



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

LAÍZA MARIA FORTALEZA LOUZADA

**ISOLAMENTO, CULTIVO E TAXONOMIA DE CIANOBACTÉRIAS DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS URBANOS DE MACAPÁ**

MACAPÁ-AP

2026

LAÍZA MARIA FORTALEZA LOUZADA

**ISOLAMENTO, CULTIVO E TAXONOMIA DE CIANOBACTÉRIAS DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS URBANOS DE MACAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Colegiado do Curso de Bacharelado em  
Ciências da Ambientais da Universidade  
Federal do Amapá, como requisito necessário  
para a obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Ambientais

Orientadora: Dra. Elane Domênica Cunha de  
Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Arialdo Martins da  
Silveira Júnior

MACAPÁ-AP

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

---

Louzada , Laíza Maria Fortaleza.

L895i Isolamento, cultivo e taxonomia de cianobactérias de ambientes aquáticos urbanos de Macapá / Laíza Maria Fortaleza Louzada. - Macapá, 2026.  
1 recurso eletrônico.  
41 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais, Macapá, 2026.

Orientadora: Dra. Elane Domênica Cunha de Oliveira.

Coorientador: Dr. Arialdo Martins da Silveira Júnior.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Biodiversidade. 2. Fitoplâncton. 3. Monitoramento ambiental. I. Oliveira, Elane Domênica Cunha de, orientadora. II. Silveira Júnior, Arialdo Martins, coorientador. III. Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 577. 6

---

LOUZADA, Laíza Maria Fortaleza. **Isolamento, cultivo e taxonomia de cianobactérias de ambientes aquáticos urbanos de Macapá**. Orientadora: Dra. Elane Domênica Cunha de Oliveira. Coorientador: Dr. Arialdo Martins da Silveira Júnior. 2026. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2026.

LAÍZA MARIA FORTALEZA LOUZADA

**ISOLAMENTO, CULTIVO E TAXONOMIA DE CIANOBACTÉRIAS DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS URBANOS DE MACAPÁ**

BANCA EXAMINADORA

---

Dra. Elane Domênica Cunha de Oliveira – (IEPA)

Orientadora

---

Prof. Dr. Arialdo Martins da Silveira Júnior – (UNIFAP)

Coorientador

---

Profa. Dra. Silvia Maria Mathes Faustino - UNIFAP

Membro avaliador

---

Dra. Jéssica Caroline Evangelista Vilhena - UNIFAP

Membro avaliador

MACAPÁ-AP

2026

Dedico este trabalho à todas as mulheres que, indo contra as dificuldades, tiveram a coragem e a ousadia de se entregar aos estudos, à formação de seu próprio futuro e em prol da ciência.

Dedico especialmente à minha irmã, Laressa, que, sendo meu primeiro e maior exemplo de mulher nos estudos, percorreu um caminho árduo para que eu pudesse caminhar com tranquilidade.

## AGRADECIMENTOS

Pelo caminho que percorri, pelas decisões que me trouxeram até aqui, e pelo resultado que obtive, não poderia deixar de iniciar agradecendo à Deus e a todos os seres que, de algum lugar, estiveram comigo, guiaram meus passos e clarearam meus pensamentos. Vos agradeço por nunca me deixarem caminhar só.

Por nunca perderem a fé no meu potencial mesmo quando eu mesma o perdia; por sempre, acima de todas as dificuldades, me ensinarem a priorizar meus estudos e meu futuro; por serem meu alicerce primordial, agradeço à minha família, nesse ato representados pelos meus pais, Lilian e Janari. Agradeço por apostarem em um futuro em que a educação e a ciência possam prosperar.

Ao meu namorado, Júnior Duarte, o presente em pessoa que ganhei no meio acadêmico, por me estimular dia após dia a ser minha melhor versão, por me estimular à nunca desistir, por me fazer ver em mim mesma a força e a coragem que posso ter, e por sempre segurar minha mão nos melhores e piores momentos, eu o agradeço. Que essa seja a primeira de muitas vitórias e conquistas ao seu lado.

Por me ouvir, acolher e confortar nos momentos de maior tristeza, insegurança e angústia nessa longa caminhada; mas também por serem o motivo de todas as risadas, todas as boas memórias e toda a saudade que desde já eu sinto, eu sou grata aos meus amigos. Antonio, Cauã e Milena, a vida é muito mais bela, empolgante e divertida ao lado de vocês, e muito do que sou e tenho hoje na vida acadêmica devo a vocês também, e eu agradeço por isso.

Aos meus orientadores Dra. Elane Cunha e Dr. Arialdo Silveira Júnior, neste ato representando também todo o corpo docente do meu amado curso de Ciências Ambientais, serei eternamente grata por todos os ensinamentos, todo conhecimento e sabedoria perpassados ao longo desses quatro anos de caminhada. Vocês foram essenciais na construção de grandes mentes da nossa sociedade, e eu me sinto honrada de poder sorver de tantos anos de trabalhos tão belos. Agradeço por estenderem a mão, me acolherem e me fazer sentir digna de um universo vasto e tão belo.

Agradeço ao CNPQ e ao IEPA por financiar e oferecer subsídio para a execução deste meu primeiro grande projeto na forma de Iniciação Científica, que foi o que deu origem ao presente trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho buscou isolar e caracterizar morfometricamente espécies de cianobactérias presentes nos principais corpos d'água urbanos do município de Macapá, visando contribuir para o conhecimento da biodiversidade aquática regional e de seu potencial de bioprospecção. Foram realizadas coletas em três pontos: Balneário do Curiaú, Canal do Jandiá e Museu Sacaca, que ocorreram em dezembro de 2024 e foram feitas com arraste de rede de plâncton de 20 µm, coleta de água bruta e mensuração de parâmetros ambientais (pH, temperatura e transparência). O isolamento foi realizado por meio de pescaria, seguido de caracterização morfológica em microscópio comum e invertido, com apoio de descrições e chaves taxonômicas. As amostras foram cultivadas em meios BG11, BG11-0 e em meio alternativo. Foram obtidos 09 cepas a partir de 07 táxons isolados ou semi-isolados: *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Microcystis panniformis*, *Geitlerinema splendidum*, *Microchaete* sp., *Dulcicalothrix alborzica*, *Cephalothrix lacustris* e *Nostoc* sp. Os táxons foram classificados em quatro ordens taxonômicas: Chroococcales, Geitlerinematales, Nostocales e Oscillatoriales. Algumas espécies, como *Dulcicalothrix alborzica*, *Microchaete* sp. e *M. panniformis*, foram registradas pela primeira vez nos corpos d'água do Amapá. Os resultados reforçam a importância de estudos contínuos sobre a biodiversidade de cianobactérias amazônicas, destacando a necessidade de análises moleculares complementares para confirmação taxonômica, detecção de novas espécies e avaliação do potencial biotecnológico e toxicológico dos isolados. Este trabalho contribui para a ampliação do acervo científico do estado do Amapá e oferece subsídios relevantes para o monitoramento e a gestão ambiental da região.

Palavras-chave: Biodiversidade; Fitoplâncton; Monitoramento Ambiental.

## ABSTRACT

This study aimed to isolate and morphometrically characterize cyanobacteria species present in the main water bodies of the municipality of Macapá, in order to contribute to the understanding of regional aquatic biodiversity and its biotechnological potential. Sampling was carried out at three sites—Balneário do Curiaú, Canal do Jandiá, and Museu Sacaca—in December 2024, using a 20 µm plankton net haul, raw water collection, and measurement of environmental parameters (pH, temperature, and transparency). Isolation was performed using the micropipette isolation technique, followed by morphological characterization under both light and inverted microscopes, supported by taxonomic descriptions and identification keys. The samples were cultured in BG11, BG11-0, and an alternative medium. A total of nine strains were obtained from seven isolated or semi-isolated taxa: *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Microcystis panniformis*, *Geitlerinema splendidum*, *Microchaete* sp., *Dulcicalothrix alborzica*, *Cephalothrix lacustris*, and *Nostoc* sp. The taxa were classified into four taxonomic orders: Chroococcales, Geitlerinematales, Nostocales, and Oscillatoriales. Some species, such as *Dulcicalothrix alborzica*, *Microchaete* sp., and *M. panniformis*, were recorded for the first time in water bodies of Amapá. The results highlight the importance of continuous studies on Amazonian cyanobacterial biodiversity, emphasizing the need for complementary molecular analyses to confirm taxonomic identification, detect new species, and assess the biotechnological and toxicological potential of the isolates. This work contributes to the expansion of the scientific knowledge base in the state of Amapá and provides relevant support for environmental monitoring and management in the region.

Keywords: Biodiversity; Phytoplankton; Environmental monitoring.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	
2.1 CIANOBACTÉRIAS.....	
2.2 ESTUDOS LOCAIS.....	
<b>3 PROBLEMA.....</b>	
<b>4 HIPÓTESES.....</b>	
<b>5 OBJETIVOS.....</b>	
5.1 OBJETIVO GERAL.....	
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	
<b>6 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	
6.1 ÁREA DE ESTUDO.....	
6.2 AMOSTRAGEM.....	
6.3 ISOLAMENTO.....	
6.4 CULTIVO.....	
6.5 CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO.....	
6.6 DEPÓSITO DAS AMOSTRAS NO HERBÁRIO AMAPAENSE.....	
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	
7.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS.....	
7.2 ISOLAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO.....	
7.2.1 <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> .....	
7.2.2 <i>Microcystis panniformis</i> .....	
7.2.3 <i>Geitlerinema splendidum</i> .....	
7.2.4 <i>Microchaete</i> sp.....	
7.2.5 <i>Dulcicalothrix alborzica</i> .....	
7.2.6 <i>Nostoc</i> sp.....	
7.2.7 <i>Cephalothrix lacustris</i> .....	
<b>8 CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

As cianobactérias são microrganismos aquáticos fotossintetizantes que foram responsáveis pela mudança da atmosfera primitiva do Planeta Terra tornando-a aeróbia (Soo *et al.*, 2017). Esses organismos foram historicamente denominados de algas azuis, cianófitas ou Cyanophyta, esses organismos são estudados no contexto do fitoplâncton e podem ser encontrados tanto em ecossistemas de água doce quanto marinhos (Esteves, 2011). Além disso, o cultivo de cianobactérias apresenta vantagens quando comparado com outras matérias-primas vegetais, de modo que o estudo destes organismos tem crescido ao redor do mundo todo (Falaise *et al.*, 2016; Almeida, 2017; Lage *et al.*, 2022).

O Amapá, por estar localizado na Amazônia, dispõe de uma grande riqueza de espécies aquáticas, pois possui condições climáticas favoráveis à uma vasta biodiversidade, como por exemplo, altas temperaturas, luminosidade e umidade (Schneider *et al.*, 2025). Quando falamos da composição do fitoplâncton, especialmente das cianobactérias do Amapá, observamos um baixo número de espécies registradas em poucos corpos d'água da região, pois, ao comparar a riqueza observada em outros estados do Brasil, percebemos uma lacuna no conhecimento local da biodiversidade (Flora do Brasil, 2025). Segundo informações do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, disponíveis na plataforma Flora e Funga do Brasil, o estado com maior número de espécies de cianobactérias conhecidas é o estado de São Paulo, com um total de 2217 espécies dentro de 700 gêneros; enquanto o Amapá possui 133 espécies reconhecidas dentro de 41 gêneros (Flora do Brasil, 2025).

