.

BÜDEL, B., WEBER, H.M., POREMBSKI, S. & BARTHLOTT, W. 2002. Cyanobacteria of inselbergs in the Atlantic rain-forest zone of Eastern Brazil. Phycologia 41: 498-506.

CAIOLA, M.G., BILLI, D. & FRIEDMANN, E.I. 1996. Effect of desiccation on envelopes of the cyanobacterium *Chroococciopsis* sp. (Chroococcales), European Journal of Phycology 31(1): 97-105.

CASTENHOLZ, R.W. 1992. Species usage, concept and evolution in the cyanobacteria (blue-green algae). Journal of Phycology 28: 737-745.

CASTENHOLZ, R. W. 2001. Phylum BX. Cyanobacteria. In: D.R. Boone & R.W. Castenholz (eds). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2^o ed., v. 1, Springer, Nova Iorque, pp. 473-487.

CEPF - Critical Ecosystem Partnership Fund. 2001. Ecosystem profile: Atlantic Forest biodiversity hotspot. Brazil. Final version. Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF),

Conservation International, Washington, D.C. (Disponível em http://www.cepf.net/ImageCache/cepf/content/pdfs/final_2e).

CHU, H. 1952. Some new Myxophyceae from Szechwan province, China. *Ohio Journal Science* 3: 96-101.

CONDE, F.R., CHURIO, M.S. & PREVITALI, C.M. 2000. The photoprotector mechanism of mycosporine-like amino acids. Excited-state properties and photostability of porphyra-334 in aqueous solution. *Journal Photochemistry and Photobiology B: Biology* 56: 139-144.

COUTÉ, A., TELL, G. & THÉRÉZIEN, Y. 1999. Cyanophyceae (Cyanobacteria) aérophiles de Nouvelle-Calédonie. *Cryptogamie Algologie* 20(4): 301-344.

DAILY, W.A. 1942. The Chroococcaceae of Ohio, Kentucky, and Indiana. *American Midland Naturalist* 27: 636-661.

DESIKACHARY, T.V. 1959. *Cyanophyta*. ICAR Monographs, Nova Deli, 686 pp.

DIEGUES, A.C. 1995. *The Mata Atlântica Biosphere Reserve: an Overview*. Unesco, Paris, 40 p.

DROUET, F. 1981. Summary of the classification of blue-green algae. *Nova Hedwigia Beihefte* 66: 133-209.

DROUET, F. & DAILY, W.A. 1956. Revision of the coccoid myxophyceae. *Butler Universit Botanical Studies* 12: 1-218.

EWING, B. & GREEN, P. 1998. Base-calling of automated sequencer traces using phred. II. Error probabilities. *Genome Research* 8: 186-194.

EWING, B., HILLIER, L., WENDL, M.C. & GREEN, P. 1998. Base-calling of automated sequencer traces using phred. I. Accuracy assessment. *Genome Research* 8: 175-185.

FEWER, D., FRIEDL, T. & BÜDEL, B. 2002. *Chroococcidiopsis* and heterocyst-differentiating Cyanobacteria are each other's closest living relatives. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 23(1): 82-90.

FIORE, M.F., MOON, D.H., TSAI, S.M., LEE, H. & TREVORS, J.T. 2000. Miniprep DNA isolation from unicellular and filamentous cyanobacteria. *Journal of Microbiological Methods* 39:159-169.

FIORE, M.F., SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., SULEK, J. & LORENZI, A. 2007. The cyanobacterial genus *Brasilonema* - molecular and phenotype evaluation. *Journal of Phycology* 43: 789-798.

FLECHTNER, V.R., JOHANSEN, J.R. & BELNAP, J. 2008. The biological soil crusts of the San Nicolas Island: enigmatic algae from a geographically isolated ecosystem. *Western North American Naturalist* 68(4): 405-436.

FORTI, A. 1907. Sylloge Myxophycearum. In: De Toni (eds). Sylloge Algarum Omnium, Padua, pp. 1-761.

FRÉMY, P. 1930. Les myxophycées de l'Afrique équatoriale française. Archives Botanique Mémoires 2: 1-507.

FRÉMY, P. 1933. Les Cyanophycées des Côtes d'Europe. Memoires Societe Nationale Sciences Naturelles et Matematiques de Cherbourg 41: 1-236.

FUNARI, F.L., STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. & SALUM, S.T. 1987. Balanço hídrico de duas áreas de Mata Atlântica: Reserva Biológica de Paranapiacaba e Parque Estadual da Ilha do Cardoso (São Paulo). In: Anais do VI Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, p. 95-101.

GARDNER, N.L. 1927. New Myxophyceae from Porto Rico. Memoirs of the New York Botanical Garden 7: 1-144.

GEITLER, L. 1925. Cyanophyceae. In: A. Pascher (eds). Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, v. 12, Gustav Fischer, Jena, 450 p.

GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. In: L. Rabenhorst (eds). Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich, under de Sweitz, v. 14, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, pp. 673-1056.

GERDES, G. 2010. What are Microbioal Mats? In: J. Seckback & A. Oren (eds) Microbial Mats Modern and Ancient Microorganisms in Stratified System, Springer Netherlands, p. 3-25.

GOLUBIĆ, S. 1965. Zur Revision der Gattung *Gloeocapsa* Kuetzing (Cyanophyta) (Contribution to revision of the genus *Gloeocapsa*). Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 27: 218-232.

GOLUBIĆ, S. 1967. Algenvegetation der Felsen - Eine oekologische Algenstudie im dinarischen Karstgebiet. In: H.J. ELSTER & W. OHLE (eds). Die Binnengewasser - Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten, v. XXIII. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhabdlung, Stuttgart 183 p.

GOLUBIĆ, S. 1979. Cyanobacteria (blue-green algae) under the bacteriological code? An ecological objection. Taxon 28: 387- 389

GORBUSHINA, A.A. 2007. Life on the rocks. Environmental Microbiology 9: 1613-1631.

GORBUSHINA, A.A. & PETERSEN, K. 2000. Distribution of micro-organisms on ancient wall paintings as related to associated faunal elements. Internat. Biodeterioration and Biodegradation 46: 277-284.

GORDON, D., ABAJIAN, C. & GREEN, P. 1998. Consed: a graphical tool for sequence finishing. Genome Research 8:195-202.

GORHAM, P.R., MCLACHLAN, J.S., HAMMER, U.T. & KIM, W.K. 1964. Isolation and culture of toxic strain of *Anabaena flos-aquae* (Lyngb) de Bréb. *Verhandlungen des Internationalen Vereins für theoretische und Angewandte Limnologie* 15: 796-804.

GRAHAM, L.E. & WILCOX, L.W. 2000. *Algae*. Prentice Hall, New Jersey, pp. 97-131.

GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. 2012. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <http://www.algaebase.org>; ultimo acesso em 27 de janeiro de 2012.

GUTJAHR, M.R. 1993. Critérios relacionados à compartimentação climática de bacias hidrográficas: a bacia do rio Ribeira de Iguape. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo, 89p.

