



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE BIOLOGIA

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

# CIANOACTÉRIAS AEROFÍTIICAS EM MONUMENTOS HISTÓRICOS DA CIDADE DE SALVADOR, BAHIA, BRASIL

por

LUCAS DANTAS GUSMÃO SILVA

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Marcos de Castro Nunes

Salvador, BA  
2021

Data da Defesa:

## **Banca Examinadora**

---

**Dr<sup>a</sup>. Maristela Casé Costa Cunha**  
**Universidade do Estado da Bahia**

---

**Dr. Watson Arantes Gama Júnior**  
**Universidade Federal Rural de Pernambuco**

---

**José Marcos de Castro Nunes**  
**Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia**

## RESUMO

As cianobactérias são um grupo de microrganismos procariotos fotossintetizantes encontrados em quase todos os habitats terrestres e aquáticos. As cianobactérias aerofíticas são capazes de sobreviver em ambientes terrestres expostos ao ar, como superfícies artificiais. Nestes últimos, têm a capacidade de deteriorar estruturas, danificando patrimônios históricos e artísticos. Desta forma, dados sobre estes microrganismos são de extrema importância, entretanto, a disponibilidade de informações já é escassa em ambientes naturais e, levando-se em consideração ambientes urbanos e patrimônios históricos, este conhecimento é praticamente inexistente. Assim, compilações de informações que ampliem o conhecimento, a caracterização e a classificação taxonômica destes seres são extremamente importantes. O objetivo deste estudo foi a identificação e caracterização de cianobactérias aerofíticas encontradas em três edifícios históricos da cidade de Salvador, Bahia, Brasil. Foram coletados fragmentos de revestimentos externos (reboco), que apresentavam alterações visuais, para cultivo no Banco de Cultivo de Microalgas do Herbário Alexandre Leal Costa (ALCB) do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Após crescimento de biomassa, foram selecionadas quatro cepas às análises através de microscopia óptica, eletrônica de varredura (M.E.V.) e transmissão (M.E.T.). Foram descritos quatro táxons filamentosos e um cocoide, distribuídos em duas ordens (*Synechococcales* e *Chroococcales*), três famílias (*Leptolyngbyaceae*, *Pseudanabaenaceae* e *Chroococcaceae*), três gêneros (*Pseudanabaena*, *Leptolyngbya* e *Chroococcus*). O gênero *Pseudanabaena* é uma nova ocorrência ao ambiente aerofítico brasileiro e o gênero *Chroococcus* é uma nova ocorrência ao ambiente aerofítico baiano. As novas ocorrências para os táxons identificados neste trabalho enfatizam a importância da realização de estudos adicionais, principalmente técnicas de microscopia (óptica e eletrônicas), para revelar a real biodiversidade cianobacteriana nessas áreas, propondo assim, ações que protejam o patrimônio histórico e artístico. Estudos moleculares são recomendados para ampliar a acurácia na identificação dos táxons.

**Palavras-chave:** Cianobactérias subaéreas, superfícies artificiais; ultraestrutura; microrganismo.

## ABSTRACT

Cyanobacteria is a group of photosynthetic prokaryotic microorganisms found in almost all terrestrial and aquatic habitats. Aerophytic cyanobacteria are able to survive in terrestrial environments exposed to air, such as artificial surfaces. In the latter, they have the ability to deteriorate structures, damaging historical and artistic heritage. Thus, data about these microorganisms are extremely important, however, the availability of information is already scarce in natural environments and, taking into account urban environments and historical heritage, this knowledge is practically non-existent. Thus, compilations of information that expand the knowledge, characterization and the taxonomic classification of these organisms are extremely important. The aim of this study was to identify and characterize aerophytic cyanobacteria found in three historic buildings in the city of Salvador, Bahia, Brazil. Fragments of external coatings (plaster), which showed visual alterations, were sampled for cultivation in the Microalgae Cultivation Bank of the Alexandre Leal Costa Herbarium (ALCB) of the Biology Institute of the Federal University of Bahia (UFBA). After biomass growth, four strains were selected for analysis by optical, scanning electron (M.E.V.) and transmission (M.E.T.) microscopy. Four filamentous taxa and one coccoid were described, distributed in two orders (Synechococcales and Chroococcales), three families (Leptolyngbyaceae, Pseudanabaenaceae and Chroococcaceae), three genera (*Pseudanabaena*, *Leptolyngbya* and *Chroococcus*). The genus *Pseudanabaena* is a new occurrence in the Brazilian aerophytic environment and the genus *Chroococcus* is a new occurrence in the aerophytic environment of Bahia. The new occurrences for the taxa identified in this work emphasize the importance of carrying out additional studies, mainly microscopy techniques (optical and electronic), to reveal the real cyanobacterial biodiversity in these areas, thus proposing actions to protect the historical and artistic heritage. Molecular studies are recommended to increase the accuracy of the identification of taxa.

**Keywords:** Subaerial cyanobacteria; artificial surfaces; ultrastructures; microorganism.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. José Marcos de Castro Nunes, pelo acolhimento, direcionamento, oportunidades fora e dentro do âmbito acadêmico que mudaram muitas vezes a minha maneira de ver o mundo, além dos grandes ensinamentos concedidos em forma de conselhos e momentos.

A todos do Laboratório de Algas Marinhas – LAMAR/IBIO - UFBA, à Caio, Lorena, Maynara, Sabrina, Esdras, Fernanda, Edilene, Cibele, Vivian, pelo auxílio, apoio e pelas boas risadas e amizades.

À minha mãe, Rebeca, por dedicar-se tanto a sua vida ao seu maior sonho que se tornou realidade que é seu filho, não tenho palavras para descrever essa mulher incrivelmente forte.

Grato a todos por tudo sempre.

## ÍNDICE

RESUMO

ABSTRACT

AGRADECIMENTOS/DEDICATÓRIA

ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE IMAGENS,,.....	VII
ÍNDICE DAS TABELAS.....	VIII
1. INTRODUÇÃO.....	9
3. OBJETIVOS.....	12
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	13
4.2. COLETA E CULTIVO.....	14
4.3. AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA E ULTRAESTRUTURAL.....	16
5. RESULTADOS.....	17
6. DISCUSSÃO.....	26
7. CONCLUSÃO.....	28
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

## ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 1: Locais de coleta e amostras coletadas.....	14
FIGURA 2: Amostras do revestimento externo (reboco) coletadas.....	15
FIGURA 3: Cultivo e manutenção das cepas.....	15
FIGURA 4: Caracterização de <i>Leptolyngbya</i> sp.....	22
FIGURA 5: Caracterização de <i>Pseudanabaena</i> sp.1.....	23
FIGURA 6: Caracterização de <i>Pseudanabaena</i> sp.2.....	24
FIGURA 7: Caracterização de <i>Chroococcus</i> sp.....	25

## ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA 1: Caracteres morfológicos das cepas estudadas.....	17
--	----

## 1. INTRODUÇÃO

As cianobactérias são um grupo de organismos procariotos fotossintetizantes que podem ser encontrados em quase todos os ambientes terrestres e aquáticos, como oceanos, águas continentais, solo úmido, rochas, geleiras, fontes termais, desde as regiões polares aos trópicos (De Los Rios *et al.*, 2007; Sant'Anna *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013). Este grupo apresenta grande variedade morfológica, podendo apresentar organização unicelular, colonial ou filamentosa. Este último pode apresentar células de diferentes morfologias, com ramificações verdadeiras ou falsas, ou sem ramificações, e heterocitos e/ou acinetos (Caires, 2013).

As cianobactérias aerofíticas destacam-se pela sua capacidade de sobreviver e se desenvolver em meios não aquáticos. São colonizadores primários de substratos recentemente expostos ao ar, onde promovem o desgaste de minerais e criam condições ligeiramente ácidas, devido à produção de ácido carbônico gerado através da fotossíntese (Metting, 1981). As cianobactérias aerofíticas necessitam de poucos insumos à sua sobrevivência, dentre eles luz, água (umidade) e poucos componentes inorgânicos. Por serem colonizadores primários revelam-se de extrema importância, sendo consideradas como organismos estabilizadores e melhoradores das propriedades físicas e químicas dos solos pela agregação de partículas (Starks *et al.*, 1981). A capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico em formas biologicamente assimiláveis torna as cianobactérias aerofíticas um elemento de extrema importância nos mais diferentes sistemas ecológicos (Belnap, 2002; Zackrisson *et al.*, 2004).

