

**PATRÍCIA NOLASCO GRISOTTI TOLEDO**

**OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS E AVALIAÇÃO DE  
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO  
DO MUNICÍPIO DE CARANGOLA, MG.**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das exigências  
do Programa de Pós-Graduação em Botânica,  
para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

**PATRÍCIA NOLASCO GRISOTTI TOLEDO**

**OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS E AVALIAÇÃO DE  
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO  
DO MUNICÍPIO DE CARANGOLA, MG.**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Botânica, para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**APROVADA:** 22 de novembro de 2010.

---

Prof. Antônio Teixeira de Matos  
(Coorientador)

---

Prof. Antônio Galvão do Nascimento  
(Coorientador)

---

Prof. Ana Paula Santos Gonçalves

---

Prof. Eduardo Gusmão Pereira

---

Prof<sup>ª</sup>. Rosane Maria de Aguiar Euclides  
(Orientador)

Aos meus filhos, João Pedro e Rafael; presentes das mãos de Deus em minha vida.

Ao meu marido Aluízio, meus pais Ruy e Maria Angela,  
meus tios Tarcísio (in memorian) e Maria Helena, e a inseparável Deni,  
por todo incentivo, confiança e dedicação,  
suprindo minha ausência como mãe e sendo esteio em minha caminhada.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser o Senhor de nossas vidas, estando sempre a frente de tudo, nos guiando com sua graça, servindo de consolo, abrigo e força.

A professora Rosane Aguiar, pela orientação, paciência, incentivo e amizade. Pelo crescimento profissional e pessoal, com grande gratidão e admiração.

Aos co-orientadores Antônio Teixeira de Matos e Antônio Galvão do Nascimento, aos membros da banca de defesa Ana Paula Gonçalves e Eduardo Gusmão Pereira, pelas grandes contribuições, e por estarem sempre à disposição. Minha gratidão, simpatia e amizade.

A Universidade Federal de Viçosa, através do Departamento de Biologia Vegetal, com seus professores e funcionários.

A professora Luzimar, por sua grande amizade e boa vontade para o uso do fotomicroscópio.

Ao Núcleo de Microscopia, na pessoa amiga e prestativa da Cláudia.

A amizade descontraída e sugestões da professora Kacilda.

Ao técnico da Unidade de Crescimento de Plantas (UCP/DBV) Rogério Gomide, pelo profissionalismo, disponibilidade e amizade.

Ao técnico do Laboratório de Análise de Água, Simão, pelo aprendizado, pela presteza e boa vontade com que recebeu minhas amostras de água.

Ao Ângelo Valentim, por todo auxílio, educação e amizade.

À Vera Werner, pelo auxílio na identificação dos táxons, minha gratidão e admiração.

Aos amigos de laboratório (UCP), pela boa convivência, amizade e colaboração na identificação dos gêneros/espécies de cianobactérias, como também em outros pontos do meu trabalho. Rosiane, Adriana, Elisa, Maione, Patrícia Luiza, Claudinéia, Diego, Renan, Alberto, Débora, Clenilson, Eduardo, Cláudio, Letícia dos Anjos, Simone, Carol, e João.

A grande amiga e irmã Michelle, pelos incansáveis e imensuráveis auxílios em todo meu trabalho, pelo acolhimento, companheirismo e amizade incondicional.

Ao professor e amigo Braz Cosenza, pela grande amizade, incentivo e disposição para atuar sempre como mestre em minha jornada.

Ao Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infraestrutura (Semasa) de Carangola, através do Décio e Eduardo, pela prontidão em sempre contribuir na execução deste trabalho.

Aos amigos Job e João, bem como todos os funcionários da ETA de Carangola, pela grande presteza, amizade e auxílio nas realizações das coletas.

À Prefeitura Municipal de Carangola, na pessoa do prefeito Fernando Costa, pelo apoio e confiança.

Aos ex-coordenadores Lúcia e Wallace, e coordenadores atuais das Unidades Educacionais onde trabalho, Vera e Marita, pela credibilidade, apoio e incentivo.

Ao desenhista Reinaldo, pela amizade, simplicidade e por seu grande talento.

Ao Rento Totti, pela execução do mapa como os pontos de amostragens das coletas.

Ao Pastor Joni, da Igreja Presbiteriana de Viçosa, pelo acolhimento, por suas preciosas palavras ao conduzir os estudos bíblicos e pela inesquecível amizade. O meu grande carinho e admiração.

Ao amigo de faculdade José Luiz, que com grande amizade me guiou e acolheu em nosso reencontro em Viçosa.

A querida amiga Jaqueline Fraga, pela tradução do abstract e pela pessoa maravilhosa.

Ao Ivan Gabriel, por estar sempre a disposição, auxiliando nos cuidados com meus filhos João Pedro e Rafael, durante vários momentos em que estive ausente.

A Letícia, pelo extremo cuidado e carinho com que cuida do Rafael.

Aos queridos pais Ruy e Maria Angela, pelo extremo zelo, amor e dedicação. Por toda minha criação e formação. Pela segurança e amor em que cuidam de seus netos na minha ausência. Por serem abrigo, refugio e fortaleza em minha vida. O meu eterno agradecimento.

Aos queridos tios Ticiso (in memorian) e Tinena, que estiveram sempre presentes em todas as etapas da minha vida, torcendo e acreditando em mim. O meu carinho e eterna saudade.

A Deni, pela fidelidade e amizade com que compõe a nossa família.

Ao meu marido Aluizio, pelo grande esforço e confiança com que me apoiou em cada momento deste curso. Sendo amigo, companheiro, conselheiro e admirável pai.

Aos meus amados filhos, João Pedro e Rafael, pela eterna alegria de tê-los em minha vida. Uma herança de Deus em minhas mãos.

## CONTEÚDO

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| LISTA DE FIGURAS E TABELAS.....    | vi |
| RESUMO.....                        | ix |
| ABSTRACT.....                      | xi |
| 1. INTRODUÇÃO.....                 | 01 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....         | 03 |
| 3. RESULTADOS.....                 | 07 |
| 4. DISCUSSÃO.....                  | 27 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 37 |

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 01. Mapa com os pontos de amostragem (Barragem e Estação de Tratamento de Água – ETA) no município de Carangola-MG.....                                                                                                                  | 04 |
| FIGURA 02. Percentual dos gêneros de cianobactérias encontrados nos locais de coleta (Barragem e ETA).....                                                                                                                                      | 07 |
| TABELA 01. Relação dos táxons fitoplanctônicos dos gêneros de Cianobactérias encontradas na Barragem do Rio Carangola (local de captação de água para abastecimento) e na Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Carangola-MG..... | 08 |
| FIGURA 03. Diversidade morfológica de gêneros de cianobactérias isoladas no pontos amostrados.....                                                                                                                                              | 11 |
| FIGURA 04. Diversidade morfológica de gêneros de cianobactérias isoladas no pontos amostrados.....                                                                                                                                              | 12 |
| FIGURA 05. Cianobactérias do Rio Carangola e Reservatório ETA, Carangola, MG.....                                                                                                                                                               | 13 |
| FIGURA 06. Cianobactérias do Rio Carangola e Reservatório ETA, Carangola, MG.....                                                                                                                                                               | 14 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 02. Médias de clorofila- <i>a</i> nas amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem durante os períodos de coleta.....                                                                                                                                                                                           | 19 |
| TABELA 03. Densidade de células de cianobactérias (cels mL <sup>-1</sup> ) presentes nos locais de coleta.....                                                                                                                                                                                                                           | 19 |
| TABELA 04.a. Descrição estatística das variáveis limnológicas encontradas nos pontos amostrados no período chuvoso - novembro/2007 a março/2008.....                                                                                                                                                                                     | 21 |
| TABELA 04.b. Descrição estatística das variáveis limnológicas encontradas nos pontos amostrados no período seco - junho/2008 a setembro/2008.....                                                                                                                                                                                        | 22 |
| FIGURA 07. Variação temporal nos valores de pH, Turbidez, Condutividade Elétrica e Sólidos totais das amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem. Decantador 1 (D1), Decantador 2 (D2), Barragem (B) e Água Bruta (AB).....                                                                                          | 23 |
| FIGURA 08. Variação temporal nos valores de Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio total (Nt) e Fósforo total (Pt), das amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem. Decantador 1 (D1), Decantador 2 (D2), Barragem (B) e Água Bruta (AB)..... | 24 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 05. Valores obtidos para o índice de trofia (IET).....               | 25 |
| FIGURA 09. Dendrograma de similaridade entre os locais de amostragem.....   | 26 |
| FIGURA 10. Dendrograma de similaridade entre as variáveis limnológicas..... | 27 |

## RESUMO

TOLEDO, Patrícia Nolasco Grisotti, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2010. **Ocorrência de cianobactérias e avaliação de variáveis limnológicas em águas de abastecimento do município de Carangola, MG.** Orientador(a): Rosane Maria de Aguiar Euclydes. Co-Orientadores: Antonio Teixeira de Matos e Antônio Galvão do Nascimento.

Considerando a grande importância ecológica e de saúde pública das cianobactérias e a falta de informações sobre estes organismos em reservatórios e corpos de água doce brasileiros, o presente trabalho teve como finalidade estudar a ocorrência de cianobactérias na captação de água do Rio Carangola e na Estação de Tratamento de Água (ETA), do município de Carangola-MG. As amostras foram coletadas durante dois períodos (seco e chuvoso) entre os meses de novembro de 2007 a setembro de 2008. Foram isolados e identificados 14 gêneros de cianobactérias, com predominância das Ordens Nostocales (50%) e Oscillatoriales (31%), seguida das Ordens Chroococcales (13%) e Stigonematales (6%). Variáveis limnológicas foram analisadas, incluindo: temperatura, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais, pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio. As variáveis analisadas, segundo padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, proporcionam uma condição classe 2 para as águas do Rio Carangola. As variáveis biológicas, clorofila-*a* e contagem de células de cianobactérias por mililitro (cel/mL), também atendem recomendação contidas na Portaria MS 518/2004, em termos de qualidade de água potável. A análise de agrupamento não mostrou variações na ocorrência dos gêneros de cianobactérias presentes, durante o estudo, porém foi observada similaridade entre os pontos AB: água bruta e B: barragem, e entre os pontos D1 e D2: licalizados nos decantadores da ETA. A distribuição das cianobactérias em cada ponto amostrado durante o período estudado relacionou-se com as condições ambientais dos mesmos, não sendo possível observar um padrão regular na distribuição dos gêneros/espécies identificados.

## ABSTRACT

TOLEDO, Patrícia Noalasco Grisotti, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2010. **Cianobactérias occurrence and evaluation of variables limnological in waters of the district of Carangola - MG.** Adviser: Rosane Maria de Aguiar Euclydes. Co-Advisers: Antônio Teixeira de Matos and Antônio Galvão do Nascimento.

Considering the great ecological importance and public health of cyanobacteria, and the lack of informations about these organisms in reservoir and in brazilian fresh water rivers, this present work aimed to study the occurrence of cyanobacterias on the reception of water in Carangola river and at station of water treatment (SWT), at Carangola district – MG. The samples were collected during two periods (drought and rainy) during the months of November 2007 and September 2008. It was found 14 genera of cyanobacteria that were isolated and identified. The predominant orders included Nostocales (50%) and Oscillatoriales (31,25%), followed by Chroococcales (12,5%) and Stigonematales (6,25%). Limnological variables were analysed such as: temperature, turbidity, electrical conductivity, total solids, pH, dissolved oxygen, total nitrogen, total phosphorus, chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand. The assessed parameters displayed indexes recommended by CONAMA Resolution 357/2005, being the rivers considered as class 2. The biological variable chlorophyll-*a* and cyanobacteria cells counting per millimeter (cels/ml), were also in agreement to the recommendation from Brazilian Ministry of Health 518/2004. The grouping analysis did not show variations on the occurrence of the cyanobacteria presented genera, however, during the study was observed similarities between the points AB: water of the river and B: reservoir, and between the points D1 and D2: (SWT) purifies. The distribution of the cyanobacteria in each point during the studied period linked with the environmental conditions of the same ones, not being possible to observe a regular standard in the distribution of the genera / species identified.

## 1. INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos e dos mananciais de abastecimento público por rejeitos oriundos das atividades industriais e antrópicas, em um contexto de desordenado crescimento populacional, tem sido um fator de risco para a saúde pública. Ao receberem grande aporte de matéria orgânica, os corpos hídricos podem apresentar um desequilíbrio de nutrientes, que acabam por interferir nas comunidades fitoplanctônicas (Matsuzaki *et al.*, 2004).