No estado do Amapá, a capital Macapá concentra a maior parte dos trabalhos que investigam a diversidade de cianobactérias. Um estudo realizado no ponto de captação de água para abastecimento de Macapá, isolou e identificou 14 linhagens de cianobactérias, especialmente das ordens Synechococcales, Oscillatoriales e Nostocales, que possuem espécies potencialmente tóxicas (Oliveira *et al.*, 2019a). Além disso, no mesmo ponto de coleta no rio Amazonas, em 2015, foi detectada pela primeira vez a cianotoxina microcistina (Oliveira *et al.*, 2019b). Por outro lado, uma pesquisa realizada em 2021 encontrou 18 táxons da Divisão Cyanobacteriophyta, incluindo espécies como: *Alkalinema pantanalense*, *Limnothrix planctonica* e *Geitlerinema splendidum* na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Macapá (Cavalcante *et al.*, 2021). Estudos como estes comprovam a necessidade da realização contínua de trabalhos sobre a biodiversidade aquática regional, a fim de enriquecer o acervo científico do estado e possibilitar a atuação contínua na prevenção de danos à saúde humana decorrentes da ação de cianotoxinas.

O estudo da biodiversidade fitoplanctônica passa por diversas etapas laboratoriais, dentre elas, o isolamento, o cultivo e a identificação de cada espécie componente do ecossistema analisado. Para alcançar o objetivo de uma identificação morfométrica mais precisa é importante coletar, isolar e cultivar as cianobactérias. A partir do isolamento e do cultivo podem ser realizados também estudos de bioprospecção e caracterização de compostos bioativos. Tratando-se então de Macapá, observamos que há um número considerável de trabalhos que investigam a diversidade de cianobactérias nos corpos d'água do município, quando comparada com os outros municípios do estado (Silveira, 2012; Barbosa, 2015; Furtado, 2018; Oliveira *et al.*, 2019a, 2019b; Cavalcante *et al.*, 2021; Barros *et al.* 2021).

Entretanto, a maior parte dos estudos já realizados visaram observar a diversidade de espécies dos corpos d'água analisados, não mantendo as cepas em cultivo para observar o comportamento das espécies quando em controle laboratorial. Com isso, o objetivo deste trabalho foi isolar, cultivar em variadas condições e identificar taxonomicamente cepas de cianobactérias coletadas em corpos d'água do município de Macapá.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CIANOBACTÉRIAS

As cianobactérias são seres procariontes de natureza microscópica, aquática ou terrestre e fotossintetizantes (Sant'Anna *et al.*, 2006). As cianobactérias já foram chamadas de cloroxibactérias, cianoprocariontes, cianoclorontes, algas verde-azuladas e cianofíceas, sendo consideradas como as únicas bactérias capazes de produzir oxigênio como efeito de sua fotossíntese (Lourenço, 2006). No meio ambiente, as cianobactérias exercem diferentes funções, sendo amplamente reconhecidas por seu papel como bioindicadoras ambientais e por seu expressivo potencial de bioprospecção Furtado (2018).

Revisões mais amplas apontam que o fitoplâncton (especialmente as cianobactérias) produzem compostos com atividades antitumoral, antioxidante, antibacteriana, antiviral e antifúngica (Lage *et al.*, 2022), além de lipídios, carotenóides, esteróis e ácidos graxos poli-insaturados com alto valor agregado (Victor; Moutinho; Riatto, 2024). Além disso, cianobactérias sintetizam peptídeos como aeruginosinas, cianopeptolinas e microgininas, que atuam como inibidores de proteases com interesse farmacêutico relevante (Silva-Stenico *et al.*, 2012). Isto é, são organismos que não só respondem às condições ambientais, mas também produzem moléculas com aplicações clínicas e industriais.

Por outro lado, os riscos toxicológicos associados às cianobactérias são igualmente expressivos. Florações podem comprometer a qualidade da água e a balneabilidade, sendo consideradas indicadoras de risco à saúde pública (Bernardes *et al.*, 2022). Esses eventos estão associados à produção de cianotoxinas com efeitos hepatotóxicos, neurotóxicos, dermatotóxicos e fitotóxicos (Bernardes *et al.*, 2022).

Há pesquisas que destacam a ocorrência de toxinas como microcistinas, saxitoxinas e anatoxinas, algumas com reconhecido impacto sobre organismos aquáticos e humanos (Silva-Stenico *et al.*, 2012). Em reservatórios brasileiros, estudos apontam que as florações são frequentemente dominadas por cianobactérias, reforçando sua relevância ecológica e sanitária (Silva, 2025). Assim, a mesma maquinaria metabólica que gera compostos de interesse farmacológico pode, em contextos de eutrofização e desequilíbrio ambiental, produzir substâncias de alto risco toxicológico.

Quanto à distribuição geográfica e ecológica, as cianobactérias apresentam ampla ocorrência em ambientes aquáticos continentais brasileiros (Guimarães, 2021). Uma análise

de quarenta anos de pesquisas em reservatórios demonstra que cianobactérias figuram entre os grupos mais frequentemente estudados, especialmente em contextos de eutrofização e florações (Silva, 2025), pois a alta disponibilidade de nutrientes em ambientes aquáticos ocasionado pelo efeito da eutrofização contribui para o crescimento de da biomassa desses seres (Oliveira *et al.*, 2020).

No sul do Brasil, registros evidenciam a predominância de gêneros como *Microcystis*, *Aphanocapsa*, *Dolichospermum* e *Aphanizomenon* (Bernardes *et al.*, 2022), enquanto na região amazônica, estudos reforçam sua presença associada às variáveis físico-químicas da água (Furtado, 2018). Ecologicamente, sua capacidade de flutuação, fixação de nitrogênio e tolerância a diferentes condições ambientais favorece sua ampla distribuição e dominância em ambientes impactados (Bernardes *et al.*, 2022). Em síntese, são organismos com distribuição cosmopolita e possuem papel central tanto na dinâmica trófica quanto nos processos de degradação e recuperação ambiental, sendo então organismos, ao mesmo tempo, bioindicadores sensíveis, produtoras de moléculas promissoras e potenciais agentes de risco.

## 2.2 ESTUDOS LOCAIS

Em 2012 foi realizado um estudo na zona estuarina do estado do Amapá, que investigou a composição fitoplanctônica do local. Foi identificado o total de 155 táxons ao longo do canal norte e sul da zona estuarina do rio Amazonas, localizados nas cidades de Macapá e Santana. Destes 155 táxons, quatro grandes grupos taxonômicos foram catalogados: Chlorophyta (71,61%), Cyanophyta,(15,48%) Bacillariophyta (1,61%) e Euglenophyta (1,29%). Para as Cyanophytas, segundo maior representante de riqueza encontrado durante o estudo, com um total de 24 táxons, que se fez presente em todos os seis pontos amostrais, de forma que os gêneros mais representativos foram *Aphanocapsa* (20,83%), seguido de *Oscillatoria* (16,67%) e *Anabaena* (12,50%), sendo os três caracterizados como potencialmente tóxicos. Além dos citados, outros gêneros potencialmente tóxicos foram também encontrados na região, sendo eles *Microcystis* (8,33%), *Nostoc*, e *Synechocystis*, representando, no total, 42,86% da comunidade de cianobactérias presentes na área de estudo (Silveira, 2012).

Em análise fitoplanctônica realizada em viveiros de peixes presentes em Macapá, Barbosa (2015) afirma que foram identificados 19 táxons de cianobactérias, de forma que os mais frequentes foram a *Radiocystis fernandoi*, *Planktothrix agardhii* e *Microcystis*

*aeruginosa*.

Um trabalho realizado na Lagoa dos Índios em 2018 registrou uma variada composição taxonômica de fitoplâncton, de forma que foram identificados 347 táxons distribuídos em 14 classes taxonômicas, sendo elas: Bacillariophyceae (n=15). Chlorophyceae (n=52), Chrysophyceae (n=1), Conjugatophyceae (n=182), Coscinodiscophyceae, (n=6)., Cyanophyceae (n=38), Dinophyceae (n=2), Euglenophyceae (n=30), Glaucophyceae (n=1). Klebsormidiophyceae.(n=1). Mediophyceae (n=1), Synurophyceae (n=2), Trebouxiophyceae (n=12) e Xanthophyceae (n=4). Tratando-se especificamente das cianobactérias, foram identificadas 38 táxons das Cyanophyceae, sendo o terceiro maior grupo taxonômico presente no corpo d'água estudado, representando 1% da composição de fitoplâncton. Registrou-se especialmente os gêneros *Anabaena* sp., *Aphanocapsa* sp., *Gloeotrichia* sp., *Lyngbya* sp., *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp., táxons potencialmente produtores de toxinas (Furtado, 2018). Apesar de não se mostrarem permanentemente presentes durante o estudo, esses surgimentos demandam atenção, pois são táxons de alto potencial de proliferação quando estão em condições ótimas, podendo afetar não somente a biodiversidade aquática como também a saúde humana local (Guimarães, 2021).

Um estudo investigativo da composição de cianobactérias no rio Amazonas realizado em 2019 registrou um total de 14 linhagens de cianobactérias; mais especificamente, 13 linhagens na fonte de captação de água bruta da capital e uma linhagem na saída do sistema de tratamento de água. As 14 linhagens eram táxons de filamentosas homocitadas inseridas nas seguintes ordens: Synechococcales, Ocillatoriales e Nostocales. Especialmente as três espécies pertencentes à ordem das Nostocales não puderam ser identificadas, evidenciando a necessidade de estudos mais aprofundados acerca da riqueza diversidade desta ordem. Este trabalho de pesquisa evidencia a necessidade de abranger conhecimentos acerca da biodiversidade aquática regional, pois há uma urgência não somente acadêmica, como também sanitária. A maior parte das espécies identificadas representam registros inéditos para a região, especialmente para o estado do Amapá (Oliveira *et al.*, 2019a).

Por outro lado, também em 2019, foi registrada de forma pioneira a presença da cianotoxina Microcistina (microcystin-LR ou MC-LR) no rio Amazonas, tanto no pré quanto no pós- tratamento da água analisada (Oliveira *et al.*, 2019b). Essa toxina foi detectada nos meses de junho, julho e agosto do ano de estudo e tem efeito tóxico-hepático, de modo que já existem casos de intoxicação fatais decorrentes dessa toxina (Kamogae; Hirooka, 2000). Além disso, foram identificadas diversos táxons de cianobactérias, sendo eles: *Limnothrix*

*planctonica*, *Alkalinema pantanalense*, *Leptolyngbya* sp. *Pseudanabaena* sp. *Raphidiopsis* sp. *Anabaena* sp., *Dolichospermum* sp., *Geitlerinema splendidum*, *Cephalothrix lacustris* e uma cianobactéria não identificada denominada Morfoespécie 1. Estes táxons identificados possuem alto potencial para produção de cianotoxinas, sendo necessário estudos de controle e monitoramento destes organismos.

Em um estudo realizado na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Macapá que investigou a presença de fitoplâncton no local, observou-se a presença de 86 táxons, sendo eles divididos entre Bacillariophyta (15), Cyanophyta (18), Chlorophyta (10), Charophyta (10), Dinophyta (1), Euglenophyta,(1) e Rhodophyta (1). Os dois grupos mais abundantes do fitoplâncton local foram Bacillariophyta (diatomáceas) e Cyanophyta (cianobactérias), de forma que durante todo o período de estudo o grupo das diatomáceas foi o de maior abundância, exceto em julho e agosto, período em que as cianobactérias foram dominantes. Tratando especificamente das cyanófitas, as espécies de cianobactérias encontradas durante os dois anos de monitoramento foram: *Alkalinema pantanalense*, *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp., *Borzia brevis*, *Cephalothrix* sp., *Dolichospermum planctonicum*, *Dolichospermum* sp., *Geitlerinema splendidum*, *Komvophoron* sp., *Leptolyngbya* sp., *Limnothrix planctonica*, *Merismopedia* sp., *Pseudanabaena* sp., *Raphidiopsis mediterranea*, *Phormidium* sp. e *Scytolyngbya* sp., *Stigonema* sp. A espécie de maior abundância foi *Limnothrix planctonica*, seguida também por *Aulacoseira granulata*. Essas duas espécies estiveram presentes em 100% das amostras (Cavalcante *et al.*, 2021).