Detentoras de caracteres específicos para evitar a dessecação, como por exemplo, uma bainha gelatinosa espessa que absorve e retém a água por mais tempo (Caneva *et al.*, 1991), as cianobactérias aerofíticas garantem a sua sobrevivência sobre as mais diversas e extremas condições ambientais. Apresentam ainda, não só adaptações morfológicas, mas também, fisiológicas como resposta a mudanças ambientais, possuindo uma capacidade de regulação de seu metabolismo, podendo ativá-lo ou desativá-lo de acordo com as condições de seu entorno (Lefevre, 1974; Pietrini *et al.*, 1986; Albertano & Grilli, 1988). Tais características garantem a manutenção adequada destes seres à colonização de diversos ambientes não submersos.

O crescimento de microrganismos em patrimônios históricos e artísticos e noutras superfícies artificiais têm recebido grande atenção nas últimas décadas em todo o mundo devido aos seus efeitos de biodeterioração (López-Bautista *et al.*, 2007). As espécies de cianobactérias mais comumente encontradas em pinturas, murais e em pedra de interesse histórico ou artístico pertencem aos seguintes gêneros: *Chroococcus*, *Gloeocapsa*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Scytonema*, *Myxosarcina*, *Pleurocapsa*, *Synechocystis*, *Microcoleus*, *Mastigocladus*, *Synechococcus* e *Chroococcidiopsis* (Caneva *et al.*, 1991; Crispim, 2003; Saiz-Jimenez *et al.*, 1990; Gaylarde & Gaylarde, 1999; Gaylarde *et al.*, 2007).

Através da sua ação retentora de água, as bainhas gelatinosas destes microrganismos retardam a secagem e, subseqüentemente, aumentam indiretamente a deterioração da superfície, já que poeira, solo, resíduos orgânicos, esporos e muitas outras substâncias se aderem à região úmida, agindo como substrato rico em substâncias orgânicas, favorecendo o crescimento da microflora autotrófica (ex: líquens, musgos, bactérias e samambaias) que vão se desenvolver e degradar a área principalmente pelos seus próprios processos metabólicos e expansão como crescimento de raízes e outras estruturas. Algumas alterações de afrescos são observadas devido ao crescimento de cianobactérias que aparecem em cores variadas (branco-rosa, branco-amarelado, cinza claro, etc.) e estão presentes tanto ao ar livre quanto em locais confinados e não muito úmidos e sombreados (Giacobini *et al.*, 1979; Tomaselli *et al.*, 1979).

As cianobactérias aerofíticas contribuem mais diretamente à deterioração do substrato pelos processos respiratórios, retendo água e/ou liberando ácidos ou compostos quelantes (Degelius, 1962). Entre eles estão os ácidos aspártico, cítrico, glutâmico, glicólico, oxálico e urônico. Além destas substâncias, muitos outros compostos orgânicos (ex: aminoácidos e polipeptídeos) também são capazes de complexar ou quelar íons, deteriorando as estruturas dos mais variados substratos que colonizam (Caneva *et al.*, 1991).

Os microrganismos aerofíticos (cianobactérias) são subdivididos de acordo com os hábitos de vida que desenvolvem em superfícies das mais variadas composições. As cianobactérias saxícolas/rupestres são classificadas em três grupos: As casmoendolíticas, formando zonas verdes paralelas às mais variadas superfícies, frequentemente formando escala de cores e parcialmente separadas (Danin & Caneva, 1999Q); as criptoendolíticas que se estabelecem em calcário e arenito de cor clara, formando uma camada colorida paralela à superfície a uma profundidade de alguns milímetros, geralmente ocorrendo sob

condições ambientais extremas (ex: desertos), mas, algumas descobertas recentes no calcário de uma basílica belga (Saiz-Jimenez *et al.*, 1990) e em alguns mármores de Carrara sugerem uma maior prevalência ecológica desses microrganismos; e as endolíticas que dissolvem ativamente carbonatos, penetrando no substrato e formando microcavidades de morfologia diferente, de acordo com a espécie (Caneva *et al.*, 1991).

As cianobactérias podem viver de forma livre ou formar agrupamentos com grande plasticidade morfológica entre indivíduos de uma mesma espécie, dificultando a delimitação de caracteres para a identificação taxonômica precisa (Welker *et al.*, 2004; Azevedo & Sant'Anna, 2006; Komárek, 2006). Grande parte dos estudos existentes sobre cianobactérias aerofíticas aborda ambientes áridos de regiões temperadas como os trabalhos de Caneva (1991), Gaylarde *et al.* (2007) e Saiz-Jimenez *et al.* (1990). A diversidade deste grupo em ambientes terrestres ainda é pobremente conhecida em regiões tropicais. No Brasil, existem poucos trabalhos abordando estes organismos, concentrados principalmente na região sudeste e em zonas de vegetação natural (Silva *et al.*, 2009), como o trabalho de Ferreira (2008) descreveu onze espécies da ordem Nostocales em regiões da Mata Atlântica paulista.

Focado em regiões urbanas brasileiras, o trabalho de Crispim (2003), encontrou oito gêneros de cianobactérias filamentosas e quatro gêneros de cianobactérias cocoides em fragmentos de reboco da parede de seis igrejas históricas da cidade de Porto Alegre (RS). Vários dos grupos identificados são reconhecidos como degradadores de rochas, como os grupos *Pleurocapsa*, *Synechocystis*, *Gloeocapsa*, *Microcoleus*, *Scytonema* e *Mastigocladus*.

Gaylarde *et al.* (1999), estudaram superfícies descoloridas de edifícios em diferentes municípios brasileiros, Bonito e Corumbá (MS); São Paulo (SP); Florianópolis, Lages, Gravataí, Lagoa de Conceição, Porto Belo e Pereque (SC); Porto Alegre e Atlântida (RS). O gênero cianobacteriano, *Synechocystis* frequentemente compreendeu a biomassa principal, estando presente em 63,4% dos locais. O segundo mais frequentemente detectado foi o gênero *Oscillatoria*, apresentando uma ocorrência generalizada (72,4%). As cianobactérias foram os colonizadores mais importantes, com mais de 62% dos organismos detectados pertenciam a este filo.

De acordo com o Flora do Brasil 2020, para o ambiente subaéreo no grupo das Cyanophyceae, são relatados 41 gêneros e 126 espécies, todos ocorrendo predominantemente na região do eixo Sul-Sudeste, além de poucas menções à região central do Brasil e à região amazônica. Destes, somente três gêneros, *Phormidium*, *Scytonema* e *Leptolyngbya*, são registrados com abrangência territorial no estado da Bahia para a forma de vida aerofítica.

Gaylarde e Crispim (2005) realizaram uma revisão de Cianobactérias e biodeterioração do patrimônio cultural. Concluíram que o papel das cianobactérias na degradação de patrimônios materiais culturais e artísticos não pode ser negligenciado. Uma vez que são fototróficos e não requerem mais do que luz, água e íons minerais para crescerem, esses microrganismos prontamente colonizam as superfícies externas de monumentos históricos podendo desenvolver biofilmes, que, por sua vez, alteram a aparência das superfícies causando modificação estética, química e física das estruturas, além de servir como substrato para o crescimento de outros deterioradores. A detecção e identificação deste grupo de organismos é extremamente importante para o estudo futuro dos processos deteriogênicos e o desenvolvimento de métodos de controle. No entanto, os grupos encontrados em edifícios fora consideravelmente diferentes.

Desta forma, compilações de informações que ampliem o conhecimento, a caracterização e a classificação taxonômica destes seres vivos determinando principalmente características diacríticas são de extrema importância. Especialmente à taxonomia morfológica, já que, estes organismos são tradicionalmente identificados através dos seus caracteres morfológicos (Howard-Azzeh *et al.*, 2014; Caires, 2013).