HARTMANN, P.A., HARTMANN, M.T. & MARTINS, M. 2009. Ecology and natural history of a snake assemblage at Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 9(3): 173-184.

HAUER, T. 2007a. Rock-inhabiting cyanoprokaryota from South Bohemia (Czech Republic). *Nova Hedwigia* 85(3-4): 379-392.

HAUER, T. 2007b. Sinice skalních substrátů vybraných lokalit v České republice. Rockinhabiting cyanoprokaryota of selected localities in the Czech Republic. Ph.D. Thesis, Universidade do Sul da Bohemia, Faculdade de Ciências, České Budějovice, República Tcheca, 50 p.

HINDÁK, F. 1985. The Cyanophycean genus *Lemmermanniella* Geitler 1942. *Algological Studies* 40: 393-401.

HINDÁK, F. 2008. On *Chlorogloeopsis fritschii* (Cyanophyta/Cyanobacteria) from thermal springs in Slovakia and from a saline lake in Tunisia. *Algological Studies* 126: 47-64.

HOFFMANN, L., KOMÁREK, J. & KASTOVSKÝ, J. 2005. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) – state in 2004. *Algological Studies* 117: 95-115.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004a. IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade. Comunicação social. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004b. *Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente*, 2º Ed, Rio de Janeiro, 332 p.

JAISWAL, P., SINGH, P.K. & PRASANNA, R. 2008. Cyanobacterial bioactive molecules: an overview of their toxic properties. *Canadian Journal of Microbiology* 54(9): 701-717.

JOHANSEN, J.R. & CASAMATTA, D.A.. 2005. Recognizing cyanobacterial diversity through adoption of a new species paradigm. *Algological Studies* 116: 71-93.

KAŠTOVSKÝ, J., FUČÍKOVÁ, K., HAUER, T. & BOHUNICKÁ, M. 2011. Microvegetation on the top of Mt. Roraima, Venezuela. *Fottea* 11(1): 171-186.

KOMÁREK, J. 1993. Validation of the genera *Gloeocapsopsis* and *Asterocapsa* (Cyanoprokaryota) with regard to species from Japan, Mexico and Himalayas. *Bulletin of the National Science Museum, Ser. B*, 19(1): 19-37.

KOMÁREK, J. 1995. Studies on the Cyanophytes (Cyanoprokaryotes) of Cuba 10. New and little known chroococcalean species. *Folia Geobotanica Phytotaxonomica* 30: 81-90.

KOMÁREK, J., 2003a. Coccoid and Colonial Cyanobacteria. In: J.D.Wehr & R.G. Sheath (eds). *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Academic Press, San Diego, pp. 59-116.

KOMÁREK, J. 2003b. Two *Camptylonemopsis* species (Cyanoprokaryotes) from “Mata Atlantica” in coastal Brazil. *Preslia* 75: 223-232.é

KOMÁREK, J. 2005. The Modern Classification of Cyanoprokaryotes (Cyanobacteria). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 34: 5-17.

KOMÁREK, J. 2006. Cyanobacterial taxonomy: turrent problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. *Algae* 21(4): 349-375.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2- Chroococcales. *Algological Studies* 43: 157-226.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1995. Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. *Preslia* 67:15-23. KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1998. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig, D. Mollenhauer (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1, Fischer, Jena. 548 p.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In: B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner & M. Schagerl (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/2, Elsevier GmbH, München. 759 p.

KOMÁREK J. & HAUER T. 2011. CyanoDB.cz - On-line database of cyanobacterial genera. - Word-wide electronic publication, Univ. of South Bohemia & Inst. of Botany AS CR, <<http://www.cyanodb.cz>>, acessado em 26 de janeiro de 2012.

KOMÁREK, J., KASTOVSKY, J. & JEZBEROVÁ, J. 2011. Phylogenetic and taxonomic delimitation of the cyanobacterial genus *Aphanothece* and description of *Anathece* gen. nov.. *European Journal of Phycology* 46(3): 315-326.

KOMÁREK, J. & KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. 2007. Taxonomic evaluation of the cyanobacterial microflora from alkaline marshes of northern Belize. 1. *Nova Hedwigia* 84(1-2): 65-111.

KOMÁREK, J. & MONTEJANO, G. 1994. Taxonomic evaluation of several *Chlorogloea* species (Cyanoprocarvota) from inland biotopes. *Algological Studies* 74: 1-26.

KOMÁREK, J. & WATANABE, M. 1998. Contribution to the attached Cyanoprokaryotes from submerged biotopes in Sagarmatha National Park (Eastern Nepal). *Bulletim of the National Science Museum, Ser. B*, 24(4): 117- 135.

KOMÁRKOVÁ, J., JEZBEROVÁ, J., KOMÁREK, O. & ZAPOMĚLOVÁ, E. 2010. Variability of *Chroococcus* (Cyanobacteria) morphospecies with regard to phylogenetic relationships. *Hydrobiologia* 639: 69-83.

KOVÁČIK, L. 1988. Cell division in simple coccal cyanophytes. *Algological Studies* 50-53: 149-190.

KUNKEL, D.D. 1984. Cell division in baeocyte producing Cyanobacteria. *Protoplasma* 123: 104-115.

KÜTZING, F.T. 1843. *Phycologia generalis* oder Anatomie, Physiologie und Systemkunde der Tange. Mit 80 farbig gedruckten Tafeln, gezeichnet und gravirt vom Verfasser. pp. [part 1]: [i]-xxxii, [1]-142, [part 2:] 143-458, 1, err.], pls 1-80. F.A. Brockhaus, Leipzig.

KÜTZING, F.T. 1845. *Phycologia germanica* - Deutschlands Algen in bündigen Beschreibungen. Nebst einer Anleitung zum Untersuchen und Bestimmen dieser Gewächse für Anfänger. W. Köhne, Nordhausen, pp. 1-340.

KÜTZING, F.T. 1846. *Tabulae phycologicae*; oder, Abbildungen der Tange. v. 1 (1), Nordhausen.

LANE, D.J. 1991. 16S/23S rRNA sequencing. In: E. Stackebrandt & M. Goodfellow (eds). *Nucleic acid techniques in bacterial systematic*, Wiley, Chichester, p. 115-175.

LEDERER, F. 2000. *Asterocapsa aerophytica* (Cyanobacteria, Chroococcales), a new species from the Triglav National Park (Julian Alps, Slovenia). *Algological Studies* 99: 23–28.

LEMES-DA-SILVA, N.M., BRANCO, L.H.Z. & NECCHI-JUNIOR, O. 2010. New aerophytic morphospecies of Cyanobacteria from tropical forest fragments in northwestern São Paulo state, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 24(4): 916-923.

LI, Y.Y. 1984. New cyanophytes from Xizang (Tibet). *Acta Phytotaxonomica Sinica* 22(2): 167-174.

LÜ, L.H., ZHOU C.L. & XIAO, H.X. 2006. Two new species of Cyanophyta from Jilin Province, China. *Bulletin of Botanical Research* 26(4): 385-386.

MANTOVANI, W. 2003. A degradação dos biomas brasileiros. In: W.C. Ribeiro (ed). Patrimônio ambiental brasileiro. Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 367-439.