Por outro lado, foram identificadas 17 táxons de cianobactérias nos pontos de coleta dentro da área de proteção ambiental do Rio Curiaú. Estas 17 taxas foram divididas em 4 ordens taxonômicas, sendo eles Chroococcales. Nostocales, Synechococcales e, em maioria, Oscillatoriales. A ordem das Oscillatoriales abrangeu 41,18% de dominância com 7 espécies encontradas em quatro gêneros: *Arthrospira* spp., *Oscillatoria* spp., *Kamptonema* spp. e *Phormidium* spp. A ordem Nostocales abrangeu dois gêneros, *Dolichospermum* spp. e *Stigonema* spp (Barros *et al.*, 2021).



### **3 PROBLEMA**

Qual a composição e riqueza de cianobactérias presentes em corpos d'água urbanos do município de Macapá?

### **4 HIPÓTESES**

Devido à elevada temperatura média, alta incidência solar e características físico-químicas dos corpos d'água de Macapá, existe uma alta ocorrência de espécies de cianobactérias nesses ambientes aquáticos, especialmente das ordens Oscillatoriales e Nostocales.

### **5 OBJETIVOS**

#### **5.1 OBJETIVO GERAL**

Isolar e identificar cepas de cianobactérias presentes em corpos d'água urbanos do município de Macapá, Amapá.

#### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

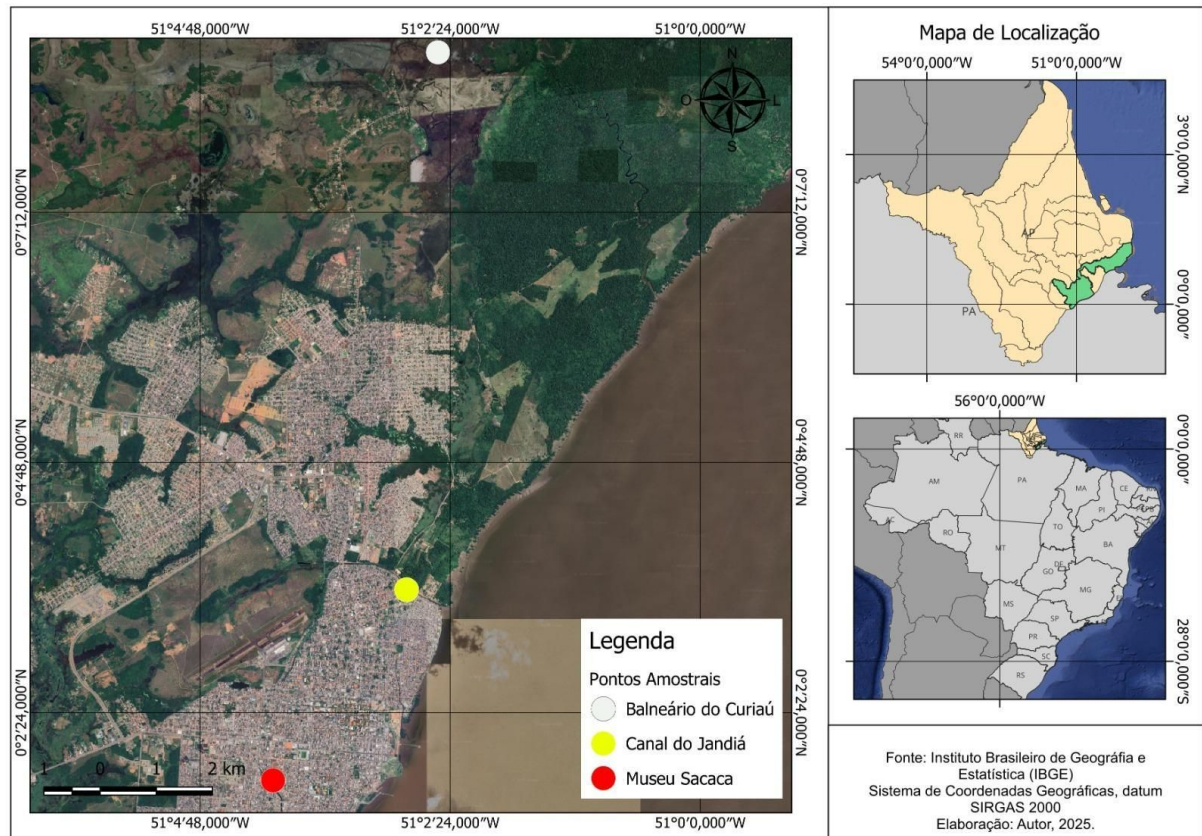
- Isolar e estabelecer o cultivo de cepas de cianobactérias provenientes de corpos d'água urbanos do município de Macapá.
- Identificar a composição taxonômica das cianobactérias presentes em corpos d'água urbanos do município de Macapá, por meio de análises morfológicas e taxonômicas.
- Analisar a influência de variáveis limnológicas como pH, temperatura e transparência, relacionando-os com a composição e riqueza de cianobactérias presente nos corpos d'água urbanos do município de Macapá.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 ÁREA DE ESTUDO

Foram realizadas coletas em 3 pontos na área urbana de Macapá, sendo eles: i) Balneário do Curiaú; ii) Canal do Jandiá e iii) Museu Sacaca. Os três pontos podem ser observados na Figura 1.

Figura 1– Mapa de localização dos pontos de coleta de dezembro de 2024.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Curiaú configura-se como um importante território de preservação ambiental e sociocultural, abrigando ecossistemas típicos da Amazônia e comunidades tradicionais remanescentes de quilombos, cuja subsistência está diretamente vinculada aos recursos naturais locais (Brito; Bastos; Bastos, 2022). Sua relevância social se expressa na manutenção de modos de vida tradicionais, na valorização do patrimônio cultural e na promoção do uso sustentável dos recursos hídricos e terrestres. Nesse contexto, destaca-se a importância do rio Curiaú como elemento central para abastecimento, alimentação e atividades econômicas dessas populações, o que torna imprescindível a realização de estudos científicos voltados à caracterização da microbiologia (nesse caso, especificamente as cianobactérias) componente dos corpos d'água de uso destas comunidades. Essas investigações são fundamentais para o monitoramento da qualidade ambiental e

prevenção de riscos à saúde pública, assegurando a sustentabilidade ecológica e o bem-estar das comunidades locais.

O canal do Jandiá, situado na área urbana de Macapá, desempenha papel significativo na dinâmica socioeconômica local, ao influenciar atividades como produção comercial, mobilidade hídrica e ocupação urbana em seu entorno. Além disso, o canal integra o sistema de drenagem da cidade, contribuindo para o escoamento das águas pluviais, o que o torna essencial para a mitigação de alagamentos e para a qualidade de vida da população residente nas proximidades. Contudo, a intensa urbanização, associada ao lançamento de efluentes domésticos e resíduos sólidos, tem potencializado processos de degradação ambiental, comprometendo a qualidade da água (Cardoso *et al.*, 2015). Nesse contexto, torna-se imprescindível a realização de estudos científicos voltados à identificação e caracterização da composição de cianobactérias presentes no canal, uma vez que esses microrganismos podem atuar como indicadores de eutrofização e, em determinadas condições, produzir toxinas nocivas à saúde humana e à biota aquática.

O Museu Sacaca possui forte atuação para o desenvolvimento socioeconômico regional, ao fomentar o turismo, gerar oportunidades de trabalho e promover a conscientização da população acerca da importância da conservação dos recursos naturais. Nesse contexto. Diante disso, evidencia-se a necessidade de realização de estudos voltados à identificação e caracterização da composição de cianobactérias em seu corpo hídrico independente, uma vez que tais organismos podem atuar como bioindicadores da qualidade da água e, em alguns casos, produzir toxinas com implicações para a saúde pública e para a biodiversidade. Assim, a produção de conhecimento científico nesta área, aliada às ações educativas do Museu Sacaca, fortalece estratégias de monitoramento ambiental e contribui para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região amazônica.

## 6.2 AMOSTRAGEM

A amostragem do fitoplâncton ocorreu utilizando uma rede de plâncton com malha de 20 µm pela subsuperfície do corpo d'água. As amostras para inoculação em meios de cultivo e posterior isolamento foram acondicionadas em frascos de vidro estéreis logo após coleta, seguindo imediatamente para as dependências laboratoriais para iniciar o cultivo. Também no ato da coleta, foram realizadas as medições nos corpos d'água dos seguintes parâmetros ambientais: temperatura e pH com pHmêtro portátil (modelo Testo 206), e transparência da água com disco de Secchi.

As coletas ocorreram no dia 2 de dezembro de 2024, período de transição entre o inverno e o verão Amazônico (Vilhena, Silva e Freitas, 2018). Este período foi escolhido para possibilitar o isolamento de espécies mais encontradas tanto no período chuvoso quanto no período menos chuvoso da região, oportunizando a captura de uma maior gama de espécies.

### 6.3 ISOLAMENTO

Após a realização das coletas, as amostras brutas foram para o laboratório para inoculação, onde foram mantidas em um ambiente com temperatura permanente de 23°C, iluminação ininterrupta e inserção esporádica de meio de cultivo. Após algumas semanas de inoculação das amostras coletadas, foi possível observar o crescimento de populações de cianobactérias e outros grupos do fitoplâncton, exigindo então o trabalho de isolamento dos espécimes de interesse. A etapa de isolamento é o processo que demanda mais tempo para ser finalizado, sendo realizado continuamente até a finalização do projeto. Para esta etapa, foram utilizadas as técnicas de pescaria e de plaqueamento sucessivo (Lourenço, 2006).

A pescaria consiste em um processo delicado de transferência de um único indivíduo que se encontra entre vários outros através da retirada com uma pipeta Pasteur, transferindo-o de gota a gota sobre uma lâmina observada ao microscópio até que reste um organismo, o qual irá para tubo de ensaio e irá crescer (Jacinavicius *et al.*, 2013; Lourenço, 2006).

O plaqueamento sucessivo consiste no esgotamento de uma amostra líquida sobre uma placa de Petri com meio de cultivo sólido em estrias paralelas, podendo obter colônias de espécies de microrganismos, nesse caso cianobactérias, após algum período (Jacinavicius *et al.*, 2013; Lourenço, 2006).

### 6.4 CULTIVO

A amostra de cada ponto de coleta foi inserida em três meios de cultivo diferentes: BG11, BG11-0 (Jacinavicius *et al.*, 2013) e o Meio Alternativo (Lourenço, 2006). O meio BG11 é o meio de cultivo mais utilizado para o cultivo de cianobactérias em geral (Rippka *et al.*, 1979) e sua composição está demonstrada na Tabela 1. O BG11-0 possui a mesma composição do meio BG11, com a remoção do nitrogênio ( $\text{NaNO}_3$ ), este meio é amplamente utilizado na busca por cianobactérias heterocitadas (Rippka *et al.*, 1979).

Tabela 1– tabela de composição do BG11.