## **2. OBJETIVO GERAL**

Identificar e caracterizar as cianobactérias aerofíticas encontradas em monumentos históricos da cidade de Salvador, Bahia, Brasil.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar e caracterizar cianobactérias aerofíticas por meio de microscopia óptica e eletrônica de varredura e transmissão;

- Ampliar informações acerca das cianobactérias aerofíticas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. ÁREA DE ESTUDO**

Fundada em 1.549 por Tomé de Sousa após a implantação do Governo-Geral do Brasil pelo Império Português, a cidade de Salvador é notável por ter sido a primeira capital da América Portuguesa, o que corresponde ao atual Estado Brasileiro. A cidade é uma das mais antigas do continente americano e uma das primeiras cidades planejadas no mundo, ainda no período renascentista. Com seus becos e ladeiras, a cidade acolhe um dos mais ricos conjuntos culturais e artísticos urbanos do Brasil (IPHAN). O Centro Histórico soteropolitano é internacionalmente conhecido pela sua arquitetura colonial portuguesa com monumentos históricos que datam do século XVII até o início do século XX, tendo sido declarado como Patrimônio Mundial pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) como um Patrimônio da Humanidade em 1985 o que permitiu a cidade ser membro da Organização das Cidades do Patrimônio Mundial (UNESCO, 1985).

O clima na cidade de Salvador varia entre úmido a subúmido, apresentando precipitação média anual alta de 1.871,1 mm e 2.400 horas de sol/ano, com temperaturas máximas de 34°C, médias de 25°C e mínimas de 17°C (INMET, 2010). O período chuvoso ocorre entre os meses de março a agosto o que representa as estações de outono e inverno. Já o período seco compreende os meses entre fevereiro e setembro, sendo representado pelas estações de primavera e verão (INMET, 2010). A umidade relativa do ar varia numa média de 78,6% em janeiro, no início do verão, até seu pico de 83,9% em junho, início do inverno, apresentando uma média anual de 81,1%, sendo assim alta o ano todo (INMET, 2010).

Os monumentos históricos, nos quais as amostras foram coletadas, encontram-se no Centro Histórico da cidade de Salvador, em três monumentos históricos, o Mercado Modelo (109 anos) (Fig.1A), o Convento do Carmo (435 anos) (Fig.1B) e a Catedral Basílica (349 anos) (Fig.1C). Todos estão situados próximos à orla na entrada da Baía de Todos os Santos, local exposto à ação marinha.



Fig.1: Locais de coleta e amostras coletadas. (A) Mercado Modelo. (B) Convento do Carmo. (C) Catedral Basílica.

### 3.2. COLETA E CULTIVO

A coleta foi feita numa parceria do programa de pós-graduação Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) em conjunto com o Laboratório de Algas Marinhas (LAMAR) do Instituto de Biologia (IBIO), instituições pertencentes à Universidade Federal da Bahia (UFBA). Foram retiradas amostras do reboco dos revestimentos externos destes locais (Fig.1D), utilizando-se espátulas metálicas. A coleta foi realizada no mês de março de 2018 o que representa o fim do verão na cidade e início do outono com o início também do período chuvoso (INMET, 2010).



Fig.2: Amostras do revestimento externo (reboco) coletadas.

As amostras coletadas foram triadas e inoculadas em meio de cultivo BG-11 (Rippka, 1979) diluído em água destilada de acordo com Jacinavicius *et al.* (2012) e as adaptações feitas por Caires (2018) para crescimento (Fig.2A). As cepas foram mantidas em câmaras de cultivo B.O.D. com Iluminação (ACB-Labor, São Paulo, Brasil), sob fotoperíodo de 14-10h (claro-escuro) e temperatura  $25\pm 1^\circ\text{C}$  (Fig.2B). As cepas que apresentaram mais de um morfotipo passaram por reisolamento para obtenção de uma amostra uniespecífica. Os repiques foram realizados a cada trinta dias. Foram então selecionadas as cepas de número 2, coletada na Catedral Basílica, 3 e 6 coletadas no Convento do Carmo, e 7 coletada no Mercado Modelo. As culturas estão vinculadas ao Banco de Cultivo de Microalgas do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), o qual está associado ao Herbário Alexandre Leal Costa (ALCB).



**Fig.3:** Cultivo e manutenção das cepas. (A) Cepas inoculadas em meio de cultivo. (B) Câmara de cultivo.

### 3.3. AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA E ULTRAESTRUTURAL

A análise consistiu na identificação de caracteres morfológicos, e reprodutivos quando presentes, tais como: organização celular, forma da celular, formato da célula apical, presença de bainha, coloração, tamanho médio celular, presença de acinetos, heterocitos e hormogônios, por meio de observação das características morfológicas pertinentes e captura de imagens através do microscópio invertido de fluorescência DMi8 (Leica Microsystems®, Wetzlar, Alemanha) acoplado com a câmera DMC2900 (Leica Microsystems®, Wetzlar, Alemanha). Para as medições necessárias foram mensurados um

mínimo de 20 indivíduos de diferentes filamentos e/ou células usando a plataforma de software Leica Application Suite X versão 3.4.1.17822 (Leica Microsystems®, Wetzlar, Alemanha).

À realização da microscopia eletrônica de transmissão (M.E.T.), os filamentos e as células cocoides foram fixados em *overnight* (Karnovsky, 1965, modificado; concentrações finais: 2% de glutaraldeído, 0,05 M de cacodilato de sódio - pH 7,2, 0,001 M de cloreto de cálcio e 2% de paraformaldeído). A biomassa foi lavada três vezes com tampão cacodilato de sódio 0,01 M e pós-fixada com tetróxido de ósmio 1% no mesmo tampão em temperatura ambiente por 2 h. Com o mesmo tampão, repetiu-se a lavagem, e a biomassa foi mantida em acetato de uranila 2,5% durante a noite a 4°C. Procedeu-se à desidratação dos filamentos e das células cocoides com séries acetônicas (30, 50, 70% por 5 min cada, e 90 e 100%, por 20 min cada), e emblocados os filamentos e as células cocoides em resina Polybed® 812 *Embedding Kit* (Polysciences, Warrington, EUA). Obtiveram-se cortes ultrafinos (ultramicrotomo; Leica Microsystems®, Mannheim, Alemanha), os quais foram pós-corados com acetato de uranila a 2,5% e citrato de chumbo. As amostras foram analisadas pelo microscópio eletrônico de transmissão JEOL® 1230 (JEOL, Tóquio, Japão) (Caires et al., 2018).

Na microscopia eletrônica de varredura (M.E.V.), fixou-se a biomassa em *overnight* em Karnovsky (1965, modificado; concentrações finais: 2% de glutaraldeído, 0,05 M de cacodilato de sódio - pH 7,2, 0,001 M de cloreto de cálcio e 2% de paraformaldeído) à temperatura ambiente. Lavou-se a biomassa três vezes com tampão cacodilato de sódio 0,01 M e desidratou-se em série alcoólica (25, 50, 70, 90 e 100%, por 15 min cada), seguido de secagem em ponto crítico (Leica® CPD030, Mannheim, Alemanha). Os espécimes foram colocados em *stubs*, revestidos por ouro (Denton Vacuum Desk IV, Moorestown, EUA) e analisados ao microscópio eletrônico de varredura JEOL® 6390LV (JEOL Ltd., Tóquio, Japão) (Caires et al., 2018). Tais análises foram realizadas no Instituto Gonçalo Moniz (IGM) na Fundação Oswaldo Cruz - Bahia (FIOCRUZ - BA).

A identificação dos táxons baseou-se no sistema proposto por Komárek & Anagnostidis (2005) para os táxons filamentosos e Komárek *et al.* (2014) para o táxon cocoide.

#### 4. RESULTADOS

Foram identificados três gêneros: O gênero *Chroococcus*, com um indivíduo, pertencente à família Chroococcaceae dentro da ordem Chroococcales. O gênero *Pseudanabaena*, com dois indivíduos, pertencente à família Pseudanabaenaceae, e o gênero *Leptolyngbya*, com um indivíduo, pertencente à família Leptolyngbyaceae, ambos os gêneros se encontram dentro da ordem Synechococcales.

O formato celular dos filamentos variou de quadrado a retangular e o táxon cocoide que apresentou formato esférico. O formato da célula apical nos filamentos variou de cilíndrico retangular a cilíndrico com bordas levemente arredondadas para os indivíduos filamentosos (Tabela 1).

**Tabela 1** - Caracteres morfológicos das cepas estudadas: A = *Leptolyngbya* sp.;  
B = *Pseudanabaena* sp. 1; C = *Chroococcus* sp; D = *Pseudanabaena* sp. 2.