MARTINS, R., QUADROS, J. & MAZZOLLI, M. 2008. Hábito alimentar e interferência antrópica na atividade de marcação territorial do *Puma concolor* e *Leopardus pardalis* (Carnivora: Felidae) e outros carnívoros da Estação Ecológica de Juréia-Itatins, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 25(3): 427-435.

McNEILL, J., BARRIE, F.R., BURDET, H.M., DEMOULIN, V., HAWKSWORTH, D., MARHOLD, K., NICOLSON, D.H., PRADO, J., SILVA, P.C., SKOG, J.E., WIERSEMA, J.E.H. & TURLAND, N.J. 2006. International Code of Botanical Nomenclature (Vienna Code) adopted by the Seventeenth International Botanical Congress Vienna, Austria, July 2005. 1. ed., v. 1, Ruggell, Verlag, 568 p.

MILNE, I., LINDNER, D., BAYER, M., HUSMEIER, D., MCGUIRE, G., MARSHALL, D. F. & WRIGHT, F. 2009. TOPALi v2: a rich graphical interface for evolutionary analyses of multiple alignments on HPC clusters and multi-core desktops. Bioinformatics 25: 126–127.

MIYASHITA, H., IKEMOTO, H., KURANO, N., MIYACHI, S. & CHIHARA, M. 2003. *Acaryochloris marina* gen. et sp. nov. (Cyanobacteria), an Oxygenic Photosynthetic Prokaryote Containing Chl d as a major pigment. Journal of Phycology 39 (6): 1247–1253.

MMA & SFP - Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal & Secretaria de Formulação de Políticas e Normas Ambientais. 1998. Diretrizes para a Política de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Mata Atlântica. Brasília, 30 pp.

MOLLENHAUER, D. 1988. *Nostoc* species in the field. Algological Studies 50-53: 315-326.

MONTEJANO, G., LEÓN-TEJERA, H. & HINDÁK, F. 2008. New observations on the life cycle of *Asterocapsa divina* (Cyanoprokaryota, Chroococcaceae). Algological Studies 126: 65-71.

MYERS, N., MITTERMIER, R.A., MITTERMIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspot for conservation priorities. Nature 403:845-853.

NÄGELI, C. 1849. Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften 10(7): 1-139.

NEILAN, B.A., JACOBS, D., DOT, T.D., BLACKALL, L.L., HAWKINS, P.R., COX, P.T. & GOODMAN, A.E. 1997. rRNA sequences and evolutionary relationships among toxic and nontoxic cyanobacteria of the genus *Microcystis*. International Journal of Systematic Bacteriology 47(3): 693-697.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. & FONTES, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b): 793-810.

OREN, A. 2011. Naming Cyanophyta/Cyanobacteria – a bacteriologist's view. *Fottea* 11(1): 9-16.

OREN, A. & TINDALL, B.J. 2005. Nomenclature of the cyanophyta/cyanobacteria/cyanoprokaryotes under the International Code of Nomenclature of Prokaryotes. *Algological Studies* 117: 39-52.

OVERMANN, J, GARCIA-PICHEL, F. 2006. The phototrophic way of life. In: M. Dworkin & S. Falkow (eds). *The Prokaryotes: Ecophysiology and Biochemistry*. Springer, New York, pp. 32–85.

PADGURSCHI, M.C.G., PEREIRA, L.P., TAMASHIRO, J.Y. & JOLY, C.A. 2011. Floristic composition and similaritie between areas of Montane Atlantic Rainforest, São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica* 11(2): 139-152.

PINEVICH, A.V., AVERINA, S.G., GAVRILOVA, O.V. & MIGUNOVA, A.V. 2008. Baeocytes in the Cyanobacterium *Pleurocapsa* sp.: Characterization of the Differentiated Cells Produced by Multiple Fission. *Microbiology* 77(1): 62-68.

PRINTZ, H. 1921. Subaërial algae from South Africa. *Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter* 1920 (1): 1-41.

RABENHORST, L. 1865. *Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae*. Sectio II. Algas phycochromaceas complectens. Apud Eduardum Kummerum, Leipzig, p. 1-319.

RAVEN P. H.; EVERT R. F.; EICHHORN S. E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7° ed., Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, p. 254-276.

REVIERS, B. 2006. *Biologia e filogenia das algas*. Artmed, Porto Alegre, 280 p.

ŘEZANKA, T., VÍDEN, I., GO, J.V., DOR, I. & DEMBITSKY, V.M. 2003. Polar lipids and fatty acids of three wild cyanobacterial strains of the genus *Chroococidiopsis*. *Folia Microbiologica* 48(6): 781–786.

RIPPKA, R. 1979. Isolation and purification of Cyanobacteria. In: L. Pacher & A.N. Glazer (eds.). *Cyanobacteria Methods in Enzymology*. Blackwell 167: 3-27.

SAMBROOK, J.; FRITSCH, E.F. & MANIATIS, T. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*. 2° ed., Cold Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

SANT'ANNA, C.L. 1988. Scytonemataceae (Cyanophyceae) from the state of São Paulo, southern Brazil. *Nova Hedwigia* 46 (3-4): 519-539.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., BRANCO, L.H.Z. & KOMÁREK, J. 2007. New aerophytic morphospecies of *Nostoc* (Cyanobacteria) from São Paulo State, Brazil. *Hoehnea* 34: 95-101.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., KAŠTOVSKY, J. & KOMÁREK, J. 2010. Two form-genera of aerophytic heterocytous cyanobacteria from Brazilian rain forest "Mata Atlântica". *Fottea* 10(2): 217-228.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., FIORE, M.F., LORENZI, A.S., KAŠTOVSKÝ, J. & KOMÁREK, J. 2011a. Subgeneric diversity of *Brasilonema* (Cyanobacteria, Scytonemataceae). *Revista Brasileira de Botânica* 34(1): 51-62.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., SENNA, P.A.C., KOMÁREK, J. & KOMÁRKOVÁ, J. 2004. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira de Botânica* 27(2): 213-227.

SANT'ANNA, C.L., BRANCO, L.H.Z., GAMA-JR., W.A. & WERNER, V.R. 2011c. Checklist of Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* Disponível online em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/en/abstract?inventory+bn0171101a2011>

SANT'ANNA, C.L., BRANCO, L.H.Z., SILVA, S.M.F. 1991a. A new species of *Gloeothece* (Cyanophyceae, Microcystaceae) from São Paulo State, Brazil. *Algological Studies* 62: 1-5.

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., GAMA-JR., W.A., AZEVEDO, M.T.P. & KOMÁREK, J. 2011b. New morphospecies of *Chamaesiphon* (Cyanobacteria) from Atlantic rainforest, Brazil. *Fottea* 11(1): 1-6.

SANT'ANNA, C.L., SILVA, S.M.F. & BRANCO, L.H.Z. 1991b. Cyanophyceae da Gruta-que-chora, município de Ubatuba, Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 18(2): 75-97.