As cianobactérias fazem parte do fitoplâncton natural e são essenciais no ecossistema aquático (Silva, 2005). Sua presença nos mais diversos habitats deve-se às várias estratégias metabólicas que os organismos utilizam, permitindo que sobrevivam a várias condições seletivas de pressão ambiental (Lee, 1999). Por esse motivo, tais organismos têm despertado grande interesse científico, pois além de uma distribuição cosmopolita, possuem elevado número de espécies produtoras de toxinas, as quais podem formar florações em ambientes eutrofizados, representando sério problema para a saúde pública em todo o mundo (Silva, 2005).

A eutrofização de ecossistemas aquáticos afeta atualmente, muitos países, inclusive o Brasil (Tundisi e Matsumura-Tundisi, 1992). Sua maior consequência é o aparecimento de “blooms” ou florações de cianobactérias tóxicas (Azevedo *et al.*, 1994, Carmichael, 2001; Falconer, 2001;) sendo que seus efeitos prejudiciais interferem na qualidade da água utilizada para abastecimento público, trazendo sérias preocupações sanitárias (Sant’Anna *et al.*, 2007).

No Brasil, florações de cianobactérias tóxicas têm sido registrados em estuários (Yunes *et al.*, 1996), lagoas costeiras (Porfírio *et al.*, 1999; Azevedo 1998; Azevedo *et al.*, 1994; Magalhães *et al.*, 2001) rios e em reservatórios (Teixeira *et al.*, 1993; Molica *et al.*, 2002; Bouvy *et al.*, 2000; Chellapa *et al.*, 1996; Costa *et al.*, 2001). As florações são

estimuladas por fatores físicos e químicos, tais como pH elevado, temperatura da água acima de 20°C, ambientes com pouca luminosidade, baixa razão N/P, baixas concentrações de CO<sub>2</sub>, baixa velocidade da água, entre outros. Fatores bióticos, tais como a capacidade de armazenar eficientemente o fósforo e a presença de aerótopos que auxiliam na flutuação (Calijuri *et al.*, 2006) proporcionam grande vantagem adaptativa para as cianobactérias, as quais passam a representar um grave problema para a saúde pública, quando se refere a água para abastecimento da população (Silva, 2005).

O monitoramento obrigatório de cianobactérias, em água para consumo humano, torna-se um acordo recentemente regulamentado pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2005). As empresas gerenciadoras de água têm demonstrado grande interesse no conhecimento e controle dos fatores que estimulam as florações de cianobactérias (Tucci e Sant'Anna, 2003), pois além de acarretarem graves consequências para a saúde humana e o ambiente, impedem a penetração de luz, alteram o odor, o sabor e a turbidez da água, levando a um desequilíbrio ecológico do ambiente aquático (Carmichael, 2001).

No município de Carangola - MG, a fonte de abastecimento de água para a população local e entorno é o rio Carangola, onde, até o presente, não há registros de estudos sobre a ocorrência de cianobactérias nas águas do manancial de abastecimento e da Estação de Tratamento de Água (ETA).

A avaliação da ocorrência de cianobactérias no manancial de abastecimento e na (ETA), do município de Carangola, MG, tem como objetivos: isolar e manter em cultivo monoespecífico dos gêneros/espécies de cianobactérias encontradas na ETA e no reservatório, incluindo-as no Banco de Cultivo de Microalgas do DBV; identificar taxonomicamente e quantificar as cianobactérias isoladas; correlacionar as densidades de células de cianobactérias com as variáveis limnológicas; avaliar a qualidade da água do manancial com base na Resolução CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação e as diretrizes para

enquadramento dos corpos de água superficiais; avaliar o cumprimento da Portaria MS 518/2005, que dispõe sobre as normas de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano nos locais amostrados na ETA. Desta forma, os resultados deste estudo poderão contribuir, efetivamente, para a implantação de um programa de monitoramento e prevenção das condições que propiciem o desenvolvimento excessivo de cianobactérias, sobretudo, aquelas potencialmente produtoras de toxinas. Portanto, o presente trabalho visa subsidiar o Poder Público local, com informações relevantes e novos conhecimentos que possam ser utilizados por diferentes áreas de interesse, tais como, sócio-econômica e saúde pública.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Dois locais foram selecionados para o estudo. O primeiro localizado no Rio Carangola, Carangola – MG (20°42'S e 42°03'O), onde é feita a captação de água pelo Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infra-estrutura (SEMASA) do município, denominado Barragem (B), e o segundo, em diferentes pontos na Estação de Tratamento de Água (ETA) (20°43'S e 42°01'O), no município de Carangola (Figura 01). Na ETA, foram selecionados três pontos de amostragem: água bruta (AB), a água que chega ao reservatório, vinda diretamente da captação, o decantador 1 (D1) e o decantador 2 (D2).

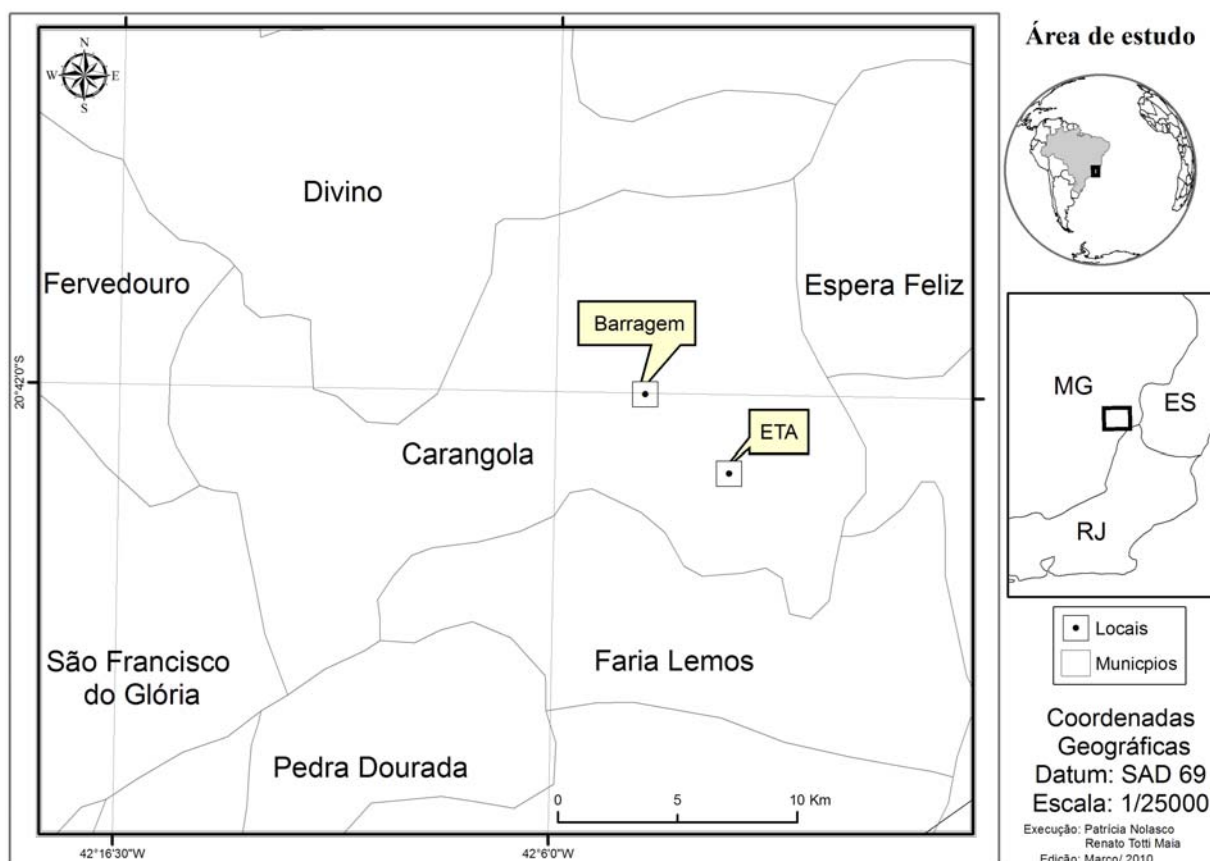


Figura 01: Mapa indicando os locais onde foram realizadas as coletas. Pontos de amostragem. (Barragem e Estação de Tratamento de Água – ETA), município de Carangola-MG.

Em todos os pontos selecionados, as coletas foram realizadas em dois períodos. O chuvoso (novembro/2007, janeiro e março/2008) e seco (junho e setembro/2008). Para a análise qualitativa utilizou-se rede de fitoplâncton (20  $\mu$ m de abertura de malha) e frascos de boca larga, sendo as amostras coletadas numa profundidade de aproximadamente 20 cm, a partir da superfície do manancial e dos decantadores da ETA. Parte destas amostras foram preservadas em solução de lugol e parte foi enriquecida com meio de cultura BG 11 líquido (Allen, 1973), suplementado ou não com fontes de nitrogênio (N) combinado. Para o isolamento das espécies de cianobactérias foram utilizados os métodos de micropipetagem e plaqueamento, tal como proposto por Kugrens *et al.* (2000). As culturas monoespecíficas foram mantidas em sala de cultivo do Laboratório de Ficologia da Universidade Federal de

Viçosa (UFV), à temperatura de  $21 \pm 2$  °C, iluminação média constante de  $55 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , proveniente de luz fria, fluorescente, e fotoperíodo de 16/8 horas de luz escuro (Aguilar, 2000).

A análise de densidade de células de cianobactérias foi realizada apenas em amostras fixadas em solução de Lugol, utilizando-se lâmina especial do tipo Newbauer. Os resultados foram expressos em número de células por mililitro (cel/mL), conforme determinação da Portaria MS 518/2004.

A concentração de clorofila-*a* foi utilizada como parâmetro para estimar a produtividade primária nos pontos amostrados. A metodologia usada foi a descrita por Sartory e Grobelaar (1984). Os cálculos foram feitos de acordo com a metodologia de Wetzel & Likens (1991).

As cepas foram registradas utilizando-se um fotomicroscópio (modelo AX70 TRF, Olympus Óptica, Tóquio, Japão) acoplado com sistema U-Photo. As medições das células foram obtidas com o auxílio do programa ANATI QUANTI, versão 2.0, desenvolvido pelo Laboratório de Anatomia Vegetal/UFV. Quando necessário, utilizou-se a tinta nanquim e o microscópio de contraste de fase para evidenciar a presença de bainha mucilagínosa.

O sistema de classificação taxonômico adotado seguiu as normas de Desikachary (1959), Komárek e Anagnostidis (1989), Anagnostidis e Komárek (1990) e Komárek e Anagnostidis (2005).

Para avaliar a qualidade da água, foram realizadas coletas nos pontos já citados, em profundidade de 0-20 cm com copo de coleta. As amostras foram acondicionadas em frascos limpos com capacidade para 1L, hermeticamente fechados e identificados. Os mesmos foram transportados para o laboratório foram analisadas as seguintes variáveis limnológicas: Temperatura, Turbidez, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais (ST) (banho maria e estufa a 105 °C ), pH, Oxigênio Dissolvido (OD) (método Winkler), Nitrogênio total (Nt)

(método Kjardahl modificado), Fósforo total (Pt) (espectrofotômetro), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20°</sub>) (incubação da amostra a 20 °C, por 5 dias em câmara e quantificação do OD pelo método Winkler) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (método do reflexo aberto),

As variáveis foram analisadas no Laboratório de Qualidade da Água (LQA), do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental (DEA) da UFV, sendo a metodologia baseada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2002).

O cálculo do índice de estado trófico (IET) foi feito baseando-se no índice de Carlson, modificado por Toledo Jr. *et al.* (1983). Para isso, utilizou-se a fórmula:  $IET = IET(S) + 2[IET(PT) + IET(CL)]/5$ , sendo IET(S) para transparência, IET(PT) para concentração de fósforo total e IET(CL) para clorofila. O coeficiente de ajuste do valor utilizado foi 0,8; onde foi considerado para aplicação no ambiente estudado:  $IET < 44$  ambiente oligotrófico,  $44 < IET < 54$  ambiente mesotrófico e  $IET > 54$  ambiente eutrófico. A velocidade média de escoamento da água ( $m.s^{-1}$ ) foi determinada no ponto de captação da água bruta, utilizando-se o método do flutuador, que é uma medição superficial com correção da velocidade, considerando a natureza das paredes do canal (Daker, 1989).

Para medir o grau de interação entre as variáveis limnológicas analisadas aleatoriamente utilizou-se o método de Ligação Média e da Distância Euclidiana Padronizada, aplicando o programa MINITAB 15.

Para obtenção do índice de similaridade entre os gêneros/espécies de cianobactérias isoladas utilizou-se o índice de similaridade de Sorensen's (Muller – Dombois & Ellenger, 1974). A interpretação dos dados foi feita por meio da técnica de ligação da média de grupo (UPGMA), utilizando-se o programa Multivariate Statistical Package (MVSP 3.13m).