Espécime	Cepa	Organização do Talo	Formato Celular	Formato Celular Apical	Bainha	Conteúdo Celular Cor	Comprimento Celular Médio
A	2	Filamentosa	Quadrada	Retangular	Espessa Transparente	Verde Granular	3,7µm
B	3	Filamentosa	Retangular Quadrada	Retangular Arredondada	Espessa Transparente	Verde Granular	3,3µm
C	6	Cocoide	Esférica	-	Fina Transparente	Verde Granular	2,9µm
D	7	Filamentosa	Retangular Quadrada	Retangular Arredondada	Espessa Transparente	Verde Granular	2,8µm

#### SYNECHOCOCALES

Nesta ordem foram identificadas três cepas dispostas em duas famílias, Pseudanabaenaceae e Leptolyngbyaceae, e em dois gêneros, *Leptolyngbya* e *Pseudanabaena*, com uma cepa no primeiro e duas no segundo.

### **LEPTOLYNGBYACEAE Komárek, Kastovsky, Mareš & Johansen, 2014**

Filamentos raramente solitários, unisseriados, dissociados, flexuosos a levemente ondulados, e não captados. Bainha presente, firme, delgada e hialina. Células mais longas que largas (Komárek & Anagnostidis, 2005). Nesta família foi identificado um gênero.

### ***LEPTOLYNGBYA* Anagnostidis & Komárek, 1988**

Gênero amplamente distribuído no Brasil em ambientes subaéreos, nos estados do Maranhão, Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal (Flora do Brasil 2020).

#### ***Leptolyngbya* sp.**

Filamentos longos, unisseriados, solitários ou aglomerados, finos, arqueados, ondulados ou intensamente enrolados (Fig.4A-B). Comprimento celular médio de 3,7 $\mu$ m, mínimo de 2,5 $\mu$ m e máximo de 5,2 $\mu$ m, bainhas incolores e abertas na extremidade apical (Fig.4D). Tricomas simples, levemente atenuados, com células apicais cilíndricas (Fig.4F-H) mais longas que largas (Fig.4F). Conteúdo celular homogêneo, com grânulos proeminentes, coloração verde/verde-oliva (Fig.4C). Células com paredes delgadas e tilacoides distribuídos regularmente e perifericamente (Fig.4G-H). As características observadas estão de acordo com as descrições de Komárek & Anagnostidis (2005) para esse táxon.

### **PSEUDANABAENACEAE Anagnostidis & Komárek 1988**

Filamentos cilíndricos, unisseriados, retos ou ondulados, isopolares, solitários ou agrupados em massas delgadas. Bainha delgada, hialina, homogênea, firme. Células frequentemente mais longas que largas, eventualmente quadráticas a sub quadráticas; aerótopos ausentes; tilacoides regulares situados na margem celular (Komárek & Anagnostidis, 2005). Nesta família foi identificado um gênero.

### ***PSEUDANABAENA* Lauterborn, 1915**

Gênero amplamente distribuído no Brasil, mas não registrado para ambientes subaéreos, sendo esta, a sua primeira ocorrência registrada. Às formas de vida aquática-bentônicas e aquática-planctônica deste gênero são registrados para o Brasil nos estados do Maranhão, Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal (Flora do Brasil 2020).

### ***Pseudanabaena* sp. 1**

Filamentos unisseriados solitários ou aglomerados formando tapetes, mucilaginosos, retos, levemente ondulados ou arqueados, simples (Fig.5A-C), geralmente não muito longos (Fig.5D-E). Células do filamento cilíndricas retangulares, mais longas que largas, sem aerótopos (Fig.5H-I). Tilacoides paralelos localizados parietalmente (Fig.5J-K). Célula apical cilíndrica truncada retangular e de mesmo tamanho quando comparadas com as células do corpo do filamento (Fig.5I). Comprimento celular médio de 3,3 $\mu$ m, mínimo de 2 $\mu$ m e máximo de 4,6 $\mu$ m. Bainha presente e coalescente (Fig.5C-E). Caracteres que estão de acordo com Komárek & Anagnostidis (2005) para o gênero *Pseudanabaena*.

### ***Pseudanabaena* sp. 2**

Filamentos unisseriados, solitários ou aglomerados formando tapetes, mucilaginosos, retos ou levemente ondulados ou arqueados simples (Fig. 6A-C). Células cilíndricas arredondadas nas extremidades, sempre mais longas que largas, sem aerótopos (Fig. 6F). Tilacoides paralelos localizados parietalmente (Fig. 6G-H). Célula apical cilíndrica arredondada nas extremidades e menor quando comparada às células do corpo do filamento (Fig.6F). Comprimento celular médio de 2,8 $\mu$ m, mínimo de 1,2 $\mu$ m e máximo de 4,9 $\mu$ m. Bainha presente e livre (Fig.6D). Caracteres que estão de acordo com Komárek & Anagnostidis (2005) para o gênero *Pseudanabaena*.

## **CHROOCOCCALES**

Nesta ordem foi identificada uma espécie disposta na família, Chroococcaceae no gênero *Chroococcus*.

### **CHROOCOCCACEAE Rabenhorst, 1863**

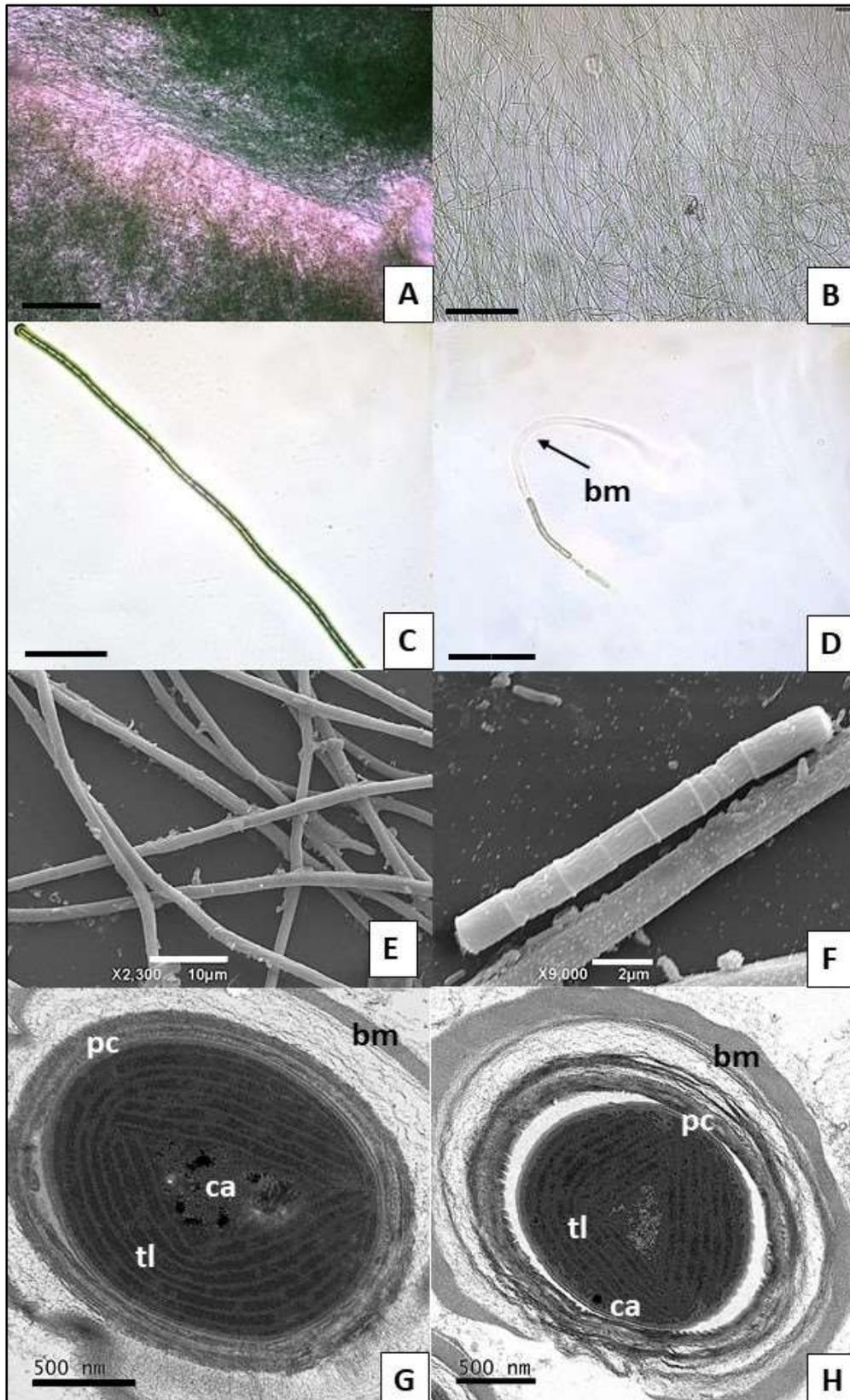
Células solitárias ou em grupos mais ou menos esféricos a irregulares. Bainhas delgadas, firmes e incolores, sem estágios pseudofilamentosos. Tilacoides distribuídos regularmente de forma parietal (Komárek *et al.*, 2014). Para esta família foi identificado um gênero.