NUTRIENTES - Soluções Estoque	Quantidade (g)
EDTA (C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	0,1000
Citrato férrico amoniacal (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> x Fe <sup>3+</sup> + yNH <sub>3</sub> )	0,6000
Solução de metais traços *	(*)
Nitrato de Sódio (NaNO <sub>3</sub> )	150,0000
Fosfato ácido dipotássio trihidratado (K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> + 3H <sub>2</sub> O)	4,0000
Sulfato de magnésio heptahidratado (MgSO <sub>4</sub> + 7H <sub>2</sub> O)	7,5000
Cloreto de cálcio dihidratado (CaCl <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O)	3,6000
Carbonato de sódio (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	2,0000
Ácido cítrico (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> O)	0,6000

Tabela 2. Composição dos metais traços (\*)

Soluções Estoque	Quantidade (g)
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,8600
MnCl <sub>2</sub> + 4H <sub>2</sub> O	1,8100
ZnSO <sub>4</sub> + 7H <sub>2</sub> O	0,2220
NaMoO <sub>4</sub>	0,3900
CuSO <sub>4</sub> + 5H <sub>2</sub> O	0,0790
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + 6H <sub>2</sub> O	0,0494

Fonte: adaptado de Jacinavicius (2012).

Por fim, o Meio Alternativo foi selecionado como uma possível fonte de nutrientes mais econômica para a realização de pesquisas, pois consiste unicamente na água do ambiente aquático autoclavada, possibilitando a manutenção dos nutrientes presentes no corpo d'água sem a presença de potenciais predadores (Lourenço, 2006). Os cultivos foram mantidos em iluminação constante de 24h/dia, com temperatura controladas entre 23°C e 24°C e baixa periodicidade de inserção de meio de cultivo.

## 6.5 CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

Para identificação das amostras, foi realizada a caracterização das cianobactérias com aquisição de imagens pelo microscópio invertido Axiovert A1 da Zeiss e medição de no mínimo 10 unidades de: 1) comprimento e largura das células; 2) comprimento total para as espécies filamentosas; 3) diâmetro das colônias para espécies cocóides. As análises morfométricas foram realizadas no laboratório de Química, Saneamento e Modelagem Ambiental (LABQSAMB) da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP.

As informações morfométricas das espécies foram organizadas em planilhas no Excel para obtenção dos valores médios das espécies. Fizemos também registros fotográficos de características especiais de cada espécie, como a presença de células específicas, o padrão de

crescimento das amostras, a forma de reprodução apresentada nas espécies, entre outros. Após essas observações, os táxons foram identificados por consulta à bibliografia especializada: Komárek; Anagnostidis, 1999; Komárek; Anagnostidis, 2005; Komárek, 2013; Sant'Anna *et al.*, 2006; 2012; Lamparelli *et al.*, 2014; Malone *et al.*, 2015 e Vaz *et al.*, 2015. Após a identificação, foi realizada a confirmação do status atual do nome científico na base de dados Algaebase (Guiry; Guiry, 2025).

## 6.6 DEPÓSITO DAS AMOSTRAS NO HERBÁRIO AMAPAENSE

As amostras que foram isoladas, caracterizadas e identificadas, foram depositadas na coleção líquida do setor de Cianobactérias e Microalgas do herbário Amapaense (HAMAB), que está localizado no Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA) sob os números de acesso 20723 a 20729. . As cepas foram fixadas com solução de *transeau* na proporção 1:1. Este processo ocasionará em uma contribuição para o aumento do acervo de microalgas do estado do Amapá.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível obter resultados significativos com este trabalho de pesquisa. Observou-se um número considerável de espécies isoladas para cada ponto de coleta, incluindo espécies com caráter inédito para a região. Também foi possível correlacionar os resultados dos parâmetros ambientais analisados com a literatura de apoio e estimar conclusões assertivas acerca da relação entre o ambiente e as espécies que o compõem, como podemos observar à seguir.

### 7.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS

Os resultados obtidos para os parâmetros temperatura, pH e transparência podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2– Parâmetros ambientais dos pontos de coleta de dezembro de 2024.

Parâmetros Ambientais	APA do Curiaú	Canal do Jandiá	Museu Sacaca
Temperatura	27,7°C	27,9°C	27,9°C
pH	6,6	6,8	6,3
Transparência	25 cm	20 cm	56 cm

Fonte: Autoria própria (2025).

Os valores de temperatura variaram entre 27,7 e 27,9 °C, apresentando baixo valor de amplitude (0,2 °C). A média foi de  $27,83 \pm 0,12$  °C, indicando pouca variação térmica entre os pontos de coleta e relativa homogeneidade desse parâmetro para os pontos analisados. Barros *et al.* (2021) explica que ambientes de água doce costumam apresentar valores em uma faixa entre 15°C - 30°C, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

O pH variou de 6,3 a 6,8, com amplitude de 0,5 unidades, com uma média de  $6,57 \pm 0,25$ , demonstrando leve variação entre os pontos, mantendo-se em uma faixa levemente ácida. Para Panosso *et al.* (2007), valores de pH entre 6 e 8 são favoráveis à florações de cianobactérias em águas continentais, evidenciando a necessidade de monitorar ambientes que seguem o mesmo padrão.

A transparência foi o parâmetro com maior variação de valores. Isso pode ter influência de condições como: a carga de matéria orgânica depositada nos corpos hídricos, que atua como rica fonte de nutrientes; a força de revolvimento das águas (que é diretamente influenciada pela mudança das marés) e os valores dos fatores físico-químicos (Jardim *et al.*,

2014). O ponto com maior transparência foi o do Museu Sacaca, o que possivelmente pode ser explicado graças ao baixo revolvimento da água e alta deposição de material particulado, pois se trata de um corpo d'água com pouca ou nenhuma correnteza constante.

## 7.2 ISOLAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

Ao longo da execução deste trabalho, as amostras foram separadas em nove cepas que posteriormente foram identificadas e classificadas em sete táxons de cianobactérias, pertencentes a quatro ordens taxonômicas, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 3– Tabela de classificação das cianobactérias identificadas.

Ordem	Família	Espécie	Ponto de Coleta
Chroococcales	Microcystaceae	1. <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	1. Canal do Jandiá
		2. <i>Microcystis panniformis</i>	2. Canal do Jandiá e Museu Sacaca
Geitlerinematales	Geitlerinemataceae	1. <i>Geitlerinema splendidum</i>	1. Museu sacaca
Nostocales	Rivulariaceae	1. <i>Microchaete</i> sp.	1. Balneário do Curiaú
	Calotrichaceae	2. <i>Dulcicalothrix alborzica</i>	2. Museu Sacaca
	Nostocaceae	3. <i>Nostoc</i> sp.	3. Canal do Jandiá
Oscillatoriales	Aerosakkonemataceae	1. <i>Cephalothrix lacustris</i>	1. Canal do Jandiá

Fonte: Adaptado de Algaebase (2025); Strunecky (2023). (2025).

Das espécies isoladas, três são os primeiros registros para a cidade de Macapá: *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Microchaete* sp. e *Dulcicalothrix alborzica*.

Das sete espécies identificadas, quatro delas foram encontradas no Canal do Jandiá, enquanto 3 foram encontradas no Museu Sacaca e apenas uma no Balneário do Curiaú. Em seguida será apresentada a caracterização e discussão da literatura acerca de cada táxon encontrado neste estudo.

### 7.2.1 *Coelosphaerium kuetzingianum*

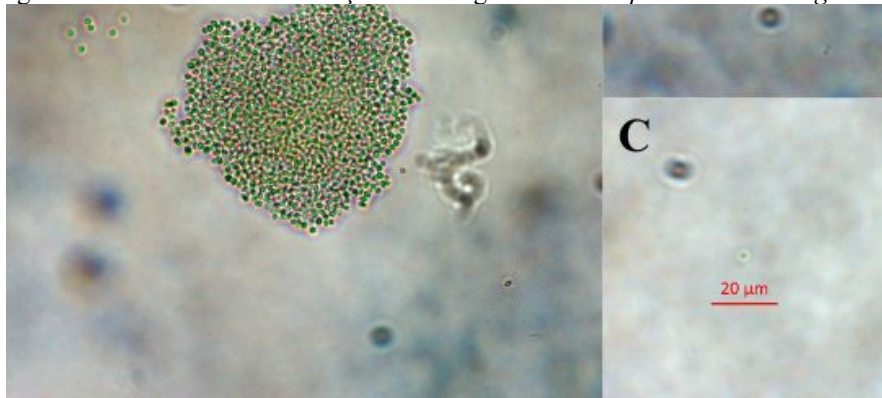
Código de depósito: HAMAB 20725

Ponto de coleta: Canal do Jandiá

Cianobactéria cocóide com formação de colônias em poucas camadas. As colônias possuem formato aproximadamente esférico com diâmetro médio de 60,5 µm e/ou dispersas

no meio, com presença de mucilagem incolor e estreita próxima às células. As células são quase esféricas e aproximadamente isodiamétricas (1,7  $\mu\text{m}$  - 1,8  $\mu\text{m}$ ) sem aerótopos ou vesículas gasosas (vide Figura 2).

Figura 2– Prancha de caracterização morfológica da *Coelosphaerium kuetzingianum*.



O gênero *Coelosphaerium* é cosmopolita, e possui potencial de produção de cianotoxinas nocivas à vida humana (Shoptaugh; Schantz, 2020). No estudo de Martins, Branco e Werner (2012) realizado no sul do país, os autores visaram isolar e identificar cepas de cianobactérias cocóides em corpos d'água doce, e identificaram a presença da *C. kuetzingianum* e a definiram como de natureza cosmopolita com frequência ainda maior em zonas tropicais.

Por outro lado, Chellappa, Câmara e Rocha (2009) realizaram um estudo de caracterização do fitoplâncton de corpos d'água próximos à Estação de Tratamento de Água do Rio Grande do Norte e concluíram que o táxon *Coelosphaerium* está entre os com maior prevalência, tanto no período seco quanto no período mais chuvoso da região, evidenciando uma alta adaptabilidade do táxon.

Quanto à região norte, Lima *et al.* (2023) realizaram um estudo na zona urbana de Altamira no Pará acerca da biodiversidade de táxons da família de cianobactérias Myrocystaceae. As coletas ocorreram no Rio Xingú e como resultado os autores identificaram a presença de *Coelosphaerium kuetzingianum*. Em suas conclusões os autores corroboram a afirmação de que o gênero *Coelosphaerium* é potencialmente produtor de florações tóxicas, sendo um táxon que oferece risco sanitário.

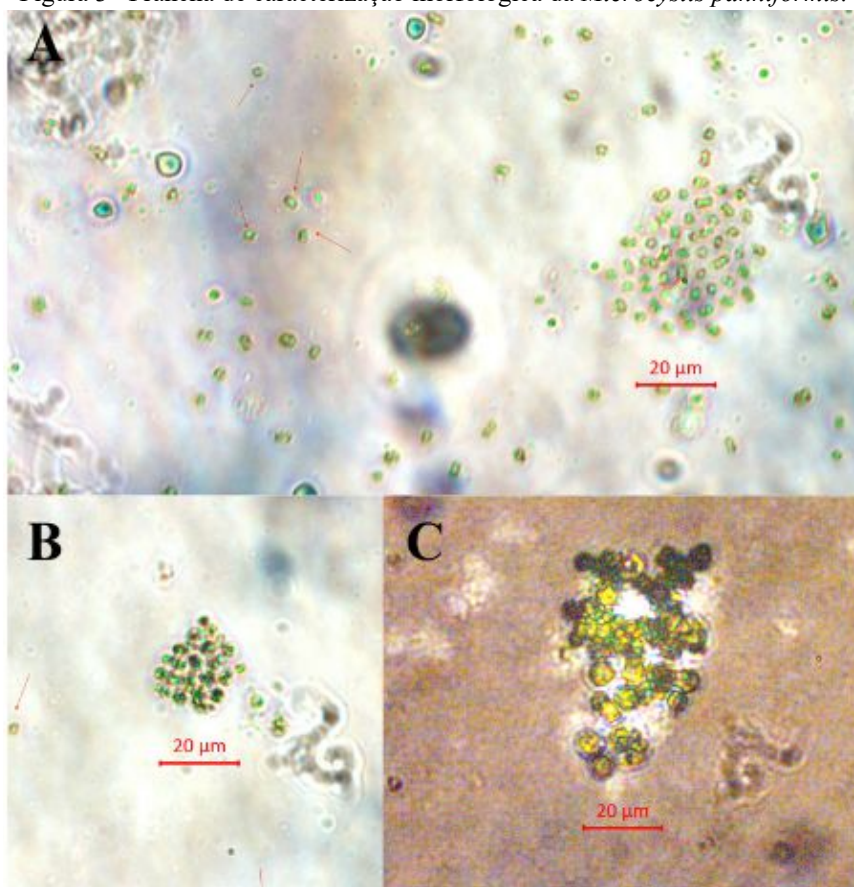
### 7.2.2 *Microcystis panniformis*

Código de depósito: HAMAB 20727

Ponto de coleta: Museu Sacaca e Canal do Jandiá

Cianobactéria cocóide com formação de colônias com arranjo celular denso e diâmetro médio de 29,8  $\mu\text{m}$  (10,3 - 47,2  $\mu\text{m}$ ) podendo alcançar tamanhos maiores. Células  $\pm$  esféricas com média de 4,4  $\mu\text{m}$  de diâmetro, com presença de aerótopos. Apresenta mucilagem estreita, difluente, incolor e inconspícua. Em cultivo é possível observar a olho nu uma pluma densa de cor verde esmeralda na superfície dos recipientes. No início do cultivo aparece sempre em colônias densamente organizadas, enquanto em cultivos mais antigos apresenta comportamento difluente, com células soltas no cultivo. Na Figura 3 pode ser observado seu comportamento com células soltas (A) e em colônia (B, C).