SANT'ANNA, C.L. & SIMONETTI, C. 1992. Cianofíceas marinhas bentônicas das praias de Peruíbe e dos Sonhos, município de Itanhaém, SP, II: espécies epilíticas e epizóicas. *Revista Brasileira de Biologia* 52(3): 515-523.

SCHMIDLE, W. 1901. Algen aus Brasilien. *Hedwigia* 40(1): 45-54.

SCHOPF, J.W. 2000. The Fossil Record: Tracing the Toots of the Cyanobacterial Lineage. In: B.A WHITTON & M. POTTS (Eds.) *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, p. 13-35.

SCHRADER, K.K. & DAYAN, F.E. 2009. Antioxidant Enzyme Activities in the Cyanobacteria *Planktothrix agardhii*, *Planktothrix perornata*, *Raphidiopsis brookii*, and the

Green Alga *Selenastrum capricornutum*. In: P.M. Gault & H.J. Marler (eds). Handbook on Cyanobacteria: biochemistry, biotechnology and applications, Nova Science Publishers, New York, p. 473-484.

SIEZEN, R.J. 2011. Microbial sunscreens. *Microbial Biotechnology* 4(1): 1-7.

SILVA, S.M.F. & SANT'ANNA, C.L. 1988. *Stigonema gracile* sp. nov., a new táxon of Stigonemataceae (Cyanophyceae) from Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 48(2): 391-395.

SINHA, R.P. & HÄDER, D.P. 2008. UV-protectants in cyanobacteria. *Plant Science* 174: 278-289.

SKUJA, H. 1949. Zur Süßwasseralgen-Flora Burmas. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, ser. 4, 14(5): 1-188.

SOS MATA ATLÂNTICA & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2011. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010. São Paulo. 122p.

STAL, L.J. 2000. Cyanobacterial Mats and Stromatolites. In: B.A WHITTON & M. POTTS (eds.) *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, p. 62-111.

STAL, L.J. 2007. Cyanobacteria: diversity and versatility - Clues to life in extreme Environments. In: J. SECKBACH (eds). *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments*, Springer, Dordrecht, p. 661-680.

STALEY, J.T. & HOLT, J.G. (Eds.) 1969. *Bergey's of Manual of Bacteriology*. Volume 3: Archaeobacteria, Cyanobacteria, and the remaining gram-negatives. Baltimore: Williams & Wikins, C.

STANIER, R.Y. & COHEN-BAZIRE, G. 1977. Phototrophic Prokaryotes: The Cyanobacteria. *Annual Review of Microbiology* 31: 225-74.

STANIER, R.Y., KUNISAWA, R., MANDEL, M. & COHEN-BAZIRE, G. 1971. Purification and properties of unicellular blue-green algae (order Chroococcales). *Bacteriological Reviews* 35, 171-205.

STANIER, R.Y., SISTROM, W.R., HANSEN, T.A., WHITTON, B.A., CASTENHOLZ, R.W., PFENNIG, N., GORLENKO, V.N., KONDRATIEVA, E.N., EIMHJELLEN, K.E., WHITTENBURY, R., GHERNA, R.L. & TRÜPER, H.G. 1978. Proposal to place the nomenclature of the cyanobacteria (blue-green algae) under the rules of the International Code of Nomenclature of Bacteria. *International Journal of Systematic and Bacteriology* 28: 335-336.

STEARNS, W.T. 1992. *Botanical Latin*. 4^o ed., David & Charles, Singapura, 546 p.

STEVENSON, C.S., CAPPER, E.A., ROSHAK, A.K., MARQUEZ, B., EICHMAN, C., JACKSON, J.R., MATTERN, M., GERWICK, W.H., JACOBS, R.S. & MARSHALL, L.A.

2002. The identification and characterization of the marine natural product scytonemin as a novel antiproliferative pharmacophore. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutic* 303: 858-866.

TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M. & BEDÊ, L.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade* 1(1): 132-138.

TAMURA, K., PETERSON, D., PETERSON, N., STECHER, G., NEI, M. & KUMAR, S. 2011. MEGA 5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution* 28: 2731-2739.

TAN, L.T. 2007. Bioactive natural products from marine cyanobacteria for drug discovery. *Phytochemistry* 68: 954-979.

TANDEAU DE MARSAC, N. 1977 Occurrence and nature of chromatic adaptation in cyanobacteria. *Journal of Bacteriology* 130: 82-91.

TARIFA, J.R. 2004. Unidades climáticas dos maciços Litorâneos da Juréia-Itatins, p.42-50. In O.A.V. Marques & W. Duleba (eds). *Estação Ecológica Juréia-Itatins, ambiente físico, flora e fauna*, Ribeirão Preto, Holos Editora, 386p.

TATON, A. & HOFFMANN, L. 2003. Marine Cyanophyceae of Papua New Guinea. VII. Endoliths. *Algological Studies* 109: 537-554.

TIAN, Y.P., CHEN, J.Q., ZHANG, J., LI, S.F. & BAO, H.S. 2001. New taxa of Chroococcaceae from Yunan, China. *Acta Phytotaxonomica Sinica* 39(3): 280-282.

TRÜPER, H.G. & SCHLEIFER, K.H. 2006. Prokaryote characterization and identification. In: M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K. H. Schleifer & E. Stackebrandt (eds). *The Prokaryotes: a Handbook on the Biology of Bacteria*, 3^o ed., vol. 1, Springer, Nova Iorque, pp. 58-79.

WANG, C.Z. 1989. *Cyanoarbor*, a new genus of the Enthophysalidaceae (Cyanophyta). *Acta Phytotaxonomica Sinica* 27(2): 129-131.

WATERBURY, J. & STANIER, R.Y. 1978. Patterns of growth and development in pleurocapsalean cyanobacteria. *Microbiological Review* 42: 2-44.

WELSH, H. 1965. A Contribution to our knowledge of the blue-green algae of South West Africa and Bechuanaland. *Nova Hedwigia* 9(1-4): 132-162.

WHITTON, B. A. & POTTS, M. [Eds.] 2000. *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 669 pp.

WILLE, N. 1900. Algologische Notizen. I-VI. *Nyt Mag. f. Naturv.* 38(1): 1-27.

WILLE, N. 1914. Süßwasseralgen von den Samoainseln, Hawaii, den Salomonsinseln und Ceylon, gesammelt von Dr. K. Reehinger. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften [Wein], Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 91: 141-162.

WITTROCK, V. & NORDSTEDT, C.F.O. 1893. Algae aquae dulcis exsiccatae praecipue scandinavicae quas adjectis chlorophyllaceis et phycochromaceis distribuerunt - Fasc. 22, 23, 24 & 25. Botaniska Notiser: 185-200.

WOESE, C.R., KANDLER, O. & WHEELIS, M.L. 1990. Evolution Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. National Academy of Science 87: 4576-4579.

XIAO, H.X., SHENG, Y.M. 2000. A new species of *Cyanostylon* from Jilin, China. Acta Phytotaxonomica Sinica 38(6): 573-574.

XIU, J., LIN, Y.M. & XIAO, H.X. 2004. Three New Species of Cyanophyta from Jilin Province, China. Journal of Wuhan Botanical Research 22(3): 205-208.