### **CHROOCOCCUS Nägeli, 1849**

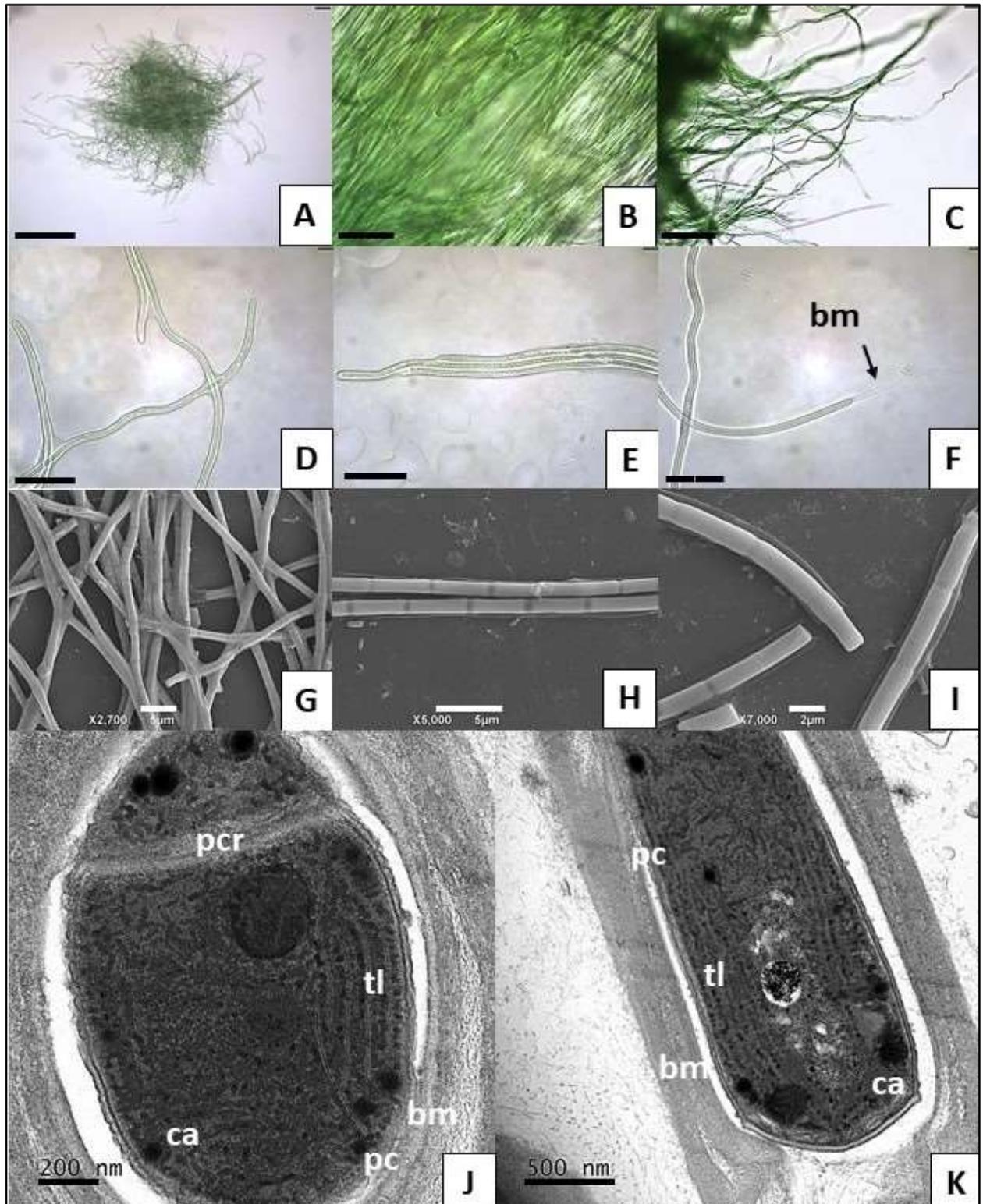
Gênero amplamente distribuído no Brasil em ambientes subaéreos, nos estados do Amazonas, Pará, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal (Flora do Brasil 2020).

#### ***Chroococcus* sp.**

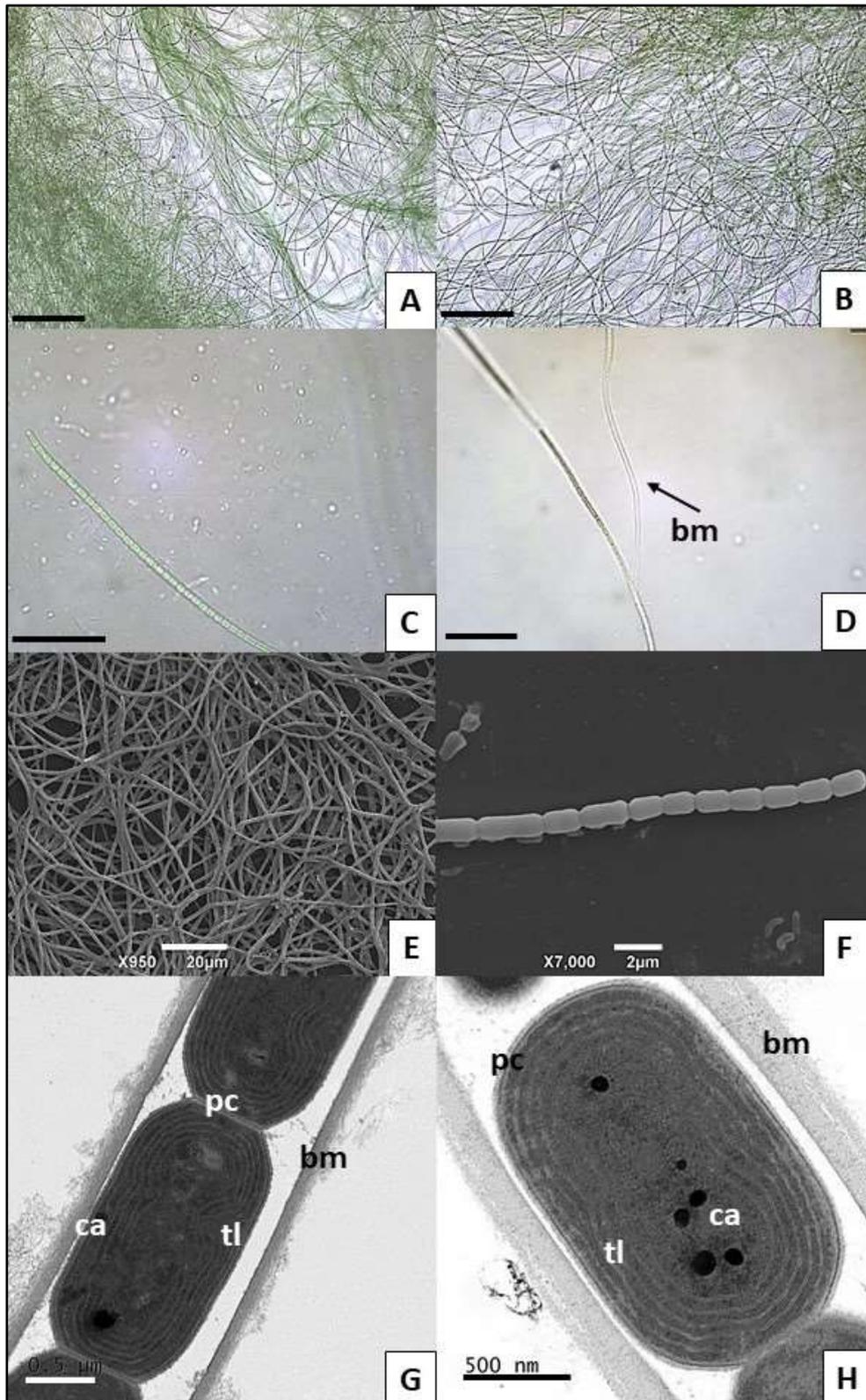
Unicelular, células esféricas ou irregularmente esféricas (Fig.7E-F), raramente solitárias, comumente reunidas em aglomerações irregulares de vida livre ou formando colônias irregulares (Fig.7A-B). Diâmetro celular médio de 2,9 $\mu$ m, mínimo de 1,7 $\mu$ m e máximo de 3,4 $\mu$ m. Células ou pequenos grupos de células envoltos por bainhas firmes e incolores (Fig.7C-D). Conteúdo celular verde levemente granular (Fig.7A-D). Tilacoides paralelos entre si e distribuídos regularmente de forma parietal. Presença grânulos de cianoficina (Fig.7G-H). As características observadas estão de acordo com as descrições de Komárek *et al.* (2014) para esse táxon.