Figura 3– Prancha de caracterização morfológica da *Microcystis panniformis*.



*Microcystis panniformis* já foi registrada em corpos d'água brasileiros anteriormente, como demonstrado à seguir. Em um trabalho realizado em 2015, foi identificada a presença desta espécie ao longo de seis meses de coleta no reservatório Mundaú, um ecossistema semiárido do Nordeste brasileiro (Moura *et al.*, 2015). Evidenciou-se a possível ocorrência da espécie tanto em ambientes eutróficos quanto hipertróficos, graças a sua natureza adaptativa às condições do ambiente em que está inserida (Soares *et al.*, 2013). Este gênero de cianobactéria é reconhecidamente um potencial produtor de cianotoxinas (Bittencourt-Oliveira *et al.*, 2005; de Carvalho *et al.*, 2008) capaz de afetar o meio natural e social de

forma negativa, evidenciando a necessidade de investigação acerca de seus efeitos no meio em que está inserido.

Na Região Norte, *M. panniformis* já foi isolada no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Samuel em Rondônia (Nascimento, 2021), onde identificou-se uma correlação direta entre a disponibilidade de ferro no ambiente e a produção da cianotoxina Microcistina-LR pela espécie *M. panniformis*, indicando que o ferro pode atuar no processo de síntese de microcistina.

Para o estado do Amapá, em 2012 ocorreu a identificação inédita de *Microcystis aeruginosa* em um estudo da biodiversidade do fitoplâncton na zona estuarina do Rio Amazonas (Silveira Júnior, 2012), enquanto, em 2025, aferiu-se a ocorrência de *M. aeruginosa* no tecido de peixes de viveiros em Macapá (Barbosa, 2015), e em 2018 registrou-se a presença deste gênero na Lagoa dos Índios, na capital Macapá, em um estudo realizado acerca da composição fitoplanctônica deste corpo d'água (Furtado, 2018). Entretanto, o registro da espécie *M. panniformis* se mostra inédito para os corpos d'água do Amapá até o presente momento.

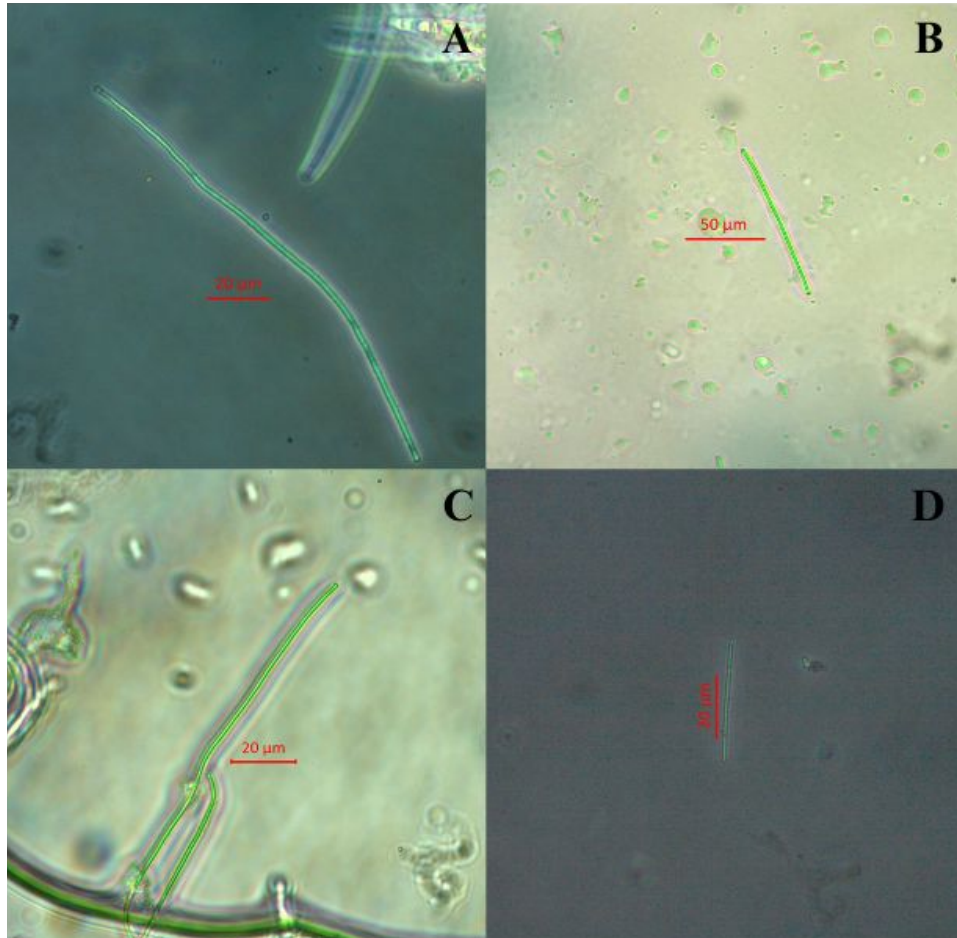
### 7.2.3 *Geitlerinema splendidum*

Código de depósito: HAMAB 20724

Ponto de coleta: Museu Sacaca

Cianobactéria filamentosa, flexuosa, homocitada, com movimento deslizante. Seus tricomas são finos com largura média de 1,08  $\mu\text{m}$  (0,8 - 1,7  $\mu\text{m}$ ), sem constrição e sem ramificações. A célula apical de *G. splendidum* é característica, sendo um dos principais caracteres distintivos para a identificação da espécie: é tipicamente alongada, curva e capitada (Komárek; Anagnostidis, 2005). A espécie pode ser visualizada na Figura 4 (A e B).

Figura 4– Prancha de caracterização morfológica de *Geitlerinema splendidum*.



*Geitlerinema splendidum* é amplamente estudada por seu forte potencial de dispersão e produção de cianotoxinas. Cepas de *G. splendidum* isoladas em reservatórios de São Paulo foram testadas quanto à produção de cianotoxinas, tendo os testes com camundongos revelado efeitos tóxicos em todas as cobaias, comprovando o potencial tóxico da espécie (Rangel *et al.*, 2014). No nordeste brasileiro também foi detectada pela primeira vez a produção de saxitoxinas por espécies do gênero *Geitlerinema* (Borges *et al.*, 2015).

Na Região Norte, Oliveira *et al.* (2019b) identificou a presença de *G. splendidum* no Rio Amazonas no ponto de captação de água da cidade de Macapá, quando também identificou a presença da cianotoxina microcistina. Esta espécie foi registrada novamente em 2020 por Cavalcante *et al.* (2021) no mesmo ponto de coleta do estudo anteriormente mencionado. Segundo Komárek; Johansen (2015), *Geitlerinema splendidum* é a espécie mais comum no perifiton de águas oligotróficas a mesotróficas na região temperada da América do Norte. É importante mencionar que o corpo d'água do Museu Sacaca tem característica lântica e apresenta várias plantas nas margens e muitos animais como tartarugas, criando um local ideal para espécies perifíticas.

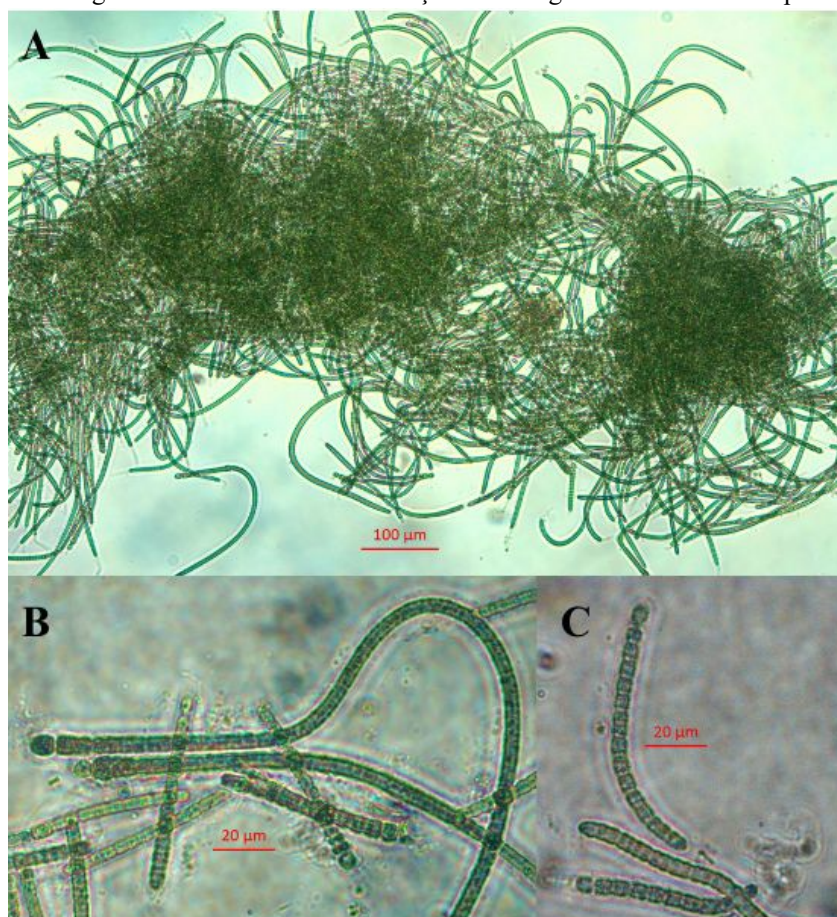
#### 7.2.4 *Microchaete* sp.

Código de depósito: HAMAB 20726

Ponto de coleta: Balneário do Curiaú

Cianobactéria filamentosa, heterocitada com formação de colônias emaranhadas e presença de envelope mucilaginoso ultrapassando o tamanho do tricoma. Tricomas com constrição demarcada, com comprimento total médio de 70,2  $\mu\text{m}$ . São flexuosas, sem ramificação, levemente mais largas perto do heterocito e atenuam discretamente na extremidade oposta. Apresentam aerótopos e heterocitos apicais, que raramente são acompanhados por um acineto. Células mais ou menos quadráticas (5,1 - 4,4  $\mu\text{m}$ ) levemente mais longas que largas, como pode ser observado a seguir na Figura 5 (A, B, C).