ZAGATTO, P.A. & ARAGÃO, M.A. 1992. Implantação de métodos para avaliação de algas tóxicas. São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatório Técnico. 23p.

Anexo 1

Fottea 11(1): 25–30, 2011

25

New morphospecies of *Chamaesiphon* (Cyanobacteria) from Atlantic rainforest, Brazil

Célia L. SANT'ANNA^{1*}, Watson A. GAMA-JR.¹, Maria Teresa P. AZEVEDO¹ & Jiří KOMÁREK²

¹Institute of Botany, Laboratory of Phycology, São Paulo, SP, Brazil; *corresponding author e-mail: celialsant@yahoo.com.br

²Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic

Abstract: The Atlantic rainforest is considered one of the most important hotspots of biodiversity on Earth. This great diversity results from the variation of climatic conditions (rainy, warm and cold in high mountains), what generates a unique series of rain forest ecosystems quite distinct from each other. Unfortunately, due to the human impact over the centuries, today there are just fragments of preserved native rainforest. During the investigation about the cyanobacterial flora from the Atlantic rainforest, a special *Chamaesiphon* morphotype was found on a rock in streaming water. *Chamaesiphon stratosus* sp. nova is close to *C. britannicus* (FRITSCH) KOMÁREK et ANAGN., *C. geitleri* LUTHER and *C. fuscus* (ROSTAF.) HANSG., and differs from them mainly because of the cells disposition in one layer and exocytosis liberation in a sheath at the upper part of cells. These two features belong to different subgenera of *Chamaesiphon* (*Godlewskia* and *Chamaesiphonopsis*). Thus, the Brazilian material displays features of both subgenera and puts in evidence the fragility of these characteristics at subgenus level. Therefore, a discussion about the taxonomy of these subgenera and a proposal for including *Chamaesiphonopsis* as a synonym of the *Godlewskia* were done.

Key words: Brazil, Atlantic rainforest, *Chamaesiphon*, new morphospecies, epilithic habitat

Introduction

The Atlantic rainforest is one of the most important hotspots of biodiversity on Earth (MYERS et al. 2000). This ecosystem is disposed along the Brazilian Atlantic coast from the south to the northeast of the country (RIZZINI 1997), with a great diversity of habitats. Due to the variability of climatic conditions (rainy, warm and cold in high mountains), a series of rain forest ecosystems quite distinct from each other are formed (MITTERMEIER et al. 1999).

The Atlantic rainforest encompasses areas in Brazilian tropical and subtropical regions and in spite of its high diversity of habitats and richness of species, most of its biodiversity related to microorganisms, including that of Cyanobacteria (KOMÁREK 2007; FIORE et al. 2007), is totally unknown. Besides that, the intense deforestation of the Atlantic rainforest has reduced the ecosystem to only 7% of its original coverage (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE 2007).

During the investigation about the

cyanobacterial flora in the Atlantic rainforest, a special *Chamaesiphon* morphotype growing on a rock in streaming water was found. The genus *Chamaesiphon* presents heteropolar cells and a special kind of reproduction characterized by asymmetrical binary fission and exocytosis liberation. Most *Chamaesiphon* species has been registered to freshwater with epiphytic habit. KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1998) listed 13 species exclusively epiphytic and submersed, 9 epilithic, and one with subaerophytic habitat. GOLD-MORGAN et al. (1996) found in Central Mexico six taxa (five species and one variety) of *Chamaesiphon* and among them, five are epiphytic and one was growing on artificial substrate in a fountain. Recently, *Chamaesiphon komárekii* Rott, a new epilithic species from a Canadian forest stream (ROTT 2008) was described.

The genus *Chamaesiphon* is very little known in Brazil where there are only few references to its occurrence. UHERKOVICH & FRANKEN (1980) cited *Chamaesiphon* sp. for the Amazonian region, FRANCESCHINI (1983)

mentioned the epiphytic *C. confervicola* A. BRAUN in RABENH. for the State of Rio Grande do Sul, and BICUDO (1988) and AZEVEDO et al. (1996) referred *C. investiens* SKUJA in periphyton of a lake in São Paulo State. Necchi-Júnior & SANT'ANNA (1986) is the most complete work developed in Brazil about *Chamaesiphon* species, presenting description and illustrations of three species (*C. confervicola*, *C. curvatus* Nordst. and *C. incrustans* Grunow in Rabenh.) which are all epiphytes: the first and second on *Batrachospermum* (Rhodophyceae) and the third on *Scytonema* (Cyanobacteria), occurring in streams from São Paulo State. Recently, *Chamaesiphon* species in Brazil are mentioned only in lists of species occurring as epiphytes in streams and rivers (FONSECA & RODRIGUES 2007; NECCHI-JÚNIOR et al. 2008).

The aim of this work is to characterize a new morphospecies of *Chamaesiphon* from a rock substrate in the Atlantic rainforest.

Material and Methods

The State Park of Campos do Jordão (22°41'25"S; 45°28'5"W) is located in São Paulo State, southeastern Brazil. The region is characterized by the presence of *Araucaria* forest located around 2000 m high with temperature average 14 °C (minimal down of 0 °C and maximal 30 °C) (MODONEST 1984).

The material was found on rock coverage by a running water film from a stream in the forest. The samples were gathered with a spatula and fixed in 4% formaldehyde solution. The material was studied under the light microscope to detail the morphological and metrical features of the population (n=30).

Results

Chamaesiphon stratosus sp. nov. (Figs 1–2)

Diagnosis: *Thallus* epilitticus, *stratosus*, *insidens* in saxis in rivulis fluentibus, *macula fusca*, *olivaceae* vel *ochracea* formans ad *expansus*. *Coloniae condensatae*, *fruticulosae*, *flabelliformes*. *Cellulae paralleliter*

perpendiculariterque, *dense dispositae*, *basim ad substratum affixae*, *plus minusve irregulariter claviformes*, *basim et ad apices rotundatae*, *praecipue in strato uno dispositae*, *9.3–26.8 µm longae*, *2.3–6.5 µm latae*. *Cellulae contentu fusco vel olivaceo*, *paucim granulatae*. *Pseudovagina U-formata*, *distincta*, *firma*, *sine colore vel ad intense luteo-viridis vel brunescens*, *paucim lamellata*, *vetusta*, *infundibuliformis*, *apice late aperta*, *basim clausa*. *Exocytta 1.5–2.6 µm diametro*, *plerumque in parte superior pseudovaginae in massis agglomerata*, *rare stratum secundum superior formans*, *vel singulares liberantur*.

Habitatio: In saxis in rivulis cum aqua rapide fluentibus; *locus classicus:* Brasilia, provincia Sao Paulo, in comitatu Campos do Jordão (22°41'26.3"S; 45°28'51.4"W).

Typus (holotypus): Exsiccatum SP400963; dep. in herbarium (SP) Institute of Botany, SP, Brazil; icona typica figurae nostrae 1.