### 3. RESULTADOS

Nos locais amostrados, foram identificados 14 gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas, com predomínio das Ordens Nostocales (50%), seguida das ordens Oscillatoriales (31%), Chroococcales (13%) e Stigonematales (6%) (Figura 02). Entre as Nostocales foram identificadas espécies pertencentes a seis gêneros: *Aulosira*, *Calothrix*, *Dichothrix*, *Nostoc*, *Nostoc*, *Nostoc*, *Planktothrix* e *Scytonema*. Entre as Oscillatoriales foram identificadas espécies pertencentes a cinco gêneros: *Geitlerinema*, *Limnotrix*, *Oscillatoria*, *Phormidium* e *Pseudanabaena*. A ordem Chroococcales foi representada pelos gêneros *Aphanothece* e *Synechococcus* e na ordem Stigonematales somente a morfoespécies *Stigonema* sp. foi isolada (Tabela 01 e Figuras 03, 04, 05 e 06).

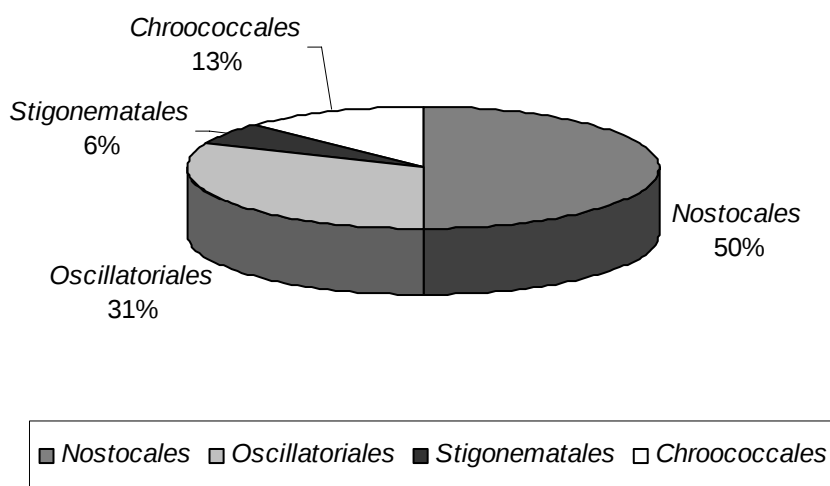


Figura 02: Percentual de gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas encontradas nos locais de coleta (Barragem e ETA).

Tabela 01: Relação dos táxons de cianobactérias encontradas na Barragem do Rio Carangola (local de captação de água para abastecimento) e na Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Carangola-MG.

---

CYANOPHYCEAE

CHROOCOCCALES

Synechococcaceae

*Aphanothece* sp.

*Synechococcus* sp.

OSCILLATORIALES

Pseudanabaenaceae

*Geitlerinema* sp.

*Limnothrix* sp.

*Pseudanabaena* sp.

Phormidiaceae

*Phormidium* sp.

*Planktothrix* sp.

Oscillatoriaceae

*Oscillatoria* sp.

NOSTOCALES

Nostocaceae

*Aulosira* sp.

*Nostoc* sp.

*Scytonema* sp.

Rivulariaceae

*Calothrix* sp.

*Dichothrix* sp.

STIGONEMATALES

Stigonematataceae

*Stigonema* sp.

---

Chave para identificação das morfoespécies de cianobactérias encontradas:

- 1a. Talos unicelulares ou coloniais.....ORDEM CHROOCCOCCALES....2
- 1b. Talos filamentosos.....4
- 2. Divisão celular sempre em um só plano.....Família Synechococcaceae....3
- 3a. Células solitárias, cilíndricas; conteúdo celular homogêneo e granuloso.....***Synechococcus***
- 3b. Colônias com células dispostas em todo o seu interior, células amplamente ovais ou cilíndricas, irregularmente arrançadas.....***Aphanothece***
- 4a. Tricomas homocitados.....ORDEM OSCILATORIALES....5
- 4b. Tricomas heterocitados.....10
- 5a. Células mais longas que largas; fragmentação do tricoma sem formação de necrídeo.....Família Pseudanabaenaceae...6
- 5b. Células isodiamétricas, fragmentação do tricoma com formação de necrídeos.....8
- 6a. Tricomas geralmente atenuados; células sem aerótopos.....***Geitlerinema***
- 6b. Tricomas cilíndricos; células com ou sem aerótopos.....7
- 7a. Células sempre com aerótopos, localizados nos pólos ou no centro.....***Limnothrix***
- 7b. Células geralmente sem aerótopos ou, se presentes, localizados apenas nos pólos.....***Pseudanabaena***
- 8a. Tricomas retos, flexuosos; células quadráticas ou subquadráticas.....Família Phormidiaceae.....9
- 8b. Células muito curtas, no mínimo 4 vezes mais largas que longas.....Família Oscillatoriaceae
- Tricomas sem bainha mucilaginosa.....***Oscillatoria***

- 9a. Tricomas sem ramificação, células sem aerótopos, bainha fina, homogênea,  
geralmente hialina.....**Phormidium**
- 9b. Células com aerótopos.....**Planktithrix**
- 
- 10a. Tricomas sem ramificação ou com ramificação falsa... ORDEM NOTOCALES..11
- 10b. Tricomas com ramificações verdadeiras.....ORDEM STIGONEMATALES
- Ramos secundários multiseriados.....**Stigonema**
- 
- 11a. Tricomas heterotopares.....Família Rivulariaceae..12
- 11b. Tricomas isopolares.....Família Nostocaceae..13
- 
- 12a. Filamentos isolados ou apenas agregados.....**Calothrix**
- 12b. Filamentos formando feixes; heterócitos na base das ramificações  
laterais.....**Dichothrix**
- 
- 13a. Filamentos emaranhados com ramificação freqüente.....**Scytonema**
- 13b. Filamento solitário ou em grupo, ligeiramente encaracolado.....**Aulosira**
- 13c. Tricomas emaranhados em colônias globosas ou irregulares; acinetos em  
série.....**Nostoc**

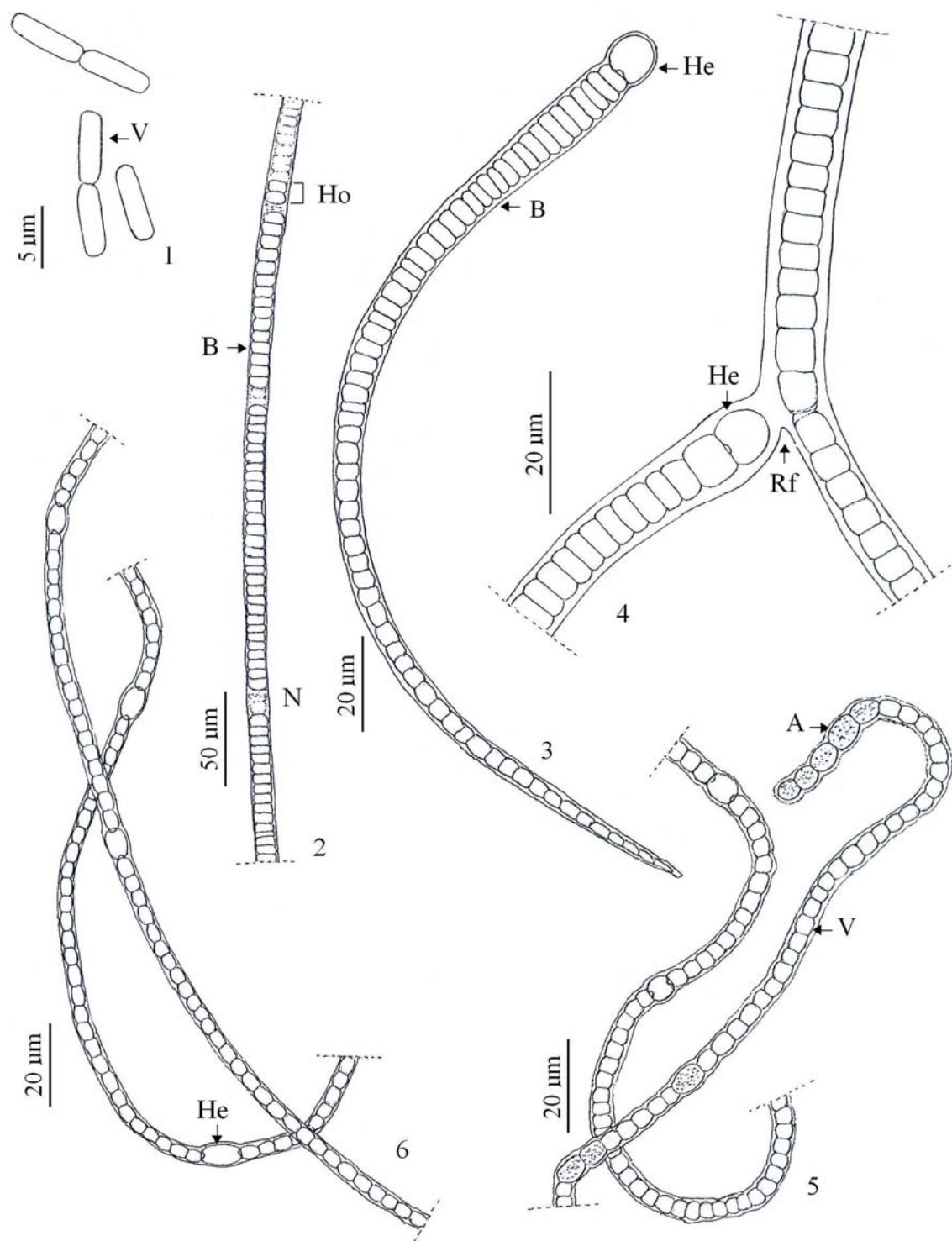


Figura 03 (01–06): Diversidade morfológica de gêneros de cianobactérias isoladas nos pontos amostrados. Barragem (B), Água Bruta (AB), Decantador 1 (D1) e Decantador 2 (D2). 1. *Synechococcus* sp. (B, AB, D1 e D2), 2. *Aulosira* sp. (AB), 3. *Calothrix* sp. (AB, D1 e D2), 4. *Dichothrix* sp. (AB), 5. *Nostoc* sp1. (B, AB, D1 e D2), 6. *Nostoc* sp2. (B, AB, D1 e D2). A (acinetos), B (bainha), He (heterocisto), Ho (hormogônio), N (necrídio), Rf (ramificação falsa) e V (célula vegetativa).