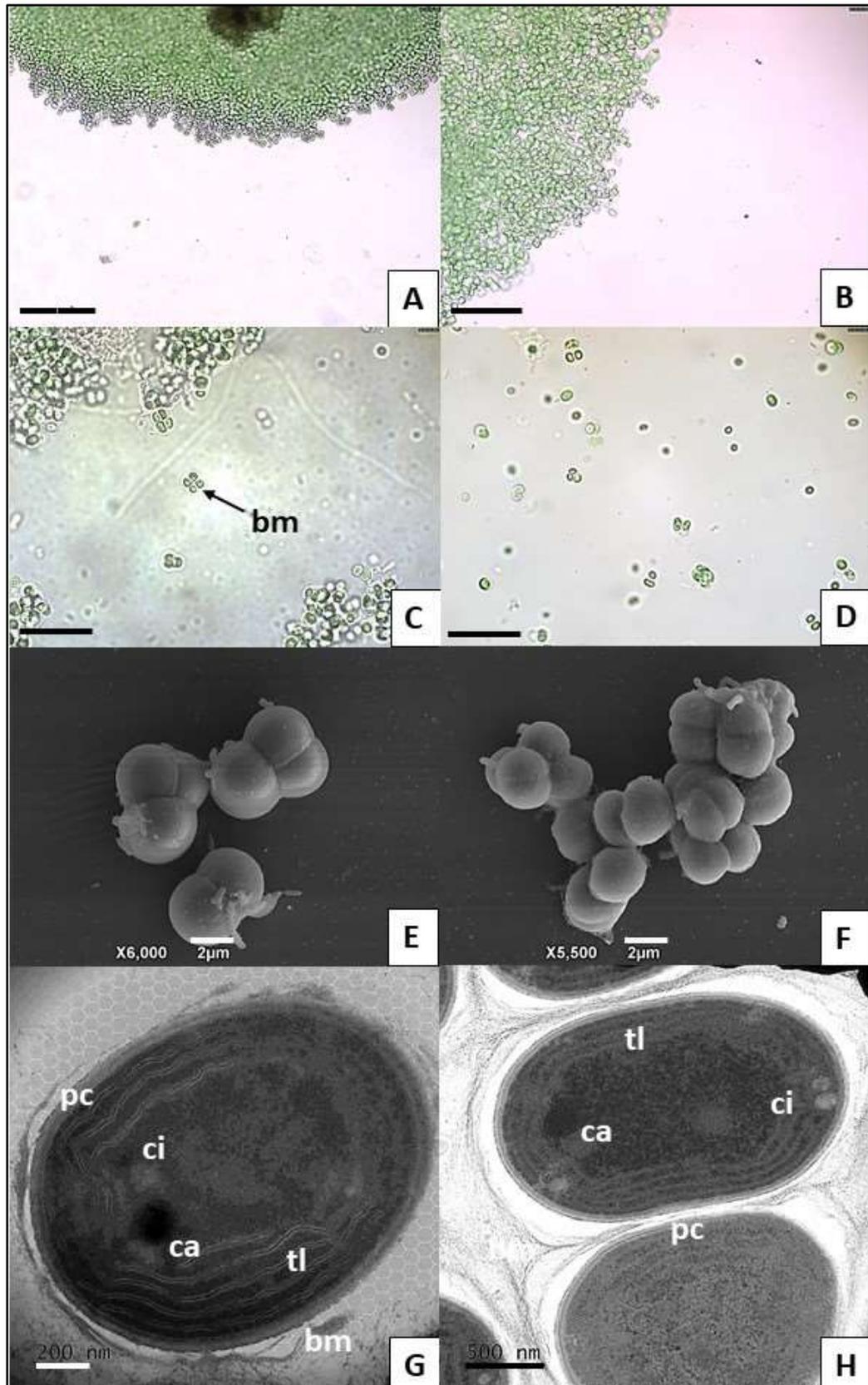
**Fig.4:** Caracterização de *Leptolyngbya* sp.. (A-B) Tricomas em arranjo fasciculado, fotomicrografias ópticas. (C) Tricoma com células cilíndricas e retangulares. Célula apical cilíndrica retangular, fotomicrografia óptica. (D) Bainha mucilaginosa (bm) aberta, fotomicrografia óptica. (E) Detalhe dos tricomas em arranjo fasciculado, (M.E.V.). (F) Tricoma com células cilíndricas retangulares no ápice e no talo (M.E.V.). (G-H) Dispersão regular parietal dos tilacoides (tl), parede celular (pc), carboxissomos (ca) e bainha mucilaginosa (bm) (M.E.T.). Barras de escala: A = 200 $\mu$ m; B = 100 $\mu$ m; C = 20 $\mu$ m; D = 20 $\mu$ m; E = 10 $\mu$ m; F = 2 $\mu$ m G = 500nm; H = 500nm.



**Fig.5:** Caracterização de *Pseudanabaena* sp.1. (A-C) Detalhes dos tricomas, fotomicrografias ópticas. (C-E) Bainhas mucilaginosas coalescentes, fotomicrografias ópticas. (D-E) Filamentos com células cilíndricas retangulares no talo e no ápice. (F) Bainha mucilaginosa (bm) aberta, fotomicrografia óptica. (G) Tricomas fasciculados e bainhas mucilaginosas coalescentes (M.E.V.). (H) Tricomas com células retangulares (M.E.V.). (I) Célula apical cilíndrica retangular de mesmo tamanho quando comparada às células do corpo do filamento (M.E.V.). (J-K) Dispersão regular parietal dos tilacoides (tl); parede celular (pc), carboxissomos (ca), parede cruzada (pcr) e bainha mucilaginosa (ms) (M.E.T.). Barras de escala: A = 200µm; B = 20µm; C = 100µm; D = 20µm; E = 20µm; F = 20µm; G = 5µm; H = 5µm; I = 2µm; J = 200nm; K = 500nm.



**Fig.6:** Caracterização de *Pseudanabaena* sp.2. (A-B) Tricomas em arranjo fasciculado, fotomicrografias ópticas. (C) Tricoma com células retangulares cilíndricas arredondadas nas bordas (Bacilos), fotomicrografia óptica. (D) Bainha mucilaginosa (bm) livre aberta, fotomicrografia óptica. (E) Detalhe dos tricomas fasciculados (M.E.V.). (F) Célula apical cilíndrica com bordas arredondadas (Bacilo) de tamanho diferente quando comparada às outras células do tricoma (M.E.V.). (G-H) Dispersão regular parietal dos tilacoides (tl), parede celular (pc), carboxissomos (ca) e bainha mucilaginosa (bm) (M.E.T.). Barras de escala: A = 100µm; B = 50µm; C = 20µm; D = 20µm; E = 20µm; F = 2µm G = 0.5µm; H = 500nm.