Thallus forming brown to olive-green spots on rock and stones. Colonies compact, shrub-like, fan-shaped, composed of parallel arranged cells oriented perpendicularly to the substrate. Cell more or less irregular club-shaped, rounded at both ends, organized in one layer or at most two, 9.3–20.6(26.8) × 2.3–4(6.5) µm. Cells content brownish or olive-green, slightly granular. Sheath U-shaped, distinct, firm, colorless to intensely yellowish-green or brownish, slightly lamellate and frayed when old, widely opening at apical end and closed at the basis. Exocyttes 1.5–2.6 µm diameter, generally forming mass with variable number of rows and layers on the upper part of the mother cells where they rarely germinate. They can be also singly liberated from the mother cells.

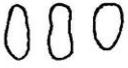
Habitat: On rock coverage by rapid running water from a stream in the forest.

Type locality: Brazil, in State Park, municipality of Campos do Jordão, São Paulo State, Brazil (22°41'26.3"S; 45°28'51.4"W).

Table 1. Comparison between the three sub-genera of *Chamaesiphon* (KOMÁREK & ANAGNOSTIDS 1998).

<i>Chamaesiphon</i> sub-genera	<i>Chamaesiphon</i>	<i>Chamaesiphonopsis</i>	<i>Godlewskia</i>
Cells arrangement	solitary, not forming layered colonies	± densely and parallelly oriented in one layer colonies	forming shrub-like groupings or large layered colonies
Exocyttes disposition and liberation	liberated after formation, not remaining in the colonial mucilage	soon separated or remain for a short time at the margin of sheaths	attached to the margin of sheaths or remain in colonial mucilage

Table 2. Comparison between Brazilian material and its closest *Chamaesiphon* species.

	Subg. <i>Chamaesiphonopsis</i>		Subg. <i>Godlewskia</i>	
	<i>C. britannicus</i>	<i>C. fuscus</i>	<i>C. geitleri</i>	<i>C. stratosus</i>
Colour of mass	brown spots	dark rusty brown to blackish (several cm ²)	dark brown to blackish, irregular spots	olive-green (up to several cm ²)
Cells disposition	densely and paralelly packed in 1-3(4) layers	densely and paralelly arranged in 1-2(3) layers - <i>Dinobryon</i> -like	densely and paralelly arranged in 2(5) layers - shrub-like	compact and paralelly arragend in 1(2) layer - fan-shaped
Cell lenght (µm)	10.5-14	5-13(22)	(4)5-20(30)	9.3-20.6(26.8)
Cell diameter (µm)	3.5-4.5(5)	(2.5)3-7	2.5-6.5(9.6)	2.3-4(6.5)
Sheaths	fine, diffluent	thin to slightly thickened, ± V-shaped	thick, lamellate, V-or-funnel-shaped	firm, thick, lamellate, U-shaped
Cell shape				
Exocytes liberation	1-2	1-2	1-2 or in a short simple row	Forming mass in the upper part of colony or singly
Habitat	Epiphytic in clear stagnant waters (splash zone)	Epilithic (non-calcareous stony) in running waters	Epilithic in streams and waterfalls (always submersed)	Epilithic on rock under a water film
Ocurrence	Temperate zone	Temperate zone	Temperate zone	Tropical zone

The main diacritical features to distinguish *Chamaesiphon stratosus* from its closest species (Table 2) is the parallel cells disposition mainly in one layer, exocytes formation generally in mass and by its occurrence in tropical zone. The frequent formation of a mass of exocytes instead of their liberation one by one might represent a protection mechanism against water flow impact. This characteristic is not normally found in the other *Chamaesiphon* species. Another population of *Chamaesiphon stratosus* growing also on rock in stream was found in different area of Atlantic rainforest located in a State Park, Municipality of Itupeva, São Paulo State (23° 08' 54" S and 47° 03' 38" W).

Discussion

JANCZEWSKI (1883) described the genus *Godlewskia* as epiphyte on *Batrachospermum*, with bottle shaped cells and rounded exocytes disposed in series on the upper part of the vegetative cells. These exocytes develop attached to the mother cell giving a disorganized aspect to the old colonies. FRITSCH (1929) proposed the genus *Chamaesiphonopsis* based on material described as "parenchymatous basal layer composed of closely fitting polygonal cells with firm but thin membranes, which form a prominent

network". According to this author, the difference between *Chamaesiphon* and *Chamaesiphonopsis* is the germination of exocytes *in situ* and a large number of exocyte producing cells united to form a compact basal stratum in *Chamaesiphonopsis*. Other characteristic described to this genus is the tendency to develop upright rows. GEITLER (1932) included *Chamaesiphonopsis*, *Godlewskia* and some other genera (*Sphaerogonium* ROSTAF., *Brachythrix* A. BRAUN in RABENH. and *Hyellococeus* SCHMIDLE) as synonymous of *Chamaesiphon*, and divided this genus into three sections: *Brachythrix*, *Euchamaesiphon* and *Godlewskia*. The sections were separated considering the organization of tallus and features of exocyte (amount and liberation process).

Based on the proposal of GEITLER (1932), KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1995) changed the section *Godlewskia* to a subgenus status and created the subgenus *Chamaesiphonopsis* based on the genus described by FRITSCH (1929). Later, KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1998) divided the genus *Chamaesiphon* into three sub-genera differentiated by disposition and arrangement of the cells and by formation and liberation of exocytes: *Chamaesiphon* (based on Geitler's concept of *Euchamaesiphon* and *Brachythrix*), *Chamaesiphonopsis* and *Godlewskia* (Table 1). However, the distinction between the two last subgenera is not clear once there are species with