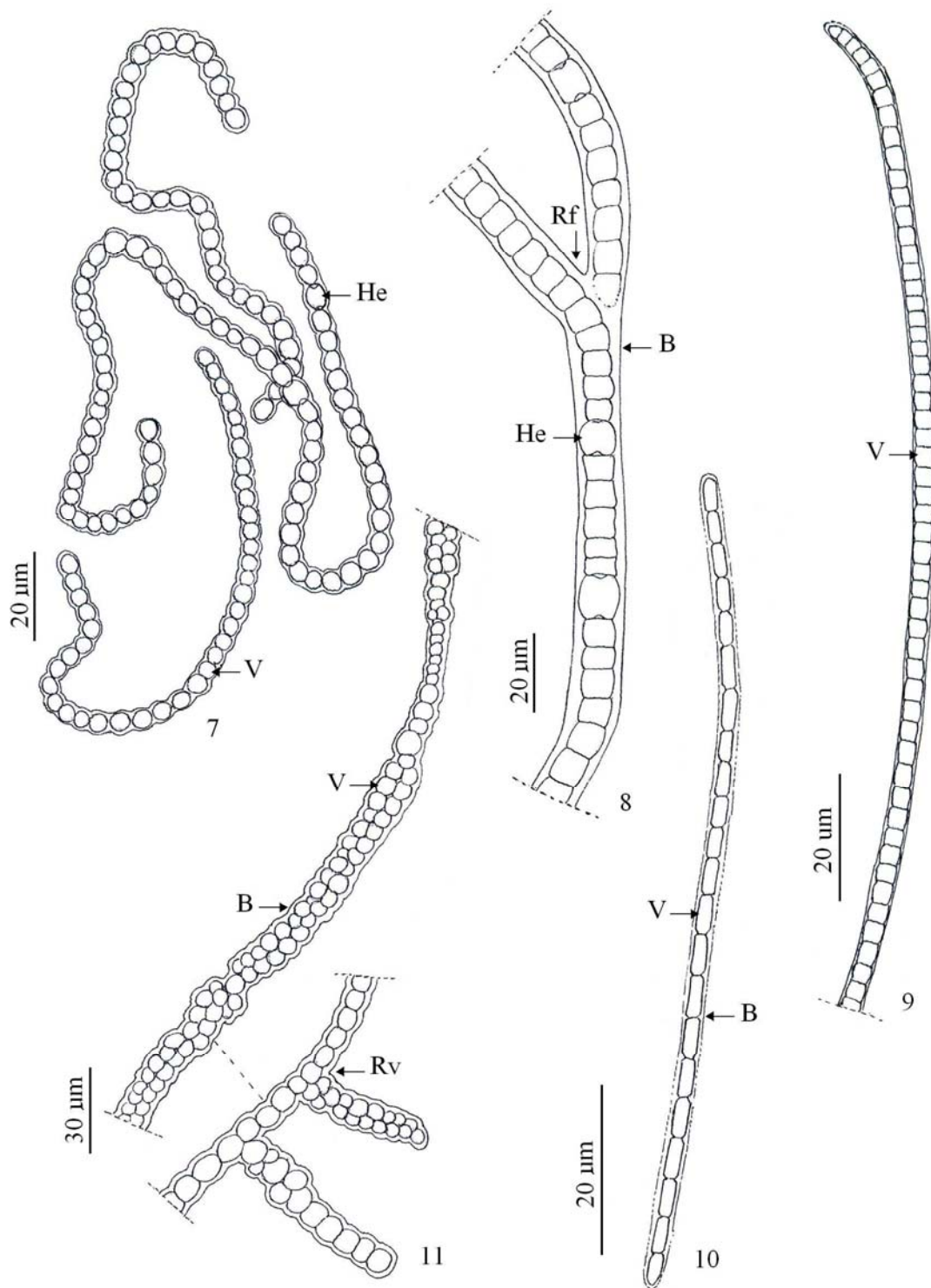


Figura 04 (07-11): Diversidade morfológica de gêneros de cianobactérias isoladas nos pontos amostrados. Barragem (B), Água Bruta (AB), Decantador 1 (D1) e Decantador 2 (D2). 7. *Nostoc* sp3. (D1 e D2), 8. *Scytonema* sp. (D2 e D1), 9. *Phormidium* sp. (AB, D1 e D2), 10. *Pseudanabaena* sp. (B, AB, D1 e D2), 11. *Stigonema* sp. (AB, D1 e D2). A (acinetos), B (bainha), He (heterocisto), Ho (hormogônio), N (necrídio) e V (célula vegetativa), R (ramificação verdadeira).

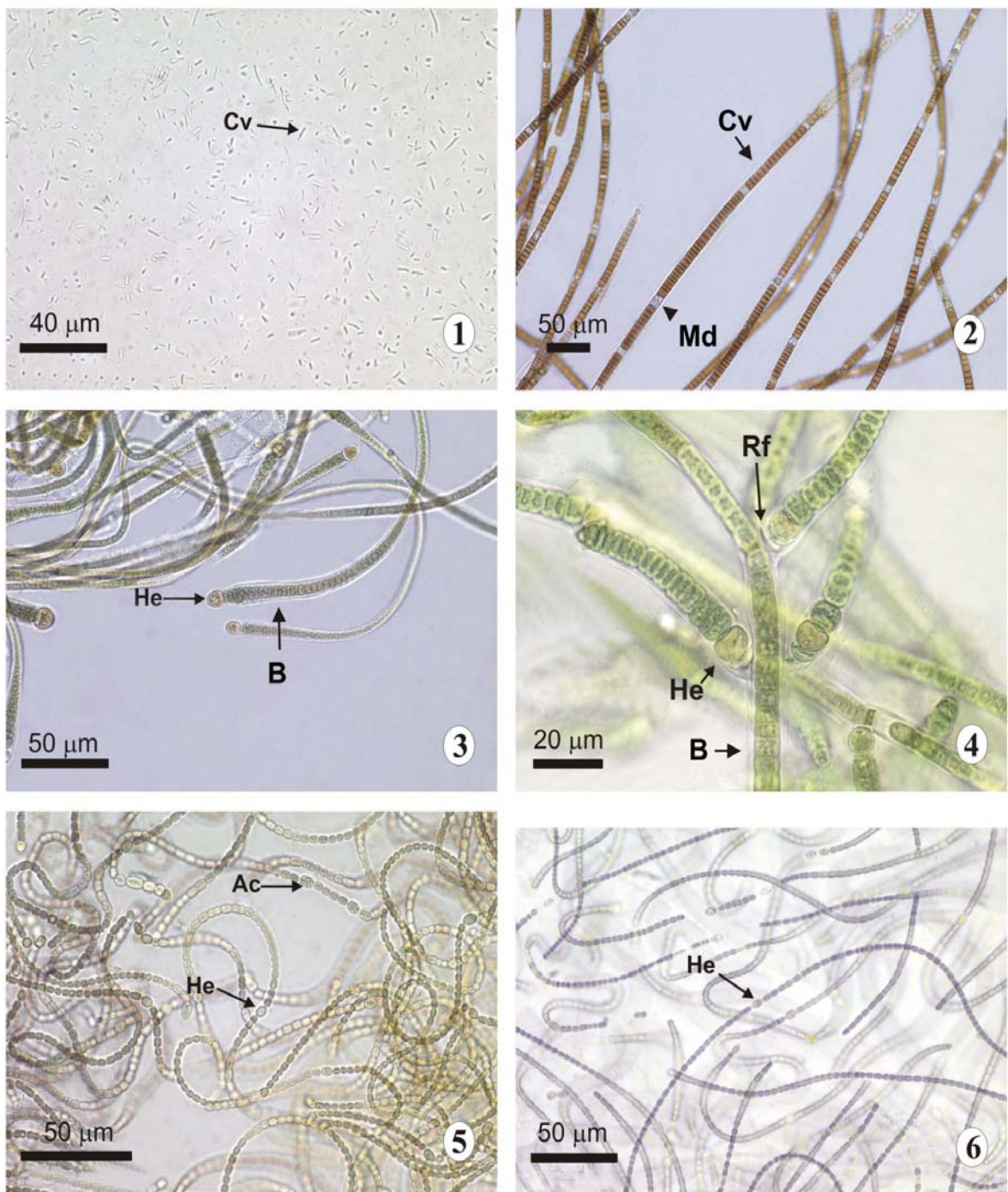


Figura 05. - Cianobactérias do Rio Carangola e reservatório ETA, Carangola, MG.  
 1. *Synechococcus* sp. 2. *Aulosira* sp. 3. *Calothrix* sp. 4. *Dichothrix* sp. 5. *Nostoc* sp1.  
 6. *Nostoc* sp2. (Cv) célula vegetativa, (Md) material em decomposição, (He) heterocisto, (B) bainha mucilaginosa, (Rf) ramificação falsa, (Ac) acinet.

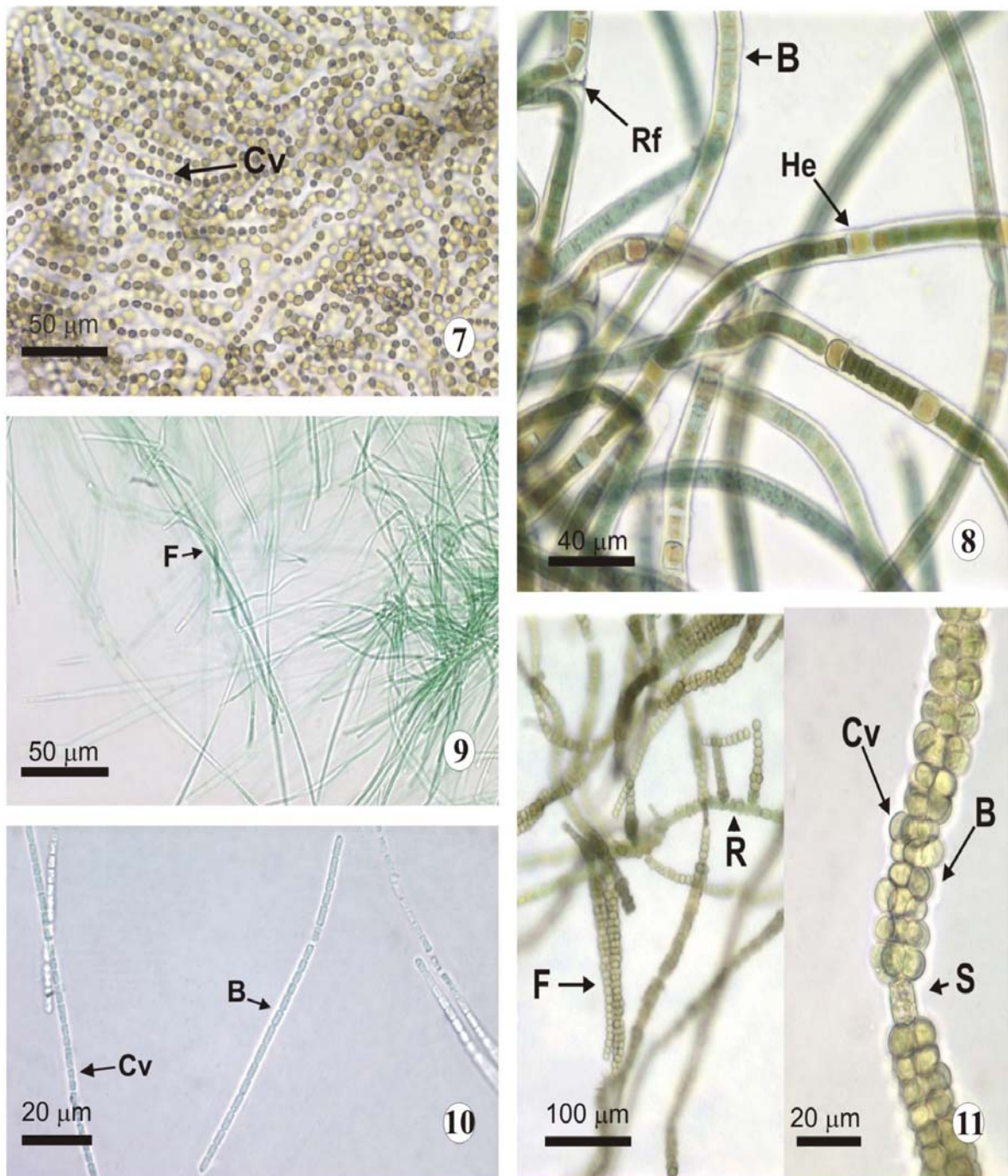


Figura 06. Cianobactérias do Rio Carangola e reservatório ETA, Carangola - MG. 7. *Nostoc* sp3.; 8. *Scytonema* sp.; 9. *Phormidium* sp.; 10. *Pseudanabaena* sp.; 11. *Stigonema* sp. (Cv) célula vegetativa, (B) bainha mucilaginosa, (He) heterocito, (F) filamento homocitado, (R) ramificação verdadeira, (S) septo.

Descrição dos gêneros de cianobactérias encontrados nos pontos amostrados feita através da observação do material coletado confrontando com literatura já citada:

## **CHOOCOCCALES**

### ***Synechococcus* sp. (Figura 5.1)**

Células isoladas, em forma de bastonetes, sem bainha mucilaginosa. Células com 2,5 a 7,0  $\mu\text{m}$  de comprimento e 1,8  $\mu\text{m}$  de largura.

A morfoespécie *Synechococcus* sp. foi encontrada em todos os pontos coletados no rio Carangola e da ETA.

## **NOSTOCALES**

### ***Aulosira* sp. (Figura 5.2)**

Tricoma envolto por bainha mucilaginosa, heterocitado, heteropolar, podendo ocorrer deposição de material em decomposição dentro da bainha, em vários pontos do filamento. As células são cilíndricas, constrictas e, raramente, em forma de barril-arredondadas. Aerótopos ausentes. Células com 8,3  $\mu\text{m}$  de comprimento e 10  $\mu\text{m}$  de largura. Heterocitos com 3,3  $\mu\text{m}$  de comprimento e 6,7  $\mu\text{m}$  de largura.

A morfoespécie *Aulosira* sp. foi encontrada no ponto de coleta designado como água bruta (AB), na Estação de Tratamento de Água (ETA).

### ***Calothrix* sp. (Figura 5.3)**

Filamentos emaranhados, heteropolares, com base alargada e ápice atenuado. Heterocitos ocorrem isolados na base do tricoma. Bainha mucilaginosa evidente, homogênea e fechada no ápice. Células em forma de barril. Acinetos e aerótopos ausentes. Células com 2,6 - 4,0  $\mu\text{m}$  de comprimento e 3,3 - 8  $\mu\text{m}$  de largura. Heterocito com 8,7  $\mu\text{m}$  de comprimento e 9,8  $\mu\text{m}$  de largura.

A morfoespécie *Calohtrix sp.* foi encontrada em todos os pontos coletados.

***Dichothrix sp.*** (Figura 5.4)

Tricomas heteropolares com ápice atenuado. Ramificação falsa formada sempre a partir de um heterocito. Bainha evidente e homogênea. Acinetos e aerótopos ausentes. Células com 2,3 µm de comprimento e 2,8 µm de largura. Heterocitos com 9,1 - 9,8 µm de comprimento e 10,2 µm de largura.