**Fig.7:** Caracterização de *Chroococcus* sp. (A-D) Células solitárias e em grupo, fotomicrografias ópticas. (C) Bainha mucilaginosa (bm), fotomicrografia óptica. (E-F) Grupos celulares (M.E.V.). (G-H) Dispersão regular parietal dos tilacoides (tl), parede celular (pc), carboxissomos (ca), grânulos de cianoficina (ci) e bainha mucilaginosa (bm) (M.E.T.). Barras de escala: A = 100μm; B = 50μm; C = 20μm; D = 20μm; E = 2μm; F = 2μm G = 200nm; H = 500nm.

## 5. DISCUSSÃO

A análise das cepas indicou uma diversidade de cianobactérias aerofíticas pouco conhecida que crescem e se desenvolvem em superfícies artificiais. No entanto, o reconhecimento taxonômico desta diversidade através da morfologia e ultraestrutura é problemático e dificilmente consegue-se chegar a espécie, dada a grande plasticidade morfológica entre indivíduos. A falta de definição de caracteres diacríticos específicos, a grande variação genética de grupos semelhantes e/ou idênticos, e a escassez de estudos, dificulta a delimitação de caracteres para a identificação taxonômica precisa (Welker *et al.*, 2004; Azevedo & Sant'Anna, 2006; Komárek, 2006). Desta maneira, em todas as cepas foi possível chegar ao nível de gênero. Os táxons estudados não são endêmicos para o Brasil (Flora do Brasil 2020).

As cepas *Pseudanabaena* sp.1 e *Pseudanabaena* sp.2 são claramente separáveis usando caracteres morfológicos, diferenciando-se no tamanho celular médio (Tabela 1) e tamanho da célula apical em comparação às células do corpo do filamento (Fig.5I e Fig.6F), formato celular (Fig.5D-E-H e Fig.6C) e coalescência da bainha mucilaginosa (Fig.5G e Fig.6D), atributos estes que Komárek & Anagnostidis (2005) consideram importantes para a delimitação das espécies.

A identificação precisa de gêneros de cianobactérias cocoides em geral é complexa. Podem apresentar complexos ciclos de vida com vários estágios, e a interrelação entre eles não é facilmente percebida (Gama Júnior, 2012). Um agravante para o contínuo desconhecimento da real diversidade de cianobactérias cocoides é que várias destas dificilmente são mantidas em culturas uniespecíficas (Stanier *et al.*, 1971), e muitos grupos não crescem adequadamente nos métodos de cultivo usuais (Komárek & Komárková-Legnerová, 2007). Apresentada tal problemática às cianobactérias cocoides, foi proposto por Komárek & Anagnostidis (1986) um sistema de classificação que mais tarde foi atualizado por Komárek & Anagnostidis (1998) e por Komárek *et al.* (2014), esta última obra contém descrições, ilustrações e comentários de boa parte das espécies de cocoides já descritas na literatura, o que muito contribui para sua aceitação e ampla utilização. As cianobactérias cocoides foram separadas utilizando-se não apenas as características morfológicas, mas também os poucos dados obtidos até então sobre a sua ultraestrutura, ecologia, fisiologia e genética. Assim, agruparam-se todas as cianobactérias unicelulares e coloniais numa única ordem, Chroococcales, subdividindo-a em 11 famílias. Desta forma

muitos dos táxons desta ordem são polifiléticos e, conseqüentemente, de difícil identificação específica (Gama Júnior, 2012). Atualmente são reconhecidas 645 espécies, distribuídas em nove famílias (Guiry & Guiry, 2021).

Gaylarde & Gaylarde (2005) analisaram a biomassa de 230 biofilmes de edifícios em sete países latino-americanos, incluindo o Brasil, e seis europeus. Os substratos coletados incluíram compósitos (cimento, argamassa, concreto, tijolo), superfícies pintadas e pedras dimensionais. Nos substratos latino-americanos as cianobactérias cocoides foram o principal componente da biomassa dos biofilmes analisados, o mesmo resultado não foi encontrado para os países europeus, nos quais as cianobactérias cocoides foram o segundo componente mais abundante na biomassa, ficando atrás das algas verdes.

Os poucos estudos que retratam cianobactérias aerofíticas no Brasil, como os dados trazidos por Silva *et al.* (2009) e Ferreira (2008), descrevem estes microrganismos em ambientes naturais sem foco na colonização nos centros urbanos e os seus impactos. Enquanto que, nos estudos de Crispim (2003), um dos poucos realizados em ambiente urbano, referiu oito gêneros de cianobactérias filamentosas e quatro de cianobactérias cocoides em fragmentos de reboco de parede em seis igrejas com importância histórica na cidade de Porto Alegre (RS). Segundo Crispim (2003), vários dos táxons identificados são reconhecidos como degradadores de rochas, a exemplo de: *Pleurocapsa*, *Synechocystis*, *Gloeocapsa*, *Microcoleus*, *Scytonema* e *Mastigocladus* demonstrando assim, a necessidade do contínuo aumento do conhecimento desta flora na preservação de todo um acervo histórico brasileiro evitando as ações deteriorantes destes microrganismos por meio de ações que controlem seu crescimento e desenvolvimento mas, para isso, faz-se necessário conhecer, descrever e entender os ciclos de vidas desses microrganismos.

Trabalhos realizados em outros países também relatam cianobactérias em estruturas históricas, a exemplo de: Caneva (1991), em trabalhos de análise de deterioração de patrimônio histórico em vários países europeus; Gaylarde *et al.* (2007) em amostras de crostas pretas descascadas de edifícios modernos e históricos na cidade de Campeche, México, em lápide na Ilha de Dom Khon, Laos, e na Catedral Anglicana em Belize; além do trabalho de Saiz-Jimenez *et al.* (1990) que encontrou cianobactérias no calcário de uma basílica belga na cidade de Tongeren. Segundo os autores citados anteriormente, as espécies de cianobactérias mais comumente encontradas em superfícies de interesse histórico ou artístico pertencem aos seguintes gêneros: *Chroococcus*,

*Gloeocapsa*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Scytonema*, *Myxosarcina*, *Synechococcus* e *Chroococcidiopsis*. Destes gêneros supracitados, o único a ser encontrado neste estudo foi o *Chroococcus*.

O conhecimento existente sobre cianobactérias aerofíticas, especialmente desenvolvendo-se em monumentos históricos e em ambientes urbanos, podendo danificar suas estruturas, é escasso e/ou antigo no Brasil e no mundo. A maioria dos trabalhos são de meados, ou final do século XX na Europa, e por se tratar de uma abordagem “arquitetônica e artística”, são centrados nas ações deteriorantes destes organismos, e são normalmente identificados somente como “algas” e/ou “cianobactérias” sem definir a especificidade taxonômica, analisando muito mais as alternativas para a restauração das estruturas como visto em no trabalho de Caneva (1991) e Saiz-Jimenez *et al.* (1990).

## 6. CONCLUSÃO

O presente estudo, pioneiro no estado da Bahia sobre algas em monumentos históricos, revelou novas ocorrências de gêneros de cianobactérias aerofíticas, sobre superfícies artificiais de interesse histórico-cultural. Com uma nova ocorrência para o ambiente subaéreo brasileiro identificou-se o gênero *Pseudanabaena* com duas cepas e ao ambiente subaéreo baiano identificou-se o gênero *Chroococcus* com uma cepa. A abordagem utilizada com a combinação de dados ultraestruturais e morfológicos (microscopia óptica, M.E.V. e M.E.T.) é inovadora ao trazer uma melhor caracterização das cianobactérias aerofíticas, e ajudou a entender mais claramente a diversidade de cianobactérias aerofíticas ocorrentes no Brasil, especialmente em monumentos históricos, contribuindo com informações sobre este grupo de organismos no Brasil.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTANO, P. & M. GRILLI C. **A hypogean algal association**. Proc. 31 Int. Symp. IAVS "Spontaneous Vegetation in Settlements," Frascati, 1988.

AZEVEDO, M.T.P. & SANT'ANNA, C.L. Morfologia e Reprodução. In: SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUJARO, L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R. & SOUZA, R. C. R. **Identificação e Contagem de Cianobactérias Planctônicas de Águas Continentais Brasileiras**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. p.: 5-8, 2006.

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. Ancient origins determine global biogeography of hot and cold desert cyanobacteria. **Nature Communications** 25(2): 163, 2011.

BELNAP, J. Nitrogen fixation in biological soil crusts from southeast Utah, USA. **Biology Fertility Soils**, v. 35, p. 128-135, 2002.