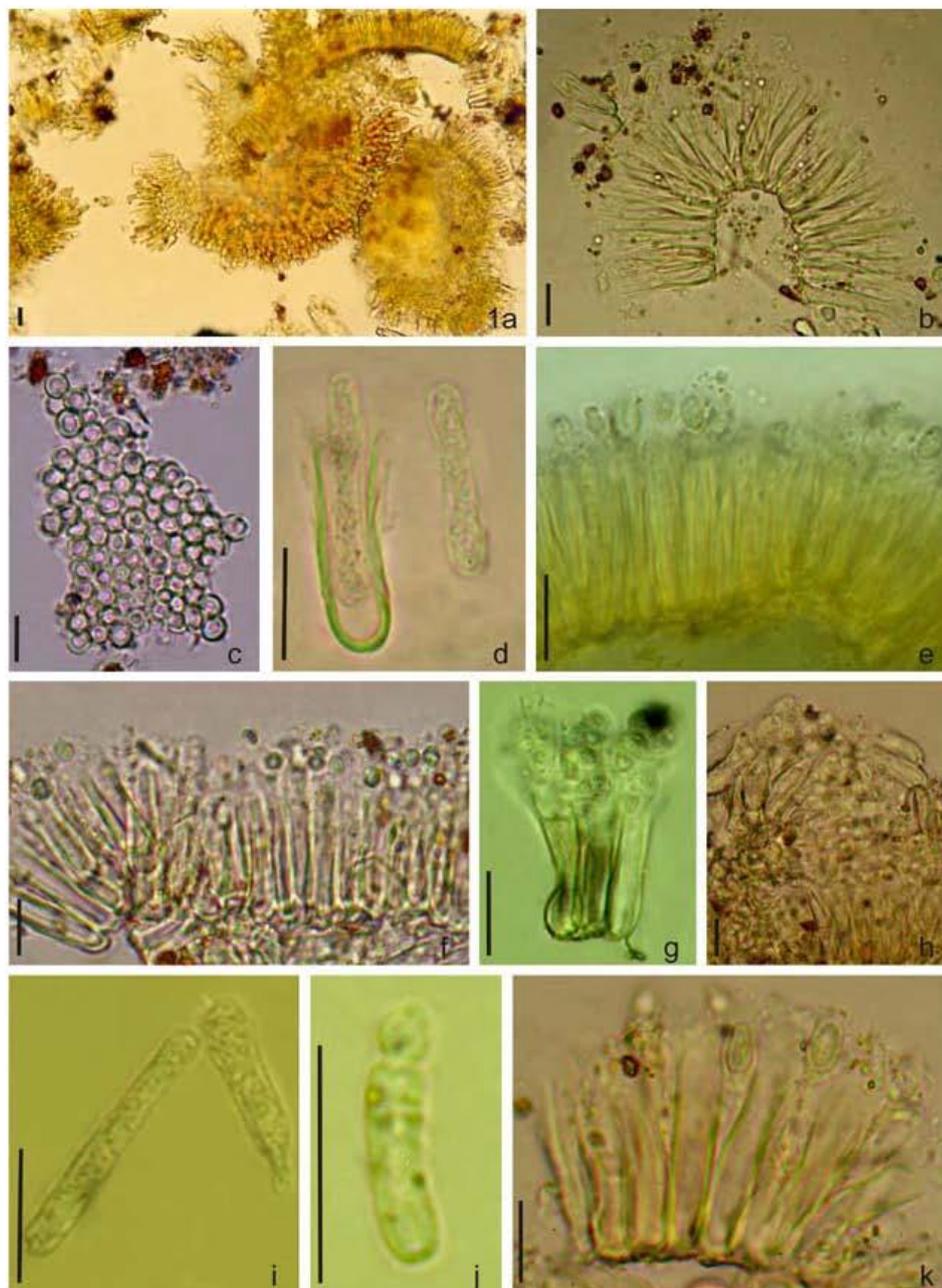


Fig. 1. *Chamaesiphon stratosus*: (a) general aspect of colonies; (b) fan-like colony; (c) apical view of colony; (d) cell showing lamellate sheath; (e) colony with parallel cells disposition; (f) exocytes liberation; (g-h) exocytes forming rows and layers after the liberation from the mother cells; (i) old cells showing club-shaped form; (j) exocyte formation; (k) initial stage of cell development forming the second layer. Scale bar 10 μ m.

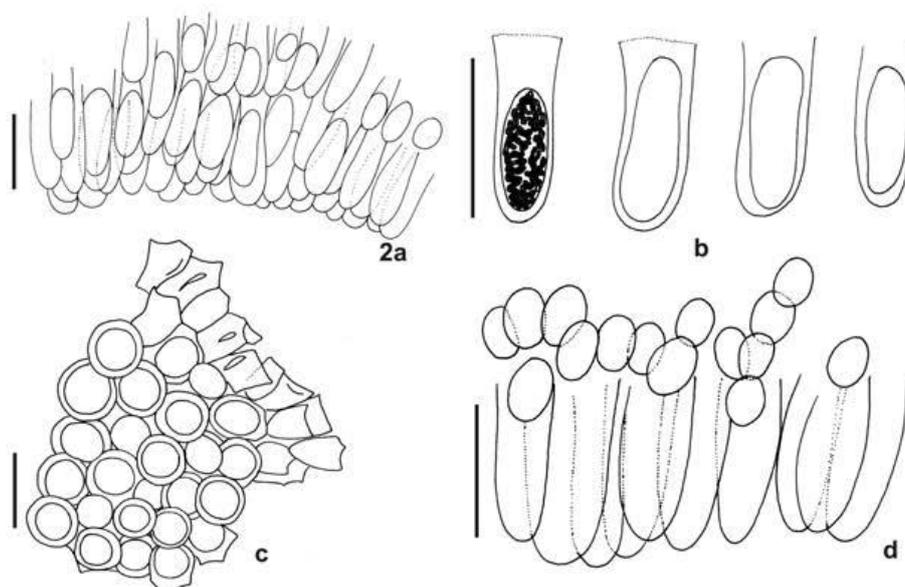


Fig. 2. *Chamaesiphon stratosus*: (a) general aspect of colonies, (b) different kind of cells shape and cell content with granules, (c) apical view of colony, (d) formation and liberation of exocytes. Scale bar 10 μ m.

characteristics of both. *Chamaesiphon britannicus* (FRITSCH) KOMÁREK et ANAGN. is the only species of the subgenus *Chamaesiphonopsis* and has the cells organized in one or three layers, rarely four, and so, it is in disagreement with the description of subgenus *Chamaesiphonopsis* (cells disposed in one layer, as described by KOMÁREK & ANAGNOSTIDE 1998). Thereby, the cells disposition is not a consistent feature in the differentiation of subgenera *Chamaesiphonopsis* and *Godlewskia* (layered colonies). Besides, both subgenera can display exocytes attached to the mother cells after liberation.

Considering that the distinction between *Chamaesiphonopsis* and *Godlewskia* is not reliable, we propose to consider the first as synonym of the second (concept of priority according to the Code of Botanic Nomenclature). Thus, the genus *Chamaesiphon* should be composed of two subgenera: *Chamaesiphon* (unicellular talus) and *Godlewskia* (colonial talus formed by cells disposed in one or more layers). The species *Chamaesiphon britannicus* should be transferred to the subgenus *Godlewskia*. *Chamaesiphon komárekii* has to be also included in *Godlewskia* because the material forms colonies, and not in the subgenus *Chamaesiphon*

as proposed originally (ROTT 2008). The Brazilian morphotype has one-layer colonies as it is typical of *Chamaesiphonopsis* and exocytes attached in the mucilage on the upper part of the cells as in the subgenus *Godlewskia*. Thus, the Brazilian new morphotype displays characteristics of both subgenera, further strengthening the fragility of the features used for distinguishing these subgenera and should be placed also in the subgenus *Godlewskia*.

Acknowledgements

We thank the financial support of CNPq (Process number 308086/2004-0) and CAPES for the fellowship to the second author.