A morfoespécie *Dichothrix sp.* foi encontrada nos pontos de coleta da água bruta (AB) situados na Estação de Tratamento de Água (ETA).

***Nostoc sp1.*** (Figura 5.5)

Tricomas emaranhados formando novelos, células constrictas, heterocito cilíndrico e intercalar, acineto oval formando seqüência de até oito células no filamento. Aerótopos ausentes. Células com 4,7 µm de comprimento e 4,6 µm de largura. Heterocitos com 5,2 - 5,6 µm de comprimento e 5,1 - 5,3 µm de largura. Acinetos com 4,4 - 5,7 µm de comprimento e 4,8 - 5,2 µm de largura.

A morfoespécie *Nostoc sp1.* foi encontrada em todos os pontos de coleta.

***Nostoc sp2.*** (Figura 5.6)

Filamentos longos e levemente curvos, células arredondadas ou em forma de barril, heterocitos intercalares. Ausência de acinetos e aerótopos. Bainha hialina. Células com 3,9 - 4,7 µm de comprimento e 3,6 - 3,8 µm de largura. Heterocitos com 4,9 - 5,3 µm de comprimento e 4,67 µm de largura.

A morfoespécie *Nostoc sp2.* foi encontrada em todos os pontos de coleta.

***Nostoc* sp3.** (Figura 6.7)

Filamentos densamente emaranhados. Heterocito intercalar. As células vegetativas vão se sobrepondo formando cachos que são posteriormente desfeitos no filamento. Bainha evidente. Acinetos e aerótopos ausentes. Células com 5,3 - 6,1 µm de comprimento e 5,6 -6,9 µm de largura. Heterocitos com 6,0 - 6,3 µm de comprimento e 5,4 µm de largura.

A morfoespécie *Nostoc* sp3. foi encontrada nos pontos de coleta dos decantarodes D1 e D2 na ETA.

***Scytonema* sp.** (Figura 6.8)

Filamentos quase sempre emaranhados com ramificação falsa e irregular. Bainha hialina evidente e espessa. Ausência de aerótopos. Os heterocitos são intercalados e isolados ao longo do tricoma e não formam cadeias. Os tricomas são isopolares com células podendo apresentar forma de barril. Não formam acinetos. Células com 8,0 - 9,0 µm de comprimento e 8,1 µm de largura. Heterocitos com 9,0 - 9,7 µm de comprimento e 9,3 µm de largura.

A morfoespécie *Scytonema* sp. foi encontrada nos pontos de coleta dos decantadores (D1) e (D2) situados na Estação de Tratamento de Água (ETA).

## **OSCILLATORIALES**

***Phormidium* sp.** (Figura 6.9)

Filamentos homocitados e emaranhados, longos e sem ramificação. Bainha mucilagínosa hialina reduzida. Células isodiamétricas ou pouco mais longas que largas. Aerótopos ausentes. Células com 1,5 µm de comprimento e 1,3 µm de largura.

A morfoespécie *Phormidium* sp. foi encontrada em todos os pontos de coleta.

***Pseudanabaena* sp.** (Figura 6.10)

Tricomas solitários, flexuosos, constrictos ao nível dos septos, não atenuando em direção ao ápice. Células mais longas que largas, em forma de barril, sendo a célula apical com o polo arredondado. Células com 3,5 - 4,2 µm de comprimento e 3,3 - 3,7 µm de largura.

O gênero *Pseudanabaena* sp. foi encontrado em todos os pontos de coleta.

## **STIGONEMATALES**

***Stigonema* sp.** (Figura 6.11)

Apresenta filamentos emaranhados com ramificações irregulares. As células vegetativas são bastante variáveis quanto à forma, sendo frequente a ocorrência de áreas septais entre as mesmas. A bainha é espessa e evidente. Os heterocitos são do tipo intercalares e ocorrem isolados ao longo do tricoma. Em certas espécies podem ocorrer densos agrupamento de células referidas como “croococóides” ou “estágio coococóide”. Células com dimensões de 6,0 - 7,4 µm de comprimento e 5,5 - 7,1 µm de largura.

O gênero *Stigonema* sp. foi encontrado nos pontos de coletas: água bruta (AB), decantadores (D1) e (D2) situados na Estação de Tratamento de Água (ETA).

### **Variáveis Biológicas**

Neste estudo, todos os pontos amostrados, apresentaram valores para clorofila-*a* e densidade de células abaixo do estabelecido pela Portaria MS 518/2004 (20.000 cel/mL) e pela Resolução CONAMA 357/2005 ( 30 µg/L ). Os valores mais altos foram encontrados no Decantador 2, no final do período chuvoso com 4,448 µg L<sup>-1</sup> (clorofila-*a*) e 1.875 cels mL<sup>-1</sup> (densidade de células) conforme mostra as Tabelas 02 e 03.

Tabela 02. Médias de clorofila-*a* nas amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem durante os períodos de coleta.

| Pontos                                                      | Nov/07 | Jan/08 | Mar/08 | Jun/08 | Set/08 | Média |
|-------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| <b>Clorofila-<i>a</i> (<math>\mu\text{g L}^{-1}</math>)</b> |        |        |        |        |        |       |
| <b>AB</b>                                                   | 0,556  | *      | 0      | *      | 0,556  | *     |
| <b>D1</b>                                                   | 1,668  | *      | *      | *      | *      | *     |
| <b>D2</b>                                                   | 1,668  | *      | 4,448  | *      | 0      | 0,889 |
| <b>B</b>                                                    | 1,668  | 0      | 1,112  | 0      | 1,112  | 1,297 |

Legenda: AB: água bruta; D1 e D2: decantadores; B: barragem.

(\*) Valores abaixo do limite de detecção do aparelho.

Tabela 03. Densidade de células de cianobactérias (cels  $\text{mL}^{-1}$ ) presentes nos locais de coleta.

| Pontos    | Nov/07 | Jan/08 | Mar/08 | Jun/08 | Set/08 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>AB</b> | 0      | 0      | 0      | 625    | 0      |
| <b>D1</b> | 1.250  | 625    | 1.250  | 1.250  | 1.250  |
| <b>D2</b> | 625    | 625    | 1.875  | 625    | 1.250  |
| <b>B</b>  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

AB: água bruta; D1 e D2: decantadores; B: barragem.

### Variáveis Limnológicas

O maior valor registrado de temperatura da água, ocorreu em janeiro/2008 (22 °C) e o menor valor foi obtido em junho/2008 (19 °C).

Os valores mais altos obtidos para as outras variáveis foram registrados nos seguintes períodos: turbidez (43 a 53 UNT), em março/2008, no final do período chuvoso;

condutividade elétrica ( $84 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), em setembro/2007, no final do período seco; Sólidos Totais ( $594 \text{ mg L}^{-1}$ ), em setembro/2007, no final do período seco; pH (5,8 e 7,5), em setembro/2008, no final do período seco; OD ( $7,1 \text{ mg L}^{-1}$ ), em setembro/2008, no final do período seco; Nt (5,4 e  $5,8 \text{ mg L}^{-1}$ ), em setembro/2008, no final do período seco; Pt ( $0,07 \text{ mg L}^{-1}$ ), em março/2008, no final do período chuvoso tendo inclusive ultrapassado os valores estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005; DQO ( $109 \text{ mg L}^{-1}$ ), em junho/2008, no período seco; DBO ( $11 \text{ mg L}^{-1}$ ), em março/2008, no final do período chuvoso e ( $14 \text{ mg L}^{-1}$ ), setembro/2008, final do período seco (Tabelas 04.a e 04.b) e (Figura 07 e 08).

Tabela 04.a – Variáveis limnológicas estudadas e obtidas nos pontos amostrados no período chuvoso (novembro/2007 a março/2008).

| Local<br>de<br>Coleta | pH        | CE<br><br>$\mu\text{S cm}^{-1}$ | Turb<br><br>(UNT) | ST<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | OD<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | DQO<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | DBO<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | N <sub>Total</sub><br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | P <sub>Total</sub><br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) |
|-----------------------|-----------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                       | $\bar{x}$ | $\bar{x}$                       | $\bar{x}$         | $\bar{x}$                        | $\bar{x}$                        | $\bar{x}$                         | $\bar{x}$                         | $\bar{x}$                                        | $\bar{x}$                                        |
| D1                    | 6,06      | 47,14                           | 5,07              | 42                               | 6,02                             | 10                                | 5,0                               | 1,96                                             | 0,054                                            |
| D2                    | 6,13      | 48,49                           | 6,18              | 44                               | 6,0                              | 10                                | 5,6                               | 1,96                                             | 0,072                                            |
| B                     | 6,90      | 45,41                           | 53,3              | 91                               | 6,1                              | 30                                | 6,2                               | 3,45                                             | 0,050                                            |
| AB                    | 5,81      | 34,53                           | 43,0              | 108                              | 6,3                              | 30                                | 11,1                              | 3,15                                             | 0,059                                            |

Legenda: Turb – turbidez; CE – condutividade elétrica; ST – sólidos totais; OD – oxigênio dissolvido; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N<sub>Total</sub> – nitrogênio total; P<sub>Total</sub> – fósforo total.  $\bar{x}$  = média; s = desvio padrão.

Tabela 04.b – Variáveis limnológicas estudadas e obtidas nos pontos amostrados no período seco (junho/2008 a setembro/2008).

| Local<br>de<br>Coleta | pH        | CE<br><br>$\mu\text{S cm}^{-1}$ | Turb<br><br>(UNT) | ST<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | OD<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | DQO<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | DBO<br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | N <sub>Total</sub><br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | P <sub>Total</sub><br><br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) |
|-----------------------|-----------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                       | $\bar{x}$ | $\bar{x}$                       | $\bar{x}$         | $\bar{x}$                        | $\bar{x}$                        | $\bar{x}$                         | $\bar{x}$                         | $\bar{x}$                                        | $\bar{x}$                                        |
| D1                    | 6,77      | 43,2                            | 1,19              | 43                               | 6,7                              | 24,5                              | 4,2                               | 0,8                                              | 0,034                                            |
| D2                    | 6,7       | 54,9                            | 1,02              | 46                               | 6,6                              | 24,5                              | 3,9                               | 0,7                                              | 0,007                                            |
| B                     | 6,9       | 42,5                            | 4,64              | 95                               | 6,5                              | 79                                | 10,3                              | 4,3                                              | 0,021                                            |
| AB                    | 5,8       | 61                              | 5,49              | 329                              | 6                                | 54                                | 8,25                              | 4,5                                              | 0,031                                            |

Legenda: Turb – turbidez; CE – condutividade elétrica; ST – sólidos totais; OD – oxigênio dissolvido; DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio; N<sub>Total</sub> – nitrogênio total; P<sub>Total</sub> – fósforo total.  $\bar{x}$  = média; s = desvio padrão.

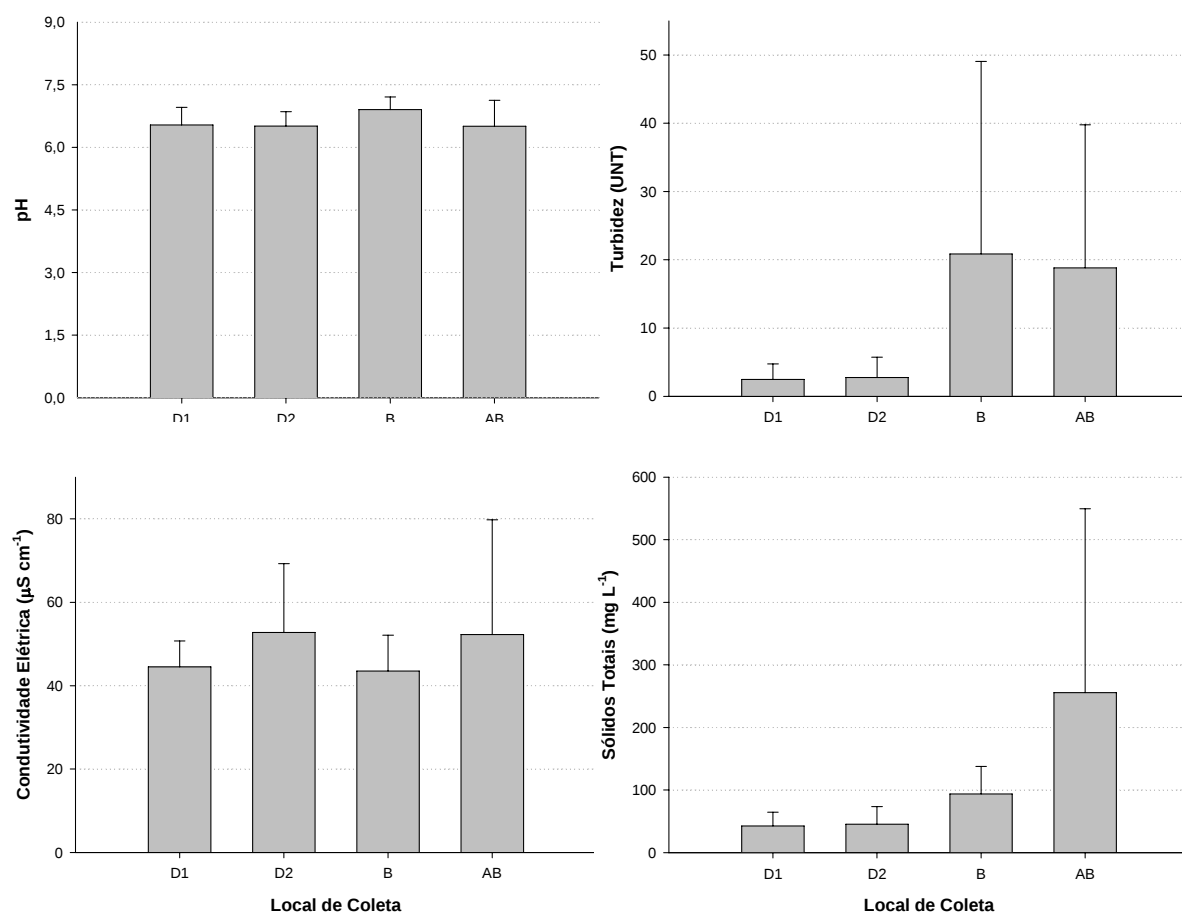


Figura 07: Variação temporal nos valores de pH, Turbidez, Condutividade Elétrica e Sólidos totais das amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem: Decantador 1 (D1), Decantador 2 (D2), Barragem (B) e Água Bruta (AB).