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

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

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

CAIRES T.A.; DE MATTOS LYRA G.; HENTSCHKE G.S.; DE GUSMÃO PEDRINI A.; SANT'ANNA C.L. & DE CASTRO NUNES J.M. *Neolyngbya* gen. nov. (Cyanobacteria, Oscillatoriaceae): A new filamentous benthic marine taxon widely distributed along the Brazilian coast. **Mol. Phylogenet Evol.** Mar; 120:196-211, 2018.

CAIRES, T.A. **Cianobactérias Marinhas Bentônicas Filamentosas do Litoral do Estado da Bahia, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Botânica, 2013.

CANEVA, G.; NUGARI, M.P. & SALVADORI, O. *Biology in the conservation of works of art*. Rome, **ICCROM** - International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property, 1991.

CRISPIM, C.A. & GAYLARDE, C.C. Cyanobacteria and Biodeterioration of Cultural Heritage: A Review. **Springer Science + Business Media, Inc.**, Volume 49, 1–9, 2005.

CRISPIM, C.A. **Identificação de cianobactérias em biofilmes de superfícies externas de prédios históricos: análise morfológica e molecular**. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado. Fevereiro de 2003.

DANIN, A. & CANEVA, G. Deterioration of limestone walls in Jerusalem and marble monuments in Rome caused by cyanobacteria and cyanophylous lichens. **Int. Biodet. Bull.**, 26 (6) 397-417, 1999Q.

DE LOS RÍOS A.; GRUBE M.; SANCHO L.G. & ASCASO C. Ultrastructural and genetic characteristics of endolithic cyanobacterial biofilms colonizing Antarctic granite rocks. **FEMS Microbiology Ecology**. 59 (2): 386–95, 2007.

DEGELIUS, G. *Über verwitterung von kalk und dolomitengestein durch algen und flechten*. **Chemie im Dienst der Archaeologie Bautechnik Denkmalpflege**, ed. J.A. Hedvall. Hakam Ohlssons. Lund. 156-162, 1962.

FERREIRA, V. **Flora de Nostocales com ramificações verdadeiras com ênfase em organismos aerofíticos da região de mata atlântica paulista**. Universidade Estadual de São Paulo, São José do Rio Preto. Dissertação de Mestrado, 2008.

FERREIRA, V.; BRANCO, L.H.Z. & KAŠTOVSKY, J. True branched nostocalean cyanobacteria from tropical aerophytic habitats and molecular assessment of two species from field samples. **Rev. biol. trop, San José**, v. 61, n. 1, p. 455-466, Mar. 2013.

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

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

**Flora do Brasil 2020. Cyanophyceae.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB107927>. Acesso em: 19 junho 2021.

GAMA JÚNIOR, W.A. **Cianobactérias unicelulares e coloniais de ambientes terrestres de áreas da Mata Atlântica no estado de São Paulo, Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012.

GAYLARDE, C.C. & GAYLARDE, P. M. A comparative study of the major microbial biomass of biofilms on exteriors of buildings in Europe and Latin America. **International Biodeterioration & Biodegradation** 55 131–139, 2005.

GAYLARDE, C.C.; OTTO ORTEGA-MORALES, B. & PASCUAL BARTOLO-PÉREZ. Biogenic Black Crusts on Buildings in Unpolluted Environments. **Current Microbiology** Vol. 54, pp. 162–166, 2007.

GAYLARDE, P.M. & GAYLARDE C.C. Algae and Cyanobacteria on Painted Surfaces in Southern Brazil. **Revista de Microbiologia**, 30:209-213, 1999.

GIACOBINI, C.; ANDREOLI, C.; CASADORO, G.; FUMANTI, B.; LANZARA, P. & RASCIO, N. **Tina caratteristica alterazione delle murature e degli intonaci**. Proc. III Int. Congr. Deterioration and Conservation of Stone, Venice. 289-299, 1979.

GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 22 October 2021, 2021.

HOWARD-AZZEH, M.; SHAMSEER, L.; SCHELLHORN, H. & GUPTA, R. Phylogenetic analysis and molecular signatures defining a monophyletic clade of heterocystous cyanobacteria and identifying its closest relatives. **Photosynthesis research**, 2014.

IPHAN e IBGE/ Arquivo Noronha Santos. **INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN)**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/ans/>. Acesso em 21/11/2021.

JACINAVICIUS, F.R.; GAMA JÚNIOR, W.A.; AZEVEDO, M.T.P. & SANT'ANNA, C.L. Manual para cultivo de cianobactérias, **1a ed. Publicações Online do Instituto de Botânica de São Paulo**, São Paulo, pp. 32, 2012.

KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron-microscopy. **Journal of Cell Biology**, 27, 137-138A, 1965.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: H. Ettl, G. Gärtner; H. Heynig & D. Mollenhauer (eds). **Süßwasserflora von Mitteleuropa** 19/1, Fischer, Jena. 548 p., 1998.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. **Elsevier GmbH**, München, 759 p, 2005.

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

KOMÁREK, J. & KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. Taxonomic evaluation of the cyanobacterial microflora from alkaline marshes of northern Belize. 1. **Nova Hedwigia** 84(12): 65-111, 2007.

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

KOMÁREK, J.; KAŠTOVSKÝ, J.; MARES, J. & JOHANSEN, J. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera), using a polyphasic approach. **Preslia** -Praha-. 86. 295-335, 2014.

LEFEVRE, M. La 'maladie verte' de Lascaux, **Studies in Conservation**, 19. 126-156, 1974.

LÓPEZ-BAUTISTA, J.M.; RINDI, F. & CASAMATA, A.D. The systematics of subaerial algae. In: SECHBACH, J. Cell origin, Life in Extreme habitats and Astrobiology. Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. **Netherlands: Springer**, v. 11, cap. 6, p. 601-617, 2007.

METTING, B. The Systematics and Ecology of soil algae. **The Botanical Review**, v. 47, p. 195- 312, 1981.

PIETRINI, A.M.; RICCI, S. & GIULIANI, M.R. Domus aurea - Ricerca sulla microflora algale e sui trattamenti algicidi nell ambiente n.75. **Manutenzione e Conservazione del Costruito fra Tradizione ed Innovazione. Atti Convegno Bressanone**. Padova: Libreria Progetto Editore. 694-696, 1986.

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

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

SAIZ-JIMENEZ, C.; GARCIA-ROWE, J.; GARCIA DEL CURA, M.A.; ORTEGA-CALVO, J.J.; ROEKENS, E. & VAN GRIEKEN, R. Endolithic cyanobacteria in Maastricht limestone, **The Science of the Total Environment** 94. 209-220, 1990.

SANT'ANNA, C.L.; BRANCO, L.H.Z.; GAMA JÚNIOR, W.A. & WERNER, V.R. Lista de Cyanobacteria do Estado de São Paulo. **Biota Neotrop.** [online]. 2011, vol.11, suppl.1.

SILVA, N.M.L.D. **Algas e cianobactérias aerofíticas de fragmentos de floresta estacional semidecidual no noroeste paulista.** 107 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2009.

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

STARKS, T.L.; SHUBERT, L.E. & TRAINOR, F.R. Ecology of soil algae: a review. **Phycologia**, v. 20, p. 65-80, 1981.

TOMASELLI, L.; MARGHERI, M.C. & FLORENZANO, G. **Indagine sperimentale sul ruolo dei cianobatteri e delle microalghe nel deterioramento dei monuments ed affreschi.** Proc. III Int. Congr. Deterioration and Conservation of Stone, Venice. 313-325, 1979.

UNESCO. Retrospective Statement of Outstanding Universal Value, Historic Centre of Salvador de Bahia (Brazil). **Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO)**, 1985.

WELKER, M.; BRUNKE, M.; PREUSSEL, K.; LIPPERT, I. & VON DÖHREN, H. Diversity and distribution of *Microcystis* (Cyanobacteria) oligopeptide chemotypes from natural communities studied by single-colony mass spectrometry. **Microbiology**, 150(6), 1785-1796, 2004.

ZACKRISSON, O.; DELUCA, T.H.; NILSSON, M.C.; SELLSTEDT, A. & BERGLUND, L.M.  
Nitrogen fixation increases with successional age in boreal forests. **Ecology**, v. 85, p. 3327-3334, 2004.