Figura 5– Prancha de caracterização morfológica da *Microchaete* sp.



A cianobactéria isolada no Deck do Curiaú possui grande similaridade morfológica à cepa *Microchaete* sp. *type* 2 isolada a partir de uma amostra de musgo coletada na casca de uma árvore na Floresta Amazônica no Peru, identificada nos estudos de Carbajal (2018). Segundo este autor, esse grupo contém várias espécies que necessitam de análise molecular e novo enquadramento, especialmente as espécies de água doce, como a encontrada neste

estudo. Segundo Komárek (2013), as *Microchaete* sp. de água doce deveriam pertencer, na verdade, a outro gênero (*Coelospermum*) devido às suas características peculiares.

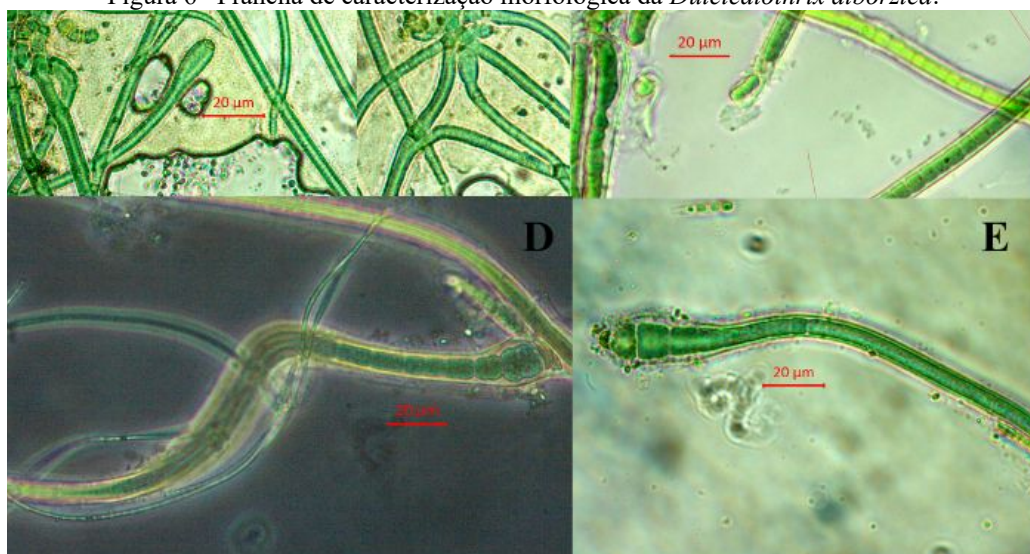
### 7.2.5 *Dulcicalothrix alborzica*

Código de depósito: HAMAB 20723

Ponto de coleta: Museu Sacaca

Cianobactéria filamentosa heterocitada que forma colônias emaranhadas. Os filamentos apresentam ramificação falsa facultativa com crescimento paralelo ao filamento principal. Tricomas são envoltos por envelope mucilaginoso firme e conspícuo, que pode ser amplo ou estreito. Os tricomas são heteropolares com célula apical maior ( $\pm 10 \mu\text{m}$  de largura por  $\pm 12 \mu\text{m}$  de comprimento) do que o restante do filamento, afinando em direção à extremidade oposta. Detalhes das estruturas de *Dulcicalothrix alborzica* podem ser observados na Figura 6 (A, B, C, D, E).

Figura 6 – Prancha de caracterização morfológica da *Dulcicalothrix alborzica*.



O gênero *Dulcicalothrix* foi descrito há pouco tempo por Saraf *et al.* (2019), tendo cinco espécies até o momento (Saraf *et al.*, 2024). Ele passou a abranger espécies de cianobactérias de água doce com característica possivelmente oligotrófica ou solas, com morfologia semelhante à do gênero *Calothrix*, porém sem presença de “pelo terminal” (Saraf *et al.*, 2019). Este táxon vem sendo estudado de forma abrangente por pesquisadores que

visam encontrar microrganismos com potencial de substituir componentes químicos nas mais diversas áreas.

A espécie *D. alborzica*, encontrada no Museu Sacaca, foi descrita em 2021 a partir de amostras das Montanhas Alborz no Irã (Nowruzi; Shalygin, 2021). Desde então, novas pesquisas mostram o potencial dessa espécie: ela já foi utilizada para tratamento e remoção de metais traço de corpos d'água (Seifi, Nowruzi e Bagheri, 2024) e também foi avaliada quanto ao seu potencial de produção de nanopartículas de prata (AgNPs), obtendo sucesso nos três métodos testados (Nowruzi; Beyranvand, 2024).

No Brasil, estudos acerca de *Dulcicalothrix alborzica* ainda se encontram em estágio inicial. Existem, até o presente momento, registros de isolamento e identificação deste táxon no Rio Grande do Sul, onde Webber (2022) realizou estudos de caracterização das biocrostras de áreas em processo de arenização, identificando sua composição microbiológica. Neste trabalho, o autor identificou a presença de *Dulcicalothrix* sp. na composição de todas as amostras de biocrosta coletadas. Já no Nordeste do Brasil, em Pernambuco, Paulino *et al.* (2025) analisou biofilmes presentes nas estruturas de monumentos históricos em PE e constatou a presença de uma ampla variedade de espécies de cianobactérias nos diferentes pontos de coleta, onde *Dulcicalothrix* esteve presente na grande maioria das amostras demonstrando a boa adaptação deste táxon a diversos ambientes.

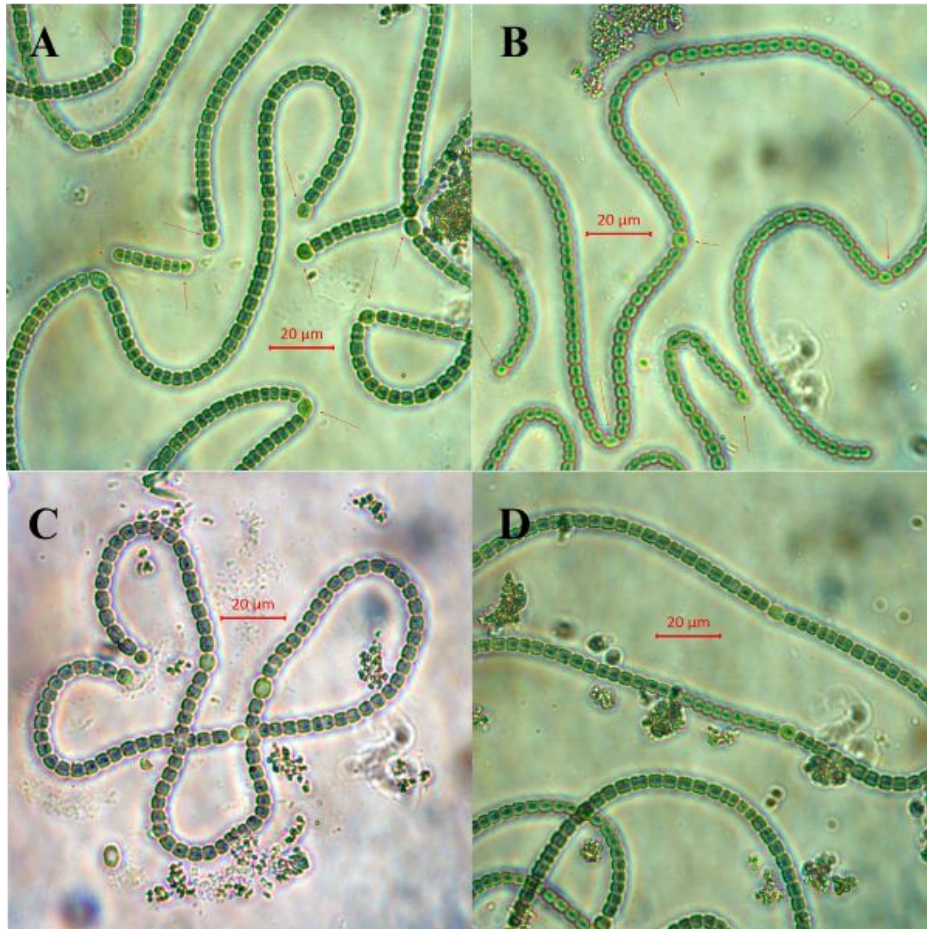
#### 7.2.6 *Nostoc* sp.

Código de depósito: HAMAB 20729

Ponto de coleta: Canal do Jandiá

Cianobactéria filamentosa heterocitada, isopolar, flexuosa e curva. Filamentos longos sem mucilagem ou com mucilagem fina, inconspícua e incolor. Células aproximadamente quadráticas (4,02 - 4,29  $\mu\text{m}$ ) ou em formato de barril, com constrição. Heterocitos basais e intercalados ao longo do tricoma, sempre solitários. Acinetos não visualizados. Observa-se, a seguir, na Figura 7.

Figura 7– Prancha de caracterização morfológica da *Nostoc* sp.



O gênero *Nostoc* possui significativo destaque entre os gêneros de cianobactérias com potencial industrial para cosméticos, pois demonstra potenciais efeitos fotoprotetores, antioxidantes e hidratantes (Ramos; Espinosa, 2023). Por outro lado, estudos demonstram que este gênero tem a capacidade de estabelecer relações simbióticas com plantas utilizadas em larga escala da agricultura, sendo uma fonte direta de nitrogênio enquanto se alimenta do carbono liberado pelas plantas (Pallarés, 2024).

Em outra perspectiva, estudos apontam o gênero *Nostoc* como um dos mais consumidos pelas populações asiáticas de séculos atrás, da mesma forma que a *Spirulina* fazia parte da dieta de povos africanos (Fornazari; Strassburg; Bariccatti, 2024), evidenciando também, o potencial alimentício deste gênero.

Espécies de *Nostoc* sp. também já foram isoladas a partir de amostras do Rio Amazonas, demonstrando a influência deste rio no Canal do Jandiá (Oliveira *et al.*, 2019a).

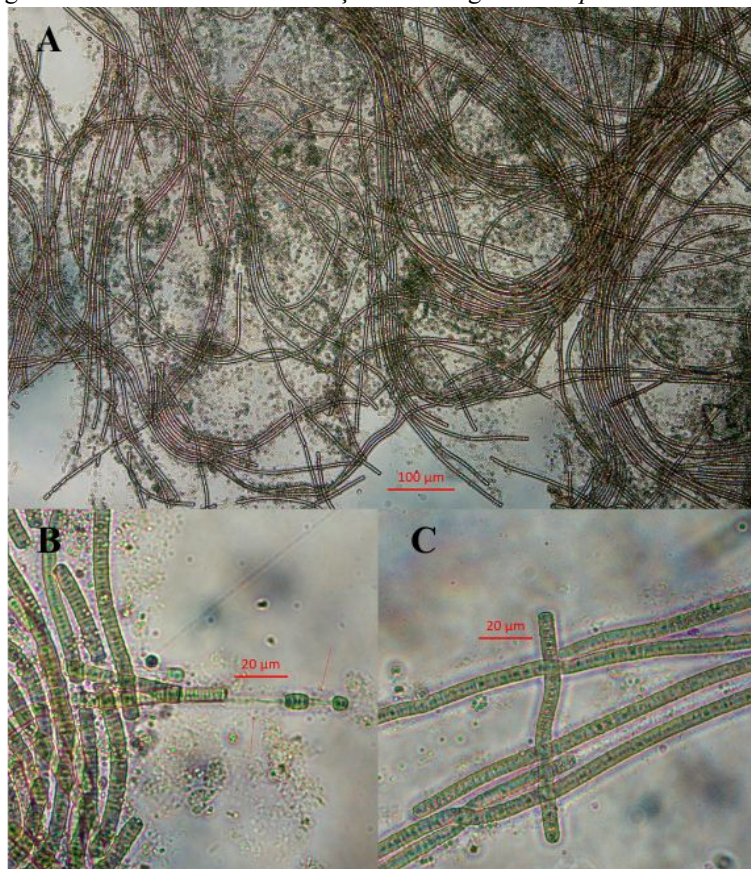
### 7.2.7 *Cephalothrix lacustris*

Código de depósito: HAMAB 20728

Ponto de coleta: Canal do Jandiá

Cianobactéria filamentosa sem ramificação, com tricomas comumente retos ou levemente curvos. Apresenta envelope mucilaginoso facultativo, que quando presente, é estreito, firme e conspícuo. Células mais largas do que longas, com largura média de  $5,3 \mu\text{m}$  ( $4,4 - 6,1 \mu\text{m}$ ) e comprimento médio de  $2,5 \mu\text{m}$  ( $1,4 - 4,4 \mu\text{m}$ ), geralmente com tamanho similar ao longo do filamento. Apresentam aerótopos facultativos, e células apicais arredondadas e achatadas com possível formação de caliptra. A reprodução ocorre por necrídeos que podem ter formato bicôncavo, apresentando formação de hormogônios, como visto na Figura 8 (A, B, C).