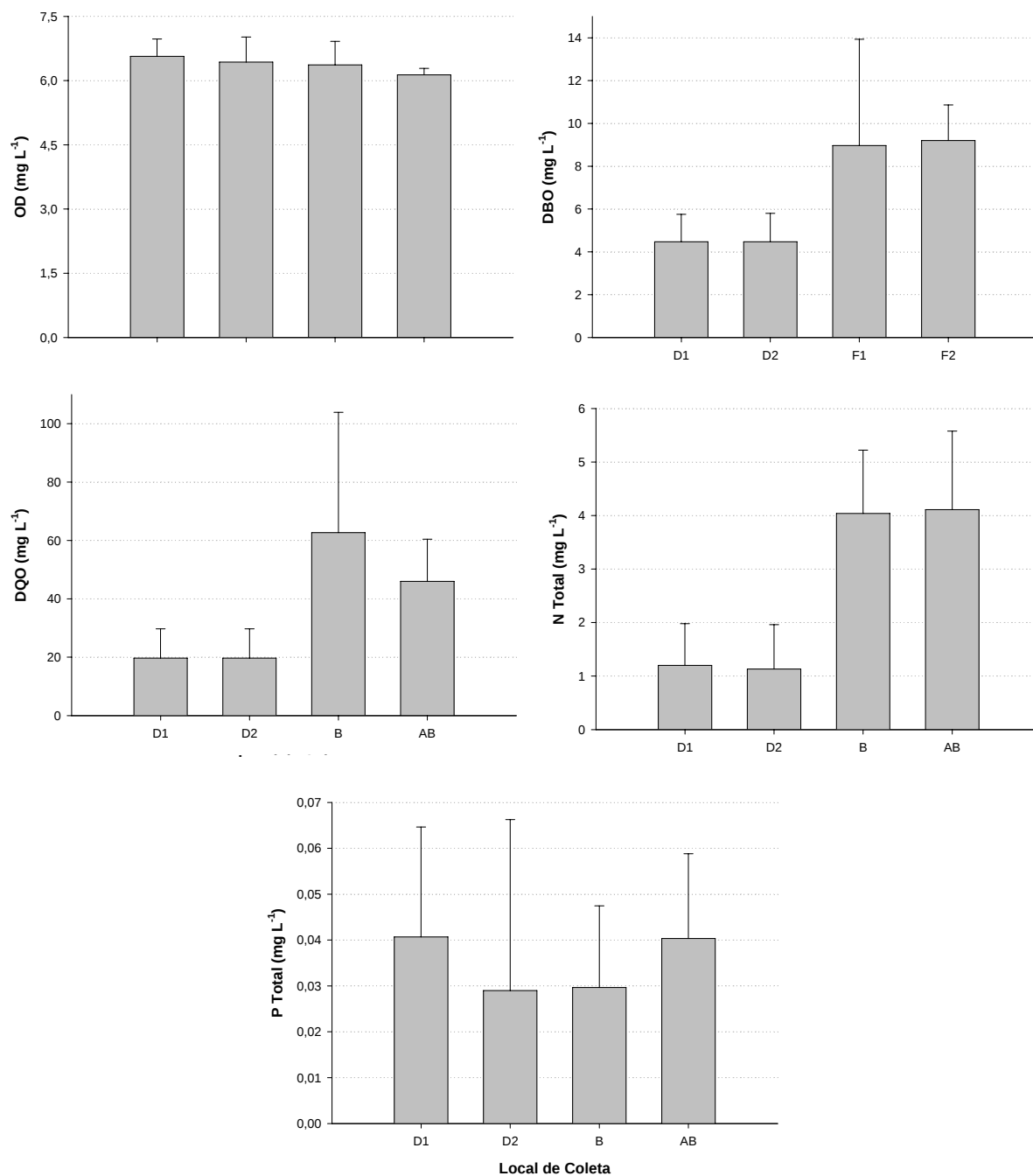


Figura 08: Variação temporal nos valores de Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio total (Nt) e Fósforo total (Pt), das amostras de água coletadas nos diferentes pontos de amostragem: Decantador 1 (D1), Decantador 2 (D2), Barragem (B) e Água Bruta (AB).

A velocidade do curso d'água no ponto de amostragem da barragem no Rio Carangola foi de  $0,053 \text{ ms}^{-1}$ , considerada baixa (Matos, 2007).

A classificação do ambiente do Decantador 2 e da Água Bruta, segundo o Índice de Estado Trófico (IET), calculado segundo TOLEDO Jr. *et al* (1990), foi de oligotrófico. Amostras coletadas no Decantador 1 e na Barragem, proporcionaram classificação desses ambientes como mesotróficos (Tabela 05).

Tabela 05: Valores obtidos para o índice de trofia (IET).

| Pontos Amostrados | IET    | Resultados   |
|-------------------|--------|--------------|
| <b>AB</b>         | 47,696 | Mesotrófico  |
| <b>D1</b>         | 47,512 | Mesotrófico  |
| <b>D2</b>         | 36,472 | Oligotrófico |
| <b>B</b>          | 46,688 | Mesotrófico  |

Em que: AB: água bruta-ETA, D1:decantador 1-ETA, D2: decantador 2-ETA, F1: filtro 1-ETA, F2: filtro 2-ETA, B: barragem-captção.

A análise de similaridade realizada segundo as variáveis químicas, físicas e bioquímicas mostrou maior semelhança entre os ambientes dos pontos de coleta de amostras na barragem e na água bruta, e entre os de coleta nos decantadores 1 e 2 (Figura 09).

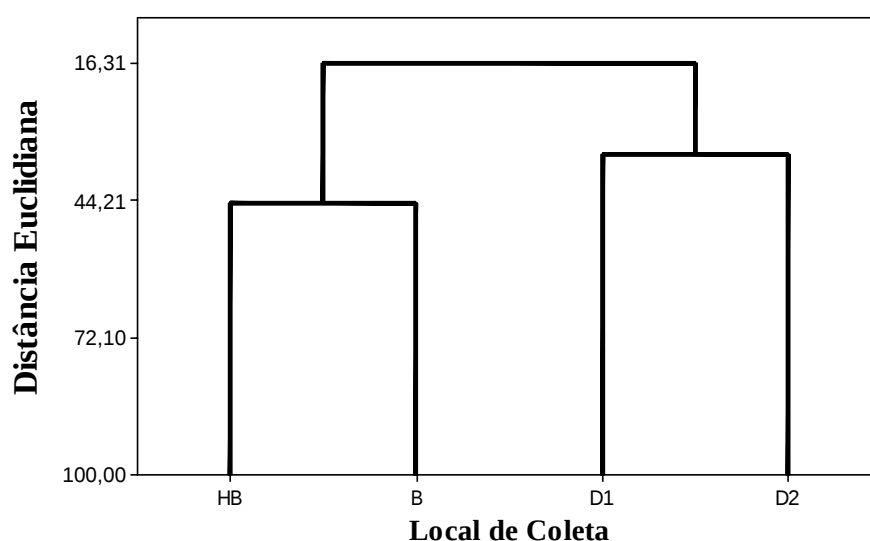


Figura 09: Dendrograma de similaridade comparando as variáveis físicas, químicas e bioquímica em amostras de água de diferentes pontos de coleta de água: HB: Água Bruta; B: Barragem; D1 e D2: decantadores.

A análise de agrupamento, obtida pelo Índice de Similaridade de Sorensen (Figura 10), possibilitou a identificação de três grupos específicos entre os gêneros identificados. O primeiro composto por *Planktothrix* sp. e *Oscillatoria* sp.; o segundo por *Nostoc* sp3., *Limnothrix* sp., *Scytonema* sp., *Nostoc* sp1., *Nostoc* sp2.; e o terceiro grupo por *Aphanothece* sp., *Phormidium* sp., *Stigonema* sp., *Geitlerinema* sp., *Pseudanabaena* sp., *Scytonema* sp., *Calothrix* sp. Duas morfoespécies não foram agrupados: *Aulosira* sp. e *Dichothrix* sp.

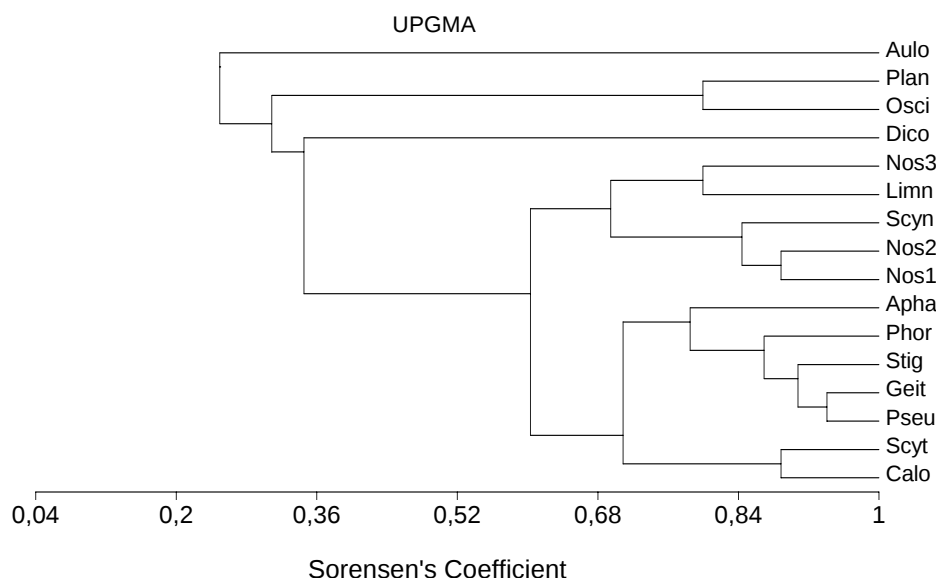


Figura 10: Análise de agrupamento dos gêneros de cianobactérias isoladas. Abreviaturas: Aulo: *Aulosira* sp.; Plan: *Planktothrix* sp.; Osci: *Oscillatoria* sp.; Dico: *Dichothrix* sp.; Nos3: *Nostoc* sp3.; Limn: *Limnothrix* sp.; Scyn: *Scynechococcus* sp.; Nos2: *Nostoc* sp2.; Nos1: *Nostoc* sp1.; Apha: *Aphanothece* sp.; Phor: *Phormidium* sp.; Stig: *Stigonema* sp.; Geit: *Geitlerinema* sp.; Pseu: *Pseudanabaena* sp.; Scyt: *Scytonema* sp. e Calo: *Calothrix* sp.

#### 4. DISCUSSÃO

A composição da comunidade fitoplanctônica é muito variada nos ambientes aquáticos, podendo ser influenciada por inúmeros fatores bióticos e abióticos (Reynolds, 1987). Estes por sua vez podem ocasionar a seleção de espécies por meio de mecanismos competitivos (Calijuri, 2006).

No presente trabalho, foi registrado a ocorrência de 14 gêneros de cianobactérias, sendo a ordem Nostocales a mais diversa. O gênero *Nostoc* foi o mais representativo, com três morganismos. Este fato pode estar relacionado as condições ambientais e limnológicas, que favoreceram o desenvolvimento das mesmas, juntamente com vantagens adaptativas do gênero, que o fez sobressair sobre os demais.