References

- AZEVEDO, M.T.P., NOGUEIRA, N.C. & SANT'ANNA, C.L. (1996): Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 8: Cyanophyceae. – Hoehnea 23: 1–38.
- BICUDO, D.C. (1988): Algas epífitas do Lago das Ninfêas, São Paulo, Brasil, 1: Cyanophyceae. – Rev. Bras. Biol. 48: 407–419.
- FIGLI, M.F., SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P.,

- KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., SULEK, J. & LORENZI, A. (2007): The cyanobacterial genus *Brasilonema* – molecular and phenotypic evaluation. – *J. Phycol.* 43: 789–798.
- FONSECA, I.A. & RODRIGUES, L. (2007): Periphytic Cyanobacteria in different environments from the upper Paraná river floodplain, Brazil. – *Acta Limnol. Bras.* 19: 53–65.
- FRANCESCHINI, I.M. (1983): Levantamento das Nostocophyceae do Rio Seco, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. – 157 pp., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FRICTSCH, F.E. (1929): The encrusting algal communities of certain fast-flowing streams. – *The New Phytologist* 28: 165–197.
- GETTLER, L. (1932): Cyanophyceae. – In: Rabenhorst's Kryptogamenflora, 14. – 1196 pp., Akad. Verlagsges., Leipzig.
- GOLD-MORGAN, M., MONTEJANO, G. & KOMÁREK, J. (1996): Freshwater epiphytic Chamaesiphonaceae from Central Mexico. – *Algological Studies* 83: 257–271.
- JANCZEWSKI, M.E. (1883): *Godlewskia* – Nouveau genre d'algues de l'ordre des Cryptophycées (1). – *Ann. Sci. Nat., Bot.* 16: 227–230.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1998): Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1. – 548 pp., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart – Jena.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1995): Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. – *Preslia* 67: 15–23.
- KOMÁREK, J. (2007): Taxonomic evaluation of the cyanobacterial microflora from alkaline marshes of northern Belize. 1. Phenotypic diversity of coccoid morphotypes. – *Nova Hedwigia* 84: 65–111.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2007): Áreas Prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira. – 300 pp., Centro de Informação, Documentação Ambiental e Editoração Luís Eduardo Magalhães, Brasília.
- MITTERMEIER, R.A., MYERS, N., ROBLES-GIL, P. & MITTERMEIER, C.G. (1999): Hotspots. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. – 432 pp. CEMEX/Agrupación Sierra Madre, Ciudad de México.
- MODENESI, M.C. (1984): Evolução quaternária de uma montanha tropical: o planalto de Campos do Jordão São Paulo. – *Ver. IG* 5: 7–13.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. (2000): Biodiversity hotspot for conservation priorities. – *Nature* 403: 845–853.
- NECCHI-JÚNIOR, O., BRANCO, L.H.Z. & SPEZAMIGLIO, D.N. (2008): Distribuição ecológica de comunidades de macroalgas de ambientes lóticos do Parque Nacional de Itatiaia (RJ, MG), Brasil. – *Rev. Bras. Bot.*, 31: 135–145.
- NECCHI-JÚNIOR, O. & SANT'ANNA, C.L. (1986): Taxonomic studies of some Chamaesiphonales (Cyanophyta/ Cyanobacteria) from the State of São Paulo, southeastern Brazil. – *Rev. Bras. Bot.*, 9: 201–206.
- RIZZINI, C.T. (1997): Tratado de fitogeografia do Brasil. – 747 pp., 2ª Ed., Âmbito Cultural Edições Ltda, Rio de Janeiro.
- ROTT, E. (2008): *Chamaesiphon komárekii* species nova, a new benthic freshwater chroococcalean species (Cyanophyta/ Cyanobacteria) from western coniferous forest streams in British Columbia, Canada. – *Algological Studies* 126: 37–46.
- UHERKOVICH, G. & FRANKEN, M. (1980): Aufwuchsalgen aus Zentralamazonischen Regenwaldbächen. – *Amazoniana* 7: 49–79.

© Czech Phycological Society (2011)

Received Sept 2010

Accepted Dec 2010

Índice remissivo dos táxons

A

- Aphanocapsa intertexta* Gardner, 42
Aphanocapsa cf. intertexta Gardner, 42
Aphanocapsa sp., 43
Aphanothece cf. castagnei (Brébisson)
 Rabenhorst, 46
Aphanothece cf. densa Lemes-da-Silva,
 L.H.Z. Branco & Necchi-Júnior, 47
Aphanothece microscopica Nägeli, 44
Aphanothece saxicola Nägeli, 45
Aphanothece sp., 47
Asterocapsa aerophytica Lederer, 53
Asterocapsa sp.1, 54
Asterocapsa sp.2, 55

Ch

- Chamaesiphon stratosus* Sant'Anna,
 Gama-Jr., Azevedo & Komárek, 41
Chlorogloea cf. novacekii Komárek &
 Montejano, 85
Chlorogloea sp.1, 85
Chlorogloea sp.2, 86
Chlorogloea sp.3, 87
Chondrocystis dermochroa (Nägeli)
 Komárek & Anagnostidis, 77
Chroococidiopsis sp., 96
Chroococcus cf. minor (Kützing) Nägeli,
 60
Chroococcus cf. turgidus (Kützing) Nägeli,
 61
Chroococcus cf. varius A. Braun in
 Rabenhorst, 63
Chroococcus tenax (Kirchner)
 Hieronymus, 58
Chroococcus turgidus var. subviolaceus
 Wille, 58
Chroococcus varius A. Braun in
 Rabenhorst, 59

C

- Coelosphaeriopsis sp.*, 44
Cyanoarbor aff. himalayensis M. Watanabe
 & Komárek in Branco et al., 87
Cyanosarcina sp., 64
Cyanostylon cf. gelatinosus Azevedo &
 Sant'Anna, 65

- Cyanostylon gelatinosus* Azevedo &
 Sant'Anna, 65
Cyanostylon sp., 66

E

- Endospora rubra* Gardner, 75
Entophysalidaceae não identificada, 91
Entophysalis arboriformis Kaštovský,
 Fučíková, Hauer & Bohunická, 88
Entophysalis cf. samoensis Wille, 90
Entophysalis granulosa Kützing, 89
Entophysalis sp.1, 90
Entophysalis sp.2, 91

G

- Gloeocapsa compacta* Kützing, 77
Gloeocapsa nigrescens Nägeli in
 Rabenhorst, 79
Gloeocapsa novacekii Komárek &
 Anagnostidis, 81
Gloeocapsa punctata Nägeli, 79
Gloeocapsa sp.1, 81
Gloeocapsa sp.2, 82
Gloeocapsa stegophila (Itzigsohn)
 Rabenhorst, 78
Gloeocapsopsis chroococcoides (Nováček)
 Komárek & Anagnostidis, 67
Gloeocapsopsis dvorakii (Nováček)
 Komárek & Anagnostidis, 68
Gloeocapsopsis sp.1, 69
Gloeocapsopsis sp.2, 71
Gloeotheca fuscolutea (Nägeli) Nägeli, 49
Gloeotheca interspersa Gardner, 50
Gloeotheca rhodochlamys Skuja, 50
Gloeotheca samoensis Wille, 51
Gloeotheca tepidariorum (A. Braun)
 Lagerheim, 51

H

- Hyella cf. caespitosa var. arbuscula* Al-
 Thukair & Golubić, 93

L

- Lemmermanniella sp.*, 52

M

Myxosarcina sp., 98

N

Nephrococcus shilinensis Tian in Tian et al., 72

P

Pleurocapsa cf. *aurantiaca* Geitler, 94

Pleurocapsa sp., 94

Pseudocapsa dubia Ercegović, 74

Pseudocapsa sp., 75