Figura 8– Prancha de caracterização morfológica da *Cephalothrix lacustris*.



A espécie *Cephalothrix lacustris* já foi identificada em Macapá anteriormente, mais especificamente no rio Amazonas, em dois estudos realizados no ponto de captação de água para abastecimento urbano da cidade (Oliveira *et al.*, 2019a, 2019b). A ocorrência desta espécie em corpos d'água como o Canal do Jandiá pode ser explicada por conta da influência exercida pelo Rio Amazonas que entra em contato direto com o Canal, demonstrando a força de invasão exercida pela pluma do Amazonas em suas zonas de contato

Estudos mais recentes visam investigar o potencial farmacêutico do gênero *Cephalothrix*. Até o presente momento, evidenciou-se o potencial para extração de

metabólitos com atividade anti-inflamatória significativa (Mathanmohun *et al.*, 2025).

## 8 CONCLUSÕES FINAIS

Considerando os resultados apresentados, observa-se que o estudo da diversidade de cianobactérias em corpos d'água de Macapá conta com registros inéditos e também registros de espécies que podem contribuir para a elucidação da revisão taxonômica para alguns gêneros, como *Dulcicalothrix alborzica*. e *Microchaete* sp. A ocorrência dessas espécies, assim como de *Microcystis panniformis*, evidencia a relevância de investigações contínuas, não apenas no campo da morfologia, mas também em caráter molecular.

Estudos como este ajudam a compreender melhor a diversidade genética, detectar possíveis novas espécies, investigar o potencial de bioprospecção das espécies isoladas (especialmente daquelas de caráter inédito) e, especialmente, avaliar o risco toxicológico que algumas dessas espécies podem gerar ao meio ambiente e à sociedade.

Conclui-se, também, que os resultados obtidos com este trabalho evidenciam conexão direta com os objetivos de um profissional das Ciências Ambientais, pois as cianobactérias demonstram potencial de melhorar a qualidade de vida humana, fornecer novas alternativas econômicas mais sustentáveis e auxiliam no regulamento e restauração do meio ambiente em que estão inseridas.

Dessa maneira, recomenda-se fortemente a realização de pesquisas futuras que integrem análises moleculares e estudos ecológicos, ampliando o conhecimento sobre a microbiologia aquática regional e fornecendo subsídios para o monitoramento e a gestão ambiental dos ecossistemas amazônicos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Gabryelle Furtado de. **Determinação do perfil de ácidos graxos produzidos por microalgas e cianobactérias da região Amazônica, Macapá-AP**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2017.
- BARBOSA, Paula Jardim de Lima. **Avaliação da toxicidade de cianobactérias na água e da presença de microcistinas nos tecidos de peixes de viveiros em Macapá (AP)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2015.
- BARROS, Ademir da Silva. **Identificação de cianobactérias de um ecossistema aquático da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Curiaú, Amapá, Amazônia, Brasil**. 2018. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2018.
- BERNARDES, B.S.; SANHUDO, D.G.F.; SPONCHIADO, M.; SCAGLIONI, T.P.; FERMINO, F.S. **COLIFORMES FECAIS E CIANOBACTÉRIAS COMO INDICADORES DE BALNEABILIDADE**. In: XIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2022, Teresina. DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.13.22.VIII-016>.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; KUJBIDA, P.; CARDOZO, K. H. M.; CARVALHO, V. M.; MOURA, A. N.; COLEPICOLA, P.; PINTO, E. A novel rhythm of microcystin biosynthesis is described in the cyanobacterium *Microcystis panniformis* Komárek et al. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v. 326, n. 3, p. 687-694, 2005.
- BORGES, H. L. F.; BRANCO, L. H. Z.; MARTINS, M. D.; LIMA, C. S.; BARBOSA, P. T.; LIRA, G. A. S. T.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. J. R. Cyanotoxin production and phylogeny of benthic cyanobacterial strains isolated from the northeast of Brazil. **Harmful Algae**. v. 43, p. 46-57, 2015.
- BRITO, D.M.C.; BASTOS, A.B.; BASTOS, C.M.C.B. **ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ EM MACAPÁ/AP: TERRITÓRIOS DE RESISTÊNCIA E A LEGALIZAÇÃO DE ÁREAS**. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 40, p. e64988, 2022.
- CARBAJAL, Leonardo Humberto Mendoza. **New insights in the morphology and phylogeny of heterocytous cyanobacteria from Peru, including the description of new taxa**. 2018. Dissertação - Faculty of Sciences, University of South Bohemia in České Budějovice Faculty of Sciences, 2018.
- CARDOSO, M.A.; MOTA, P.D.M.; SILVA, L.C.; MONTEIRO, S.C.; FERREIRA, J.F.C. O DESPEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NAS OCUPAÇÕES IRREGULARES NO CANAL DO JANDIÁ (MACAPÁ-AP). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Macapá, v. 03, n. 19, pp. 149-161, 2015.
- CAVALCANTE, E. C.; FAUSTINO, S. M. M.; SILVA, L. M. A.; CUNHA, A. C.; OLIVEIRA, E. D. C. Monitoramento do fitoplâncton na água bruta da ETA Macapá e inferências sobre a covid-19. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Macapá, v.12, n.3, p.664-678, 2021.

CHELLAPPA, N. T.; CÂMARA, F. R. A.; ROCHA, O. indicator of water quality in the Armando Ribeiro Gonçalves Reservoir and Pataxó Channel, Rio Grande do Norte, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 69, n. 2, 2009.

DE CARVALHO, L. R.; PIPOLE, F.; WERNER, V. R.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; CAMARGO, A. C. M.; RANGEL, M.; KONNO, K.; SANT'ANNA, C. L. A toxic cyanobacterial bloom in an urban coastal lake, Rio Grande do Sul state, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**. v. 39, n. 4, 2008.

DO NASCIMENTO, E. L.; KOSCHEK, P. R.; DOS SANTOS, M. E. V.; PACHECO, A. B. F.; GOMES, A. M. A.; DE SOUZA, M. M.; BASTOS, W. R.; AZEVEDO, S. M. F. O. Influence of Iron on Physiological Parameters and Intracellular Microcystin in *Microcystis Panniformis* Strain Isolated from a Reservoir in the Amazon. **Current Microbiology**, v. 78, p. 2345–2354, 2021.

ESTEVEES, Francisco. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FALAISE, C.; FRANÇOIS, C.; TRAVERS, M-A.; MORGA, B.; HAURE, J.; TREMBLAY, R.; TURCOTTE, F.; PASETTO, P.; GASTINEAU, R.; HARDIVILLIER, Y.; LEIGNEL, V.; MOUGET, J-L. Antimicrobial Compounds from Eukaryotic Microalgae against Human Pathogens and Diseases in Aquaculture. **Marine Drugs**, v. 14, n. 159, 2016. doi:10.3390/md14090159.

Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

FORNAZARI, M.; STRASSBURG, S.A.; BARICCATTI, R.A. Microalgas na produção de biodiesel: uma revisão ao longo dos anos. **Revista Observatório de La Economia Latinoamericana**, v.22, n.11, p.01-19. 2024

FURTADO, Mayara Fabiana de Melo. **Potencial para bioindicação e bioprospecção em microalgas e cianobactérias na Lagoa dos Índios, Macapá, Amapá**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Macapá, 2018.

GUIMARÃES, Ariane. **Papel do Impacto do Clima na Distribuição de Cianobactérias em Ambientes Aquáticos Neotropicais de Água Doce**. 2021. Tese (Doutorado em Recursos Naturais do Cerrado) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2021.

GUIRY, M.D.; GUIRY, G.M. 2025. **AlgaeBase**. Publicação eletrônica mundial, Universidade de Galway. <https://www.algaebase.org>. Acesso em: 22 ago. 2025.

HASSAN, S.; MEENATCHI, R.; PACHILLU, K.; BANSAL, S.; BRINDANGNANAM, P.; AROCKIARAJ, J.; SEGHAL, K. G.; SELVIN, J. Identification and characterization of the novel bioactive compounds from microalgae and cyanobacteria for pharmaceutical and nutraceutical applications. **Journal of Basic Microbiology**, v. 62, n. 9, p. 999–1029, 2022.

JACINAVICIUS, F. R.; JÚNIOR, W. A. G.; AZEVEDO, M. T. P.; SANT'ANNA, C. L. **Manual para cultivo de cianobactérias**. São Paulo: 2013, 32 páginas.

JARDIM, F.A.; SPERLING, E.V.; JARDIM, B.F.M.; ALMEIDA, K.C.B. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n. 3, 2014.

KAMOGAE, Marcia; HIROOKA, Elisa Yoko. Microcistinas: risco de contaminação em águas eutróficas. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 5, p. 1189-1200, 2000.

KOMAREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota 1. Chroococcales**. [s.l.: s.n.] Springer Spektrum, 1999.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDS, K. Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. 2005. In: Büdel, B., Gärdner, G., Krienitz, L. & Schagerl, M. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, v. 19, n. 2. **Elsevier**, München, 1759 p.

KOMÁREK, J. Cyanoprokaryota. 3. Teil: Heterocytous Genera. 2013. In: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L. & Schagerl, M. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, v. 19, n. 3. **Springer Spektrum**, Berlin, Heidelberg, p. 1– 1131.

KOMÁREK, J.; JOHANSEN, J. R. Filamentous Cyanobacteria Chapter 4; **In Freshwater Algae of North America**, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-385876-4.00004-9>

LAGE, V.M.G.B.; DEEGAN, K.R.; SANTOS, G.F.; BARBOSA, C.J.; LIMA, S.T.C. Atividade biológica das microalgas em dermatófitos: Revisão. **Society and Development**. v. 11, n. 11, e126111133404, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33404>

LAMPARELLI, J.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; PIRES, D. A. **Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê**. 2014. CETESB, São Paulo, pp. 1–76.

LEITE, A.R.C; BIAGIONI, R.C.; SMITH, W.S. Diversidade de cianobactérias em mananciais da bacia do rio Sorocaba, com ênfase nas represas de Itupararanga e Ipaneminha, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/114600>.

LIMA, L. R.; DE SOUZA, D. A.; NUNES, D. S. **Coelosphaeriaceae, Cseudanabaenaceae e Cpirulinaceae do médio rio Xingu (zona urbana, Altamira, Pará, Brasil)**. In: Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, 2022, Altamira. Anais do III CoBICET. 2022. *Online*.

LOURENÇO, S.O. **Cultivo de Microalgas Marinhas: Princípios e Aplicações**. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2006. 588 p.