A frequência de ocorrência entre os gêneros identificados variou em cada ponto amostrado, sendo o da barragem (B) o de menor ocorrência. Este fato pode estar relacionado à velocidade do curso da água no manancial, pois mesmo sendo considerada baixa, pode dificultar o estabelecimento dos organismos no ambiente. Na ETA, por ser um ambiente de reservatório, a retenção da água propiciou a instalação da comunidade fitoplanctônica, sendo a ocorrência entre os gêneros identificados mais constante.

As baixas concentrações de clorofila-*a*, juntamente com a baixa densidade de células de cianobactérias, obtidas em todos os pontos amostrados (B, AB, D1 e D2), refletiram a baixa produtividade primária no ambiente amostrado. Em todos os pontos, os valores para clorofila-*a* estiveram bem abaixo de  $30 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo este o limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, para corpos d'água de classe 2. Os valores de densidade de células de cianobactérias também estiveram abaixo do que determina a Portaria MS nº 518/04 ( $20.000 \text{ cel mL}^{-1}$ ) para água de uso potável. A detecção de biomassa e densidade de células destes organismos é importante ferramenta para programas de monitoramento e manejo em mananciais de abastecimento público, evitando-se problemas potenciais de toxicidade, de gosto e odor na água causados por florações de cianobactérias (Marques, 2006).

A maioria das cianobactérias apresentaram crescimento mais expressivo em temperaturas que variaram entre  $15^\circ\text{C}$  a  $30^\circ\text{C}$ , atingindo o crescimento máximo em temperaturas acima de  $25^\circ\text{C}$  (Chorus e Bartram, 1990). O mês de novembro/2007, foi o de maior incidência, o que pode estar relacionado à temperatura elevada no período. Embora a temperatura seja um fator determinante para o crescimento das cianobactérias, não é um fator limitante, uma vez que as cianofícias são organismos dotados de grande plasticidade fenotípica e ecológica, com estratégias adaptativas que permitem sua

sobrevivência tanto em ambientes com temperaturas baixas como altas, principalmente quanto estão expostas a intensidade luminosa ótima (Chorus e Barthram, 1999).

As temperaturas registradas nos períodos de amostragem não apresentaram grandes variações, oscilaram de 19 a 22 °C. O que pôde ser observado foi que, no período mais quente, janeiro/2008, houve redução na densidade de células de cianobactérias. Não houve um padrão que explicasse os resultados obtidos em relação à temperatura e a densidade de células de cianobactérias. De acordo com Yunes et. al. (1996), a temperatura mínima para o surgimento das florações de cianobactérias é de 20 °C. No entanto, o surgimento destes organismos depende mais da radiação solar do que da temperatura do ambiente, uma vez que existem espécies que mesmo em ambientes com baixas temperaturas, expostas à alta incidência luminosa, são capazes de se desenvolver.

A turbidez da água nos pontos de amostragem D2 (6,18 UNT), AB e Barragem (43,0 e 53,3 UNT), durante o período chuvoso, março/2008, ficaram acima do que está estabelecido na Portaria MS 518/2004 como adequado para água potável (5 UNT), bem como a Resolução CONAMA 357/2005 (40 UNT) relativa a classificação de corpos de água doce. O fato deve-se a materiais particulados e demais produtos agregados que chegam ao manancial de abastecimento, oriundos de escoamento superficial das áreas do entorno, geralmente no período chuvoso. A turbidez é uma variável extremamente importante para o monitoramento do ambiente aquático. Se muito elevada pode acarretar sérios problemas como a diminuição da penetração de raios solares nas camadas mais profundas, limitando a produção primária às camadas superiores, favorecendo, então, a proliferação de cianobactérias produtoras de toxinas, bem como a diminuição do oxigênio dissolvido, o que pode causar mortandade de peixes (Hermes e Silva, 2004).

Geralmente, corpos de água tendem a apresentar condutividade elétrica (CE) pouco variável (Matos, 2007), por essa razão, mudanças significativas no ambiente podem ser indicadores de que processos de poluição estejam ocorrendo (Hermes e Silva, 2004). Matsuzaki *et al.* (2004) relatam que os valores elevados de CE na água estão associados à resuspensão do material depositado no fundo e, com o aumento na taxa de sua decomposição, ocorre a tendência de liberação de maior quantidade de íons na coluna d'água. A precipitação também influencia diretamente na concentração de íons dissolvidos na água, promovendo aumento na quantidade transportada e, conseqüentemente, no valor da condutividade elétrica (Branco e Senna, 1996). Esse padrão não foi, entretanto, observado nos pontos amostrados durante o período estudado. Em dois dos quatro pontos amostrados (B e AB), os maiores valores para CE na água foram registrados no mês de setembro/2008, referente ao final do período seco (78 a 84  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Segundo Kruper (2006), os padrões de variação na condutividade elétrica estão relacionados aos fatores locais, tais como substrato, relevo, composição do solo e vegetação marginal. Altos índices de condutividade podem estar relacionados a efluentes de áreas residenciais urbanas, águas de drenagem e escoamento superficial de áreas agrícolas (Hermes e Silva, 2004)

A concentração de sólidos totais (ST) é importante parâmetro e deve ser mensurada onde ocorrem descargas de esgotos nos rios. Nos pontos amostrados, todas as concentrações estiveram abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (500  $\text{mg.L}^{-1}$ ) para classificação dos corpos de água, com exceção da amostra de água bruta (AB), durante o período seco, no mês de setembro/2008, que ficou abaixo de 500  $\text{mg.L}^{-1}$ . Esse fato pode estar associado especificamente com a condição da água no ponto de coleta. Apesar de estar localizado na ETA, a água ainda não havia passado por nenhum processo de tratamento. Neste ponto, o Rio Carangola já percorreu grande parte

do município recebendo toda descarga de esgoto doméstico, produzido pela população e coincidindo com o período de seca, a concentração de ST dos corpos de água tende a se elevar, conforme mostram os resultados, em decorrência da redução na vazão do curso d'água.

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro da solução. Os organismos aquáticos estão, geralmente, adaptados a pH neutro, pois grandes variações inibem seu crescimento (Magalhães, 2001). Segundo Shapiro (1990), os grupos planctônicos têm seu crescimento favorecido em pH próximo de 8,0.

Valores de pH, que vão do neutro a levemente ácido são característicos de ambientes lóticos brasileiros (Maier, 1983). De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, cursos d'água devem apresentar pH entre 6,0 e 9,0. Nos pontos amostrados, os valores de pH na água não sofreram muita variação (5,5 a 7,2). A presença de cianobactérias nos pontos amostrados, assim como o aumento na densidade de células no período referente a março/2008, não esteve relacionada diretamente com o pH, embora este estivesse favorável ao aparecimento das mesmas. Esteves (1988) relata que valores de pH entre neutro e levemente ácido podem estar associados à quantidade de gás carbônico dissolvido na água aliado à pequena taxa de produção primária pelas algas.

A determinação da concentração de OD é de importância fundamental na avaliação da qualidade das águas, uma vez que o oxigênio está envolvido praticamente em praticamente todos os processos químicos e bioquímicos dos organismos aeróbios, tais como as cianobactérias. Sua presença no meio líquido é fundamental para a oxidação de poluentes dissolvidos, para sobrevivência de organismos aeróbios e a autodepuração dos cursos d'água (Matos, 2007).

Nos pontos amostrados, observou-se pouca variação na concentração de OD, estando os valores entre 6,0 e 7,1 mg.L<sup>-1</sup>, acima de 5 mg.L<sup>-1</sup>, que é o limite, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, para corpos d'água de classe 2. Uma das razões para a pequena variabilidade na concentração de OD é a pequena diferença entre as cianobactérias nos pontos amostrados. Os mais altos valores para concentração de OD foram encontrados no fim do período seco, setembro/2008, e os menores valores foram registrados no período chuvoso, março/2007. De acordo com Matos (2007), é comum a ocorrência de baixas concentrações de oxigênio dissolvido (OD) em águas superficiais, principalmente no início da estação chuvosa, devido ao arraste de material orgânico do solo para o leito dos rios, sendo normal que no período de menor precipitação haja ocorrência de maiores valores de OD.

Segundo Von Sperling (1996), a concentração de OD na água isenta de material orgânico em suspensão, sob condições normais de temperatura e pressão ao nível do mar, é de 9,0 mg L<sup>-1</sup>. Todos os valores encontrados nos pontos amostrados estiveram abaixo de 9,0 mg L<sup>-1</sup>. Este fato não indica estar o ambiente eutrofizado, pois de acordo com o índice de estado trófico (IET) dos pontos amostrados, somente o ponto decantador 2 foi considerado oligotrófico (36,472 µg L<sup>-1</sup>), sendo os demais pontos reconhecidos como mesotróficos .

O aumento nas concentrações de compostos fosfatados e nitrogenados na água proporciona aumento na produtividade biológica de rios, lagos e reservatórios, o que contribui para a ocorrência das florações de cianobactérias (Arruda,1997).

O Nitrogênio é um elemento essencial para o metabolismo dos organismos vivos nos ecossistemas aquáticos e terrestres (Gentil, 2000). Tanto em ambientes continentais tropicais quanto temperados, a relação nitrogênio/fósforo é limitante para o crescimento do fitoplâncton (Arruda, 1997 e Elser *et al*,1990). Dentre os pontos amostrados,

somente na barragem e na água bruta, coletadas no período seco, setembro/2008, os valores estiveram entre 5,4 e 5,8 mg L<sup>-1</sup>, valores acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 que é de 3,7 mg.L<sup>-1</sup> para corpos de água classe 2. Nos pontos de amostragem de águas nos decantadores da ETA, em todos os períodos amostrados, os valores estiveram abaixo do estabelecido na Portaria MS 518/2004, que trata de padrões de potabilidade de água, no meio.

Em relação à concentração de Fósforo, as amostras de água coletadas no período referente ao final da chuva, mês de março, em todos os pontos, apresentaram os mais elevados valores de concentração, estando todos acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 (0,030 mg.L<sup>-1</sup>) para corpos de água classe 2. No período seco, referente ao mês de junho, o valor foi alto somente na amostra coletada no Decantador 1, sendo de 0,055 mg L<sup>-1</sup>. No mês de setembro, a concentração de fósforo foi alta somente na amostra coletada no ponto da água bruta, com 0,40 mg.L<sup>-1</sup>. Os valores mais altos coincidiram com os maiores valores de densidade de células de cianobactérias. De acordo com Hermes e Silva (2004), há maior concentração de fósforo em águas superficiais durante o período chuvoso devido à maior entrada de nutrientes, associados à matéria orgânica proveniente de escoamento superficial da água no solo. Estes resultados podem ser, também, decorrentes de fatores tais como revolvimento de sedimentos do fundo, o que contribui para o retorno de nutrientes à coluna d'água, aumento na temperatura e pH da água, proporcionando aumento nas atividades biológicas de bactérias, algas bentônicas, macrófitas e invertebrados (Borges, 1998).

Considerando ser o fósforo um dos nutrientes mais raros no meio para cianobactérias, a sua presença na água estabelece as condições para os processos de eutrofização. É naturalmente originado da dissociação e decomposição de compostos inorgânicos e orgânicos presentes no solo. Desempenha importante papel no processo

de eutrofização dos rios e lagos sendo que concentrações de  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$  já são suficientes para a manutenção do fitoplâncton no meio aquático, na faixa de  $0,03$  a  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  (ou maiores) são suficientes para disparar o crescimento do fotoplâncton de maneira desenfreada (Hermes e Silva, 2004). Várias espécies de cianobactérias são capazes de armazenar o fósforo além de suas necessidades, quando este está disponível no meio, podendo utilizá-lo mais tarde quando indisponível no meio. Tais cepas são capazes de manter sua reprodução, mesmo em condições de baixa disponibilidade de fósforo no meio (Chorus e Bartram, 1999).

O valor da DQO em águas superficiais não contaminadas, comumente varia numa faixa de  $7$  a  $25 \text{ mg.L}^{-1}$  (Matos, 2007). Nos pontos do manancial (B) e água bruta (AB), tanto no final do período chuvoso, como no início do período seco, registraram valores acima de  $30 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo que os valores mais altos foram registrados nos períodos de seca, no ponto AB. Os valores mais altos ocorreram pelo fato das águas do manancial e da água bruta serem receptuárias de efluentes domésticos e em decorrência da contaminação proporcionada por atividades rurais, tendo em vista que se trata de área de intensivo uso agrícola.

Sistemas aquáticos não poluídos, geralmente, apresentam valores de DBO de  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ , enquanto valores acima deste indicam poluição por ação antrópica (Matos, 2007). De acordo com o que está estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005, este valor não deve ultrapassar  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  para corpos de água classe 2. Nos pontos amostrados, houve grande variação da DBO ( $3$  a  $11 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Os pontos que apresentaram maior índice de demanda biológica de oxigênio foram na amostra coletada na barragem, tanto no fim do período chuvoso como no período seco, nos meses de março e junho ( $11,1$  e  $14,7 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Na amostra de água bruta, o valor também esteve acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005, para corpos de água classe 2,

tendo sido de  $6,2 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor médio no mês de março, e  $8,5 \text{ mg.L}^{-1}$  valor médio no mês de junho. Na Estação de Tratamento, a maior concentração encontrada foi de  $6,0 \text{ mg.L}^{-1}$ . Tais valores coincidiram com o aumento na densidade de cianobactérias. As maiores concentrações ocorreram nos meses de março e junho, sem afetar, contudo, a concentração de OD, que esteve com valores acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 em amostras coletadas em todos os pontos avaliados.

Para o Índice de Estado Trófico (IET), todos os resultados obtidos nas amostras de água coletadas nos pontos em análise, apresentaram valores entre 36 a  $47 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ , sendo os maiores valores referentes aos obtidos nas amostras coletadas nos pontos de Água Bruta e do decantador 1. Nas amostras coletadas no ponto Decantador 2, os resultados mostraram que o ambiente pode ser caracterizado como oligotrófico. Os demais pontos; decantador 1, barragem e água bruta, apresentam características de ambiente mesotrófico. Tais valores estão relacionados com a concentração de fósforo e de nitrogênio no ambiente e, ambos estavam acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água classe 2. Esta condição contribuiu para a baixa densidade de células de cianobactérias encontradas nas amostras coletadas.

Na análise de agrupamento, dos pontos amostrados, referentes às variáveis físicas, químicas e bioquímicas realizadas, destacaram-se dois agrupamentos distintos. Um agrupamento entre os pontos de amostragem da barragem e água bruta, correspondentes às águas que não receberam qualquer tipo de tratamento, sendo 44 o valor encontrado. O outro agrupamento ocorreu entre os decantadores, da Estação de Tratamento de Água (ETA), que apresentaram similaridade, em torno de 22. Os valores para similaridade vão de 1 a 100, sendo que quanto menor for o valor, maior é a similaridade.

Os resultados da análise de similaridade entre os gêneros de cianobactérias, apresentaram uma variação dos táxons de acordo com a ocorrência dos pontos de amostragem. Alguns táxons mostraram-se isolados devido à baixa ocorrência, sendo isso verificado em apenas em dois pontos, AB e D2.

Durante o período estudado, as cianobactérias encontradas no manancial e na Estação de Tratamento de Água para o consumo humano, no município de Carangola-MG, apresentaram densidade muito baixa em relação ao que estabelece a portaria do Ministério da Saúde nº 518/2005.

Entre as variáveis analisadas (pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda biológica de oxigênio, nitrogênio total e fósforo total), não houve uma correlação significativa com a densidade de cianobactérias nem com a produção primária, observada nos pontos amostrados, sendo que outros fatores podem estar interferindo na dinâmica dessas populações.

Estes resultados vêm mostrar que o controle de florações de cianobactérias é essencial para os corpos d'água utilizados para o abastecimento público e que um monitoramento mensal deve ser realizado, pelos órgãos responsáveis, como uma prática de prevenção e controle de cianobactérias.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.E. 2000. Systematic and ultrastructure of new and rare chrysophytes from Colorado and Wyoming lakes. Ph D. Dissertation. Colorado. Colorado State University. USA. 280p.
- ALLEN, M.M. 1973. Methods for Cyanophyceae. In: Handbook of Phycological Methods, Culture Methods and Growth Measurements (J. K. Stein, ed). New York, Cambridge University Press. p. 127-138.
- APHA- AMERICAN HEALTH PUBLIC ASSOCIATION. 2002 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 12 ed. APS., New York, USA. 769p
- ANAGNOSTIDIS, K.Y.; KOMAREK, J. 1990. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5-Stigonematales. Archiv furr Hydrobiologie/supplementband 86, Algological studies, 59: p.1-73.
- ARRUDA, P.R.R. 1997 .Uma contribuição ambiental ao estudo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 198p.
- AZEVEDO, S. M. F. O. 1998. Toxinas de cianobactérias: Causas e conseqüências para a saúde pública. Medicina on line, 3(1): 1-19.
- AZEVEDO, S. M. F. O., EVANS, W. R., CHARMICHAEL, W. W. & NAMIKOSHI, M., 1994, First Report of microcystis from a Brazil isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. J. Appl. Phycol., 6(15):261-265.
- BORGES, J. T., 1998, Avaliação do Estado Trófico e Sanitário e a Adsorção do Fósforo no Sedimento na Lagoa do Taquaral. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 120p.
- BRANCO, C.W.C. & SENNA, P.A.C. 1996. Phytoplankton composition, communit structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir. Brasil). Archive Hidrobiology, v. 81, p. 69-84.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Portaria 518 de 25 de março de 2005: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 15p.
- BRASIL. 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente.- CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília.
- BOUVY, M., FALÇÃO, D., MARINHO, M., PAGANO, M. & MOURA, A. 2000. Ocurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoir during the 1998 drought. Aquatic Microbial Ecology, 23(1): 13-27.

CALIJURI, M.C.; ALVES M.S.A.; DOS SANTOS, A.C.A. 2006. Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas continentais. RIMA, São Carlos. São Paulo, 106p.

CARMICHAEL, W.W. 2001. Health effect toxin-producing cyanobacteria: "The cyanoHABs". Human and Ecological Risk Assessment, 7(5): 1393-1407.

CHELLAPPA, N. T., AMORIM, J. M. F., BEZERRA, T. A., CID, V. & COSTA, I. A. 1996. Studies on the microalgae of Rio Grande do Norte: a comparison of the phytoplankton assemblages of an oligotrophic and eutrophic lakes, Brasil. Nova Hedwigia, 112(6):513-524.

COSTA, I. A. S., ARAÚJO, M. F. F. & CHELLAPPA, N. T., 2001, Contribution to our knowledge of cyanobacteria from Brazil. Toxin producing species from a eutrophicated reservoir of Rio Grande do Norte state. ABSTRACT BOOK, PLANKTON SIMPOSIUM, 20-22 de setembro de 2001, Espinho-Portugal, 1999p.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. 1999. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. New York and London.: E&FN Spon. 416p.

DAKER, A.A. 1989. Água na Agricultura : Irrigação e Drenagem 7ª ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, v.3. p.543

DESIKACHARY, T. V. 1959. Cyanophyta. Indian Council Agricultural Research. New Delhi. parte. 2. p 350-430.

ELSER, J.J.; MARSOLF, E.R.; GOLDMAN, C.R. 1990. Phosphorus and nitrogen limitations of phytoplankton in freshwater of North American: a review and critique and experimental enrichments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47: p 1468-1477.

ESTEVES, F.A. 1988 Fundamentos da Limnologia. Rio de Janeiro. Interciência: FINEP, 574p.

FALCONER, I. R. 2001, Toxic cyanobacterial bloom problems in Australian waters: risks and impacts on human health. Phycology, 40(2):228-233.

GENTIL, R.G. 2000. Variação sazonal do fitoplâncton de um lago subtropical eutrófico e aspectos sanitários. São Paulo, S.P. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. p. 140.

HERMES, L.G.; SILVA, A. S. 2004. Avaliação da Qualidade das Águas. Manual prático. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. p.55

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophyte, 4: Nostocales. Algological studies, v.56, p.1-545.

- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. 1998. Cyanoprokaryota. I. Teil. Chroococcales. In: ETIL, H.; GARTNER, G.; HEYNIG, H.; MOLLENHAUER, D. (eds). Susswasserflora von Mitteleuropa. Jena: G. Fisher. p.422-432.
- KOMÁREK, J., ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota, 2: Oscillatoriales. In: Susswasserflora von Mitteleuropa. (B. Bundel, L., Krienitz, G., Gardner & M. Schuagerl, eds.) Elsevier, Munchen. p 101
- KRUPER, R. N. 2006. Estudo das comunidades de macroalgas da bacia do Rio das Pratas, Guarapirava, Paraná: flora e dinâmica sazonal. Dissertação (Mestrado e Botânica), Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, p.101
- KUGRENS, P.; CLAY, B. L. & AGUIAR, R. 2000. Ultrastructure of *Lobocharacium coloradoense*, Gen. Et. Sp. Nov. (Chlorophyta) coenocyte from Colorado. Journal of Phycology. 36: p. 421-432.
- LEE, R.E. 1999. Rhycology. 2ª ed. Cambridge. University Press. New York, 645p.
- MAIER, M. H. 1983. Geoecologia, hidrografia, clima e processos antrópicos da bacia do Jacaré-Pepira, SP. Tese (Doutorado e Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federak de São Carlos. São Paulo
- MAGALHÃES, V. F., SOARES, R. M., AZEVEDO & S. M. F. O. 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. Toxicon, 39(7):1077-1085.
- MARQUES, A. 2006. Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins-TO.
- MATOS, A.T. 2007. Qualidade do Meio Físico Ambiental. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas de Minas Gerais. (Série Cadernos Didáticos, nº 34) Viçosa, MG. p.62.
- MATSUZAKI, M.; MUCCI, J.L.M; ROCHA, A.A. 2004. Phytoplankton community in a recreational fishing lake, Brasil. Revista Saúde Pública, v.38, n.5. p.679-686.
- MOLICA, R., ONODERA, H., GARCIA, C., RIVAS, M., ANDRINOLO, D., NASCIMENTO, S., MEGURO, H., OSHMA, Y., AZEVEDO, S. & LAGOS, N. 2002. Toxins in the freshwater cyanobacterium (Cyanophyceae) isolated from Tabocas reservoir in Caruaru, Brasil, including demonstration of a new saxitoxin analogue. Phycologia, 41(6):
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation Ecology. John Willey & Sons: New York, p. 547
- PORFIRO, Z., RIBEIRO, P. M., ESTEVAN, C. S., RICARDO, L. S. & SANTANA, A. E. G.1999. Hepatosplenomegaly caused by an extract of cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* bloom collected in the Manguaba Lagoon, Alagoas-Brazil. Revista de Microbiologia, 30(3): 278-285.

REYNOLDS, C. S. 1988, Functional morphology and the adaptative strategies of freshwater phytoplankton. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, p. 388 – 434.

SANT'ANNA, C.L., SILVA S. M., CARVALHO, M. C., GEMELGO, M. P., AZEVEDO, M. T. 2007. Planktic cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Revista Brasil. Bot.*, v.30, n.1. p.1-17.

SHAPIRO, J. 1990. Current beliefs regarding dominance by blue-greens: the case for importance of CO<sub>2</sub> And pH. *Verhandlungen Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte limnologie* 24:38-54.

SARTORY, D. P. & GROBBELAAR, J.U. 1984. Extraction of chlorophyll **a** from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analyses. *Hudrobiol*, 114: p. 177-87.

SILVA, D. 2005. Dinâmica de populações de *Mycrocystis* (Cianobactéria) em Pesqueiro na região metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica da Secretaria de Meio Ambiente. São Paulo.p. 158.

TEIXEIRA, M. G. L. C., COSTA, M. C. N., CARVALHO, V. L. P., PEREIRA, M. S. & HAGE, E. 1993. Epidemia de gastroenterite na água da barragem de Itaparica, Bahia. *Bol. Sanit. Panam.* 114(6): 502-511.

TOLEDO JÚNIOR, A.P.: TALARICO, M; CHINEZ, S. J. & AGUDO, E. G. 1983. A aplicação de modelos simplificados para a análise de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 12, Camboriú – SC. p. 1-34.

TUCCI, A.: SANT'ANNA. 2003. C. *Cylindrospermopsis reciborskii* (Wolosz.) Seenaya and Subba Raju (Cyanobacteria): variação sazonal e relação com fatores ambientais em um reservatório eutrofizado, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica.*, 26, p.97-112.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 1992. Eutrophication of lakes and reservoirs: a comparative analyses, case studies, perspectives, In: Cordeiro-Marino (Ed.) *Algae and Environment: A general Approach*. Brazilian Phycological Society. p. 1-33.

VON SPERLING, M. 1996. Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico e ao tratamento de águas residuárias. Belo Horizonte: DESA/UFGM, v.1, p. 243.

YUNES, J. S., SALOMON, P. S., MATTHIENSEN, A., BEATTIE, K. A., RAGGETT, S. L. & CODD, G. A. 1996. Blooms of cianbacteria in the Patos Lagoon estuary, in southern Brazil. *J. Aquatic Ecosystem Health*, 5(4): 223-229.

WETZEL, R.G. & LINKENG, G. E. 1991. *Limnological analyses*. 2ª ed. New York: Springer –Verlag.