MALONE, C. S. F., RIGONATO, J., LAUGHINGHOUSE, H. D., SCHMIDT, É. C., BOUZON, Z. L., WILMOTTE, A., FIORE, M. F., & SANT'ANNA, C. L. (2015). *Cephalothrix* gen. nov. (Cyanobacteria): towards an intraspecific phylogenetic evaluation by multilocus analyses. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, 65(9), 2993–3007. <https://doi.org/10.1099/ij.s.0.000369>.

MARTINS, M. D.; BRANCO, L. H. Z.; WERNER, V. R. Cyanobacteria from coastal lagoons of Southern Brazil: coccoid organisms. **Brazilian Journal of Botany**. v. 35, n. 1, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042012000100005>.

Mathanmohun

MOURA, A. N.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; CHIA, M. A.; SEVERINO, J. S. Co-occurrence of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya & Subba Raju and *Microcystis panniformis* Komárek et al. in Mundaú reservoir, a semiarid Brazilian ecosystem. **Acta limnologica Brasiliensia**. v. 27, n. 3, 2015.

NOWRUZI, B.; BEYRANVAND, H. Studying the Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles Coated with Alginate Biosynthesized by *Dulcicalothrix alborzica*. **Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences**, v. 32, n. 8, 2024. <https://doi.org/10.18502/ssu.v32i8.16853>.

NOWRUZI, B.; SHALYGIN, S. Multiple phylogenies reveal a true taxonomic position of *Dulcicalothrix alborzica* sp. nov. (Nostocales, Cyanobacteria). **Fottea**, v. 21, n. 2, p. 235-246, 2021.

OLIVEIRA, C.S.P.; FONSECA, A.S.; DÍAZ, C.A.; SANTOS, W.P.. Reflexões sobre o desafio ambiental: níveis de eutrofização e floração de cianobactérias na Bacia Apodi-Mossoró. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 519–530, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0047.

OLIVEIRA, E. D. C.; DA CUNHA, A. C.; DA SILVA, N. B.; CASTELO-BRANCO, R.; MORAIS, J.; SCHNEIDER, M. P. C.; FAUSTINO, S. M. M.; RAMOS, V.; VASCONCELOS, V. Morphological and molecular characterization of cyanobacterial isolates from the mouth of the Amazon River. **Phytotaxa**, Macapá, v. 387, n. 4, p. 269–288, 2019a.

OLIVEIRA, E. D. C.; CASTELA-BRANCO, R.; SILVA, L.; SILVA, N.; AZEVEDO, J.; VASCONCELOS, V.; FAUSTINO, S.; CUNHA, A. First Detection of Microcystin-LR in the Amazon River at the Drinking Water Treatment Plant of the Municipality of Macapá, Brazil. **Toxins**, Macapá, v. 11, n. 669, p. 1-21, 2019b.

RAMOS, Andrea catarina Mora; ESPINOSA, Johan Santiago zamora. **Potencial uso cosmético de los exopolisacáridos producidos por cianobacterias del género *Nostoc* con perspectiva hacia la especie *Nostoc sphaericum*. Revisión sistemática 2009-2023**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biologia) – Universidad de La Salle, Bogotá, 2023.

RANGEL, M.; MARTINS, J. C. G.; GARCIA, A. N.; CONSERVA, G. A. A.; COSTA-NEVE, A.; SANT'ANNA, C. L.; DE CARVALHO, L. R. Analysis of the Toxicity and Histopathology Induced by the Oral Administration of *Pseudanabaena galeata* and *Geitlerinema splendidum* (Cyanobacteria) Extracts to Mice. **Marine Drugs**, v. 12, n. 1, 2014. <https://doi.org/10.3390/md12010508>.

RIPPKA, R.; DERUELLES, L.; WATERBURY, J.B.; HERDMAN, M.; STAINER, R.Y. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria.

**Microbiology Society**. v. 111, n. 1, 1979.

PALLARÉS, Macarena Iniesta. **Potencial biofertilizante da cianobactéria Nostocales nos arrozais dos pântanos do Guadalquivir: Estudo da cianobactéria simbiótica *Nostoc punctiforme***. 2025. Tese (Doutorado em Bioquímica Vegetal e Bioquímica Molecular) - Universidad de Sevilla, Sevilla, 2025.

PANOSSO, R.; COSTA, I.A.S.; SOUZA, N.R.; ATTAYDE, J.L.; CUNHA, S.R.S.; GOMES, F.C.F. CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS EM RESERVATÓRIOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE E O POTENCIAL CONTROLE DAS FLORAÇÕES PELA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia**. v. 11 n. 3, pp. 433-449, 2007.

PAULINO, J. M.; CABRAL, J. V. M.; DE SOUZA, G. J. S.; LAUGHINGHOUSE, H. D.; GAMA, W. A. Cyanobacteria Sancta: diversity of oxyphotoprokaryotes on facades of centenary churches in a tropical region of Brazil. **Algal Research**, v. 91, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2025.104246>.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; AGUAJARO; L. F.; CARVALHO, M. C.; CARVALHO, L. R.; SOUZA, R. C. R., 2006. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rima, Rio de Janeiro, 58 pp.

SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M.T.P.; MELCHER, S.S.; WERNER, V.R.; MALONE, C.F.S.; ROSSINI, E.F.; JACINAVICIUS, F.R.; HENTSCHKE, G.S.; OSTI, J.A.S., SANTOS, K.R.S.; GAMA JÚNIOR, W.A., ROSAL C.; ADAME, G., 2012. **Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras**. Instituto de Botânica, São Paulo. 175 pp.

SARAF, A.; SINGH, P.; KUMAR, N.; PAL, S.; JOHANSEN, J. J. Two new species of *Dulcicalothrix* (Nostocales, Cyanobacteria) from India and erection of *Brunnivagina* gen. nov., with observations on the problem of using multiple ribosomal operons in cyanobacterial taxonomy. **Journal of Phycology**, v. 60, n. 5, 2024. <https://doi.org/10.1111/jpy.13488>.

SARAF, A.; SURADKAR, A.; DAWDA, Himanshu G.; GAYSINA, L. A.; GABIDULLIN, Y.; KUMAR, A.; BEHERE, I.; KOTULKAR, M.; BATULE, P.; SINGH, P. Phylogenetic complexities of the members of Rivulariaceae with the re-creation of the family Calotrichaceae and description of *Dulcicalothrix necridiiformans* gen. nov., sp. nov., and reclassification of *Calothrix desertica*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 366, n. 21, p. 1-9, 2019.

SEIFI, G.; NOWRUZI, B.; BAGHERI, F. The effect of dielectric barrier discharge plasma treatment on *Dulcicalothrix alborzica* (Nostocales, cyanobacteria) under lead stress. **Bioremediation Journal**. v. 39, n. 2, p. 190-203, 2024.

SHOPTAUGH, N. H.; SCHANTZ, E. J. **CRC Handbook of Foodborne Diseases of Biological Origin**. Boca Raton: CRC Press. 1983. p. 518.

SILVA-STENICO, M.E.; LORENZI, A.S.; SILVA, C.S.P.; RIGONATO, J.; FIORE, M.F.

Inibidores de proteases produzidos por cianobactérias: uma revisão. **Oecologia Australis**. v.16, n. 2, p. 183-209, 2012.

SILVA, Maria Julia Lopes da. **TENDÊNCIAS E PADRÕES EM QUARENTA ANOS DE PESQUISAS SOBRE ECOLOGIA DE FITOPLÂNTON EM RESERVATÓRIOS BRASILEIROS**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2025.

SILVEIRA JÚNIOR, Arialdo Martins. **Composição e biomassa microfitoplanctônica associadas a variáveis físico e químicas em dois transectos da zona estuarina Rio Amazonas (Amapá, Amazônia, Brasil)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde; Área de Concentração: Ensaios Biológicos) – Universidade federal do Amapá, Macapá, 2012.

SOARES, M.C.S.; HUSZAR, V.L.M.; MIRANDA, M.N.; MELLO, M.M.; ROLAND, F.; LÜRLING, M. Cyanobacterial dominance in Brazil: distribution and environmental preferences. **Hydrobiologia**, 2013, 717(1), 1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-013-1562-1>.

SOO, R. M.; HEMP, J.; PARKS, D. H.; FISCHER, W. W.; HUGENHOLTZ, P. On the origins of oxygenic photosynthesis and aerobic respiration in Cyanobacteria. *Science*, v. 355, n. 6332, p. 1436-1440, 2017.

STRUNECKY, O.; IVANOVA, A. P.; MARES, J. An updated classification of cyanobacterial orders and families based on phylogenomic and polyphasic analysis. **Journal of Phycology**. v. 59, n. 59, p12-51, 2023.

VAZ, M. G. M. V. ; GENUARIO, D. B.; ANDREOTE, A. P. D.; MALONE, C.F.S.; SANT'ANNA, C. L.; BARBIERO, L.; FIORE, M. F. Pantalinema gen. nov. and Alkalinema gen. nov.: novel pseudanabaenaceana genera (Cyanobacteria) isolated from saline-alkaline lakes. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** (Print), v. 65, p. 298-308, 2015.

VILHENA, J. E. S.; SILVA, R. B. L.; FREITAS, J. L. **Climatologia do Amapá: Quase um século de história**. Macapá: Gramma Livraria e Editora, 2018.

VITOR, M.M.; MOUTINHO, F.L.B.; RIATTO, V.B. Microalgas: uma estratégia sustentável na transformação e obtenção de compostos orgânicos. **Química Nova**. v. 47, n. 2, p. 1-17, 2024.

WEBBER, Carla Lisiane. **Crostas biológicas de solo em áreas no extremo sul do Brasil: identificação, mapeamento e testes de cultivo**. 2022. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

## GLOSSÁRIO

**Acineto:** célula diferenciada que permite que o organismo sobreviva em condições desfavoráveis, como escassez de nutrientes, altas variações de temperatura, etc.

**Aerótopos:** estruturas flutuantes com capacidade de fixar-se à superfície e se beneficiar da luz solar.

**Caliptra:** uma célula apical que possui uma estrutura similar à um “capuz”.

**Célula apical:** célula localizada na extremidade de um tricoma (filamento) que atua no crescimento do filamento.

**Célula isodiamétrica:** célula que apresenta medidas aproximadamente iguais em largura e comprimento.

**Cocóide:** células unicelulares ou coloniais com formato arredondado.

**Constricção celular:** acinturamento visível na região de contato entre células de um tricoma.

**Eutrofização:** é um processo de poluição aquática, geralmente causado pelo acúmulo excessivo de nutrientes (nitrogênio e fósforo).

**Filamento:** estrutura formada por células dispostas em sequência linear.

**Filamento flexuoso:** filamentos que apresentam curvaturas ou ondulações ao longo do seu comprimento, ou seja, não é completamente retilíneo.

**Filamento homocitado:** filamentos sem a presença de células heterocitadas ou acinetos ao longo do tricoma.

**Filamento isopolar:** filamento que apresenta extremidades morfologicamente semelhantes, sem diferenciação estrutural entre os polos.

**Floração:** geralmente causada pela eutrofização, é o crescimento excessivo e descontrolado do fitoplâncton em corpos d'água, formando uma massa densa e esverdeada na superfície.

**Heterocito:** células especializadas na fixação de nitrogênio atmosférico.

**Hormogônia:** estágio inicial de um organismo após a separação celular.

**Mucilagem:** camada gelatinosa externa que envolve células ou tricomas, com função protetora.

**Necrídeo:** Célula que sofre morte programada, permitindo a fragmentação e reprodução do tricoma.

**Tricoma:** conjunto linear de células formando um filamento, similar ao filamento, mas que pode ou não estar envolto por bainha mucilaginosa.

Vesículas gasosas: estruturas internas que regulam a flutuabilidade celular.