



# **Relatório de Análises dos Parâmetros de Qualidade das Águas – abr a jun/2018**

Relatório - ISTMA nº 227646

**CONTRATO DE GESTÃO IGAM Nº 002/2012**

**ATO CONVOCATÓRIO Nº 015/2017**

**CONTRATO Nº 017/2017**

**REVISÃO Nº00**

**VOLUME 01**

**Julho de 2018**



**Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial**

# **Relatório de Análises dos Parâmetros de Qualidade das Águas – abr a jun/2018**

**CONTRATO DE GESTÃO IGAM Nº 002/2012**

**ATO CONVOCATÓRIO Nº 015/2017**

**CONTRATO Nº 017/2017**

**REVISÃO Nº00**

**VOLUME 01**

**Julho de 2018**

## APRESENTAÇÃO DE EQUIPE E APROVAÇÃO

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG

### Presidente

Flávio Roscoe Nogueira

### Diretor Regional do SENAI

Cláudio Marcassa

### Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente

#### Diretor

Marcos Bartasson Tannús

NOME	PROFISSÃO	FUNÇÃO
Aline Morena Menezes Santos	Bióloga	Responsável substituta pelo laboratório de Cianobactérias e Algas
Cláudia Lauria Fróes Siúves	Bióloga	Responsável pelo laboratório de Ecotoxicologia
Cláudia Márcia Perrou Cerqueira	Bióloga	Responsável pelo laboratório de Microbiologia
Glaysimara Aparecida Felipe	Bióloga	Responsável substituta pelo laboratório de Microinvertebrados
Hanna Duarte Almeida Ferraz	Bióloga	Responsável pelo laboratório de Cianobactérias e Algas
Karina Cristiane Alves	Bióloga	Responsável substituta pelo laboratório de Macroinvertebrados
Márcia Heringer Carneiro	Bióloga	Responsável substituta pelo laboratório de Ecotoxicologia
Mariana Davila F. P. P de Freiras	Engenheira Ambiental	Responsável pelo Geoprocessamento
Marina Andrada Maria	Bióloga	Responsável pelo laboratório de Ictiofauna
Marina Miranda Marques Viana	Química	Responsável pela qualidade
Mônica de Cássia Souza Campos	Bióloga	Responsável pelo laboratório de Macroinvertebrados
Nathália Mara Pedrosa Chedid	Bióloga	Responsável pelo laboratório de Clorofila
Patrícia Neres dos Santos	Química	Consistência de dados - laboratório de Água e Efluentes Líquidos
Patrícia Pedrosa Marques Guimarães	Química	Responsável substituta pelo laboratório de Água e Efluentes Líquidos
Renata Vilela Cecilio Dias	Química	Responsável pelo laboratório de Traços Metálicos
Zenilde das Graças Guimarães Viola	Química	Responsável pelo laboratório de Água e Efluentes Líquidos

<b>NOME DO PROJETO</b>			
Análises de parâmetros de qualidade de água, solos, sedimentos e bioindicadores			
<b>NOME DO PRODUTO</b>			
Relatório de Análises dos Parâmetros de Qualidade das Águas – abr a jun/2018			
Elaborado por: Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG		Supervisionado por: Zenilde das Graças Guimarães Viola Pesquisadora em Tecnologia	
Aprovado por: Marcos Bartason Tannús Diretor do Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente		Revisão	Finalidade
		00	3
Data			
13-07-2018			
Legenda Finalidade: [1] Para Informação [2] Para Comentário [3] Para Aprovação.			
 <b>Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG</b> Av. José Cândido da Silveira, 2.000, Horto   CEP 31035-536   Belo Horizonte - MG (31) 3489-2257   site: <a href="http://www.fiemg.com.br/senai">www.fiemg.com.br/senai</a>			

## APRESENTAÇÃO

Esse relatório refere-se à apresentação dos resultados das análises de qualidade das águas como produto da contratação de laboratório especializado para realização de análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade das águas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas conforme demandas.

Foi identificada pelo CBH Rio das Velhas a necessidade de se contratar um laboratório especializado em análises físico-químicas e biológicas para realizar coletas de água e relatórios de análises em toda a área da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, em casos de alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas em função de algum acontecimento anormal, necessitando de uma análise investigativa para assim inferir sobre suas causas e os impactos que desencadearão nos corpos d' água. Esses casos serão considerados como demandas espontâneas. Estas demandas poderão ser eventualmente apresentadas pelos SCBH ou representantes dos municípios inseridos na Bacia do Rio das Velhas (demandantes) e repassadas para a Agência Peixe Vivo, por meio do CBH Rio das Velhas.

Ressaltando que, uma vez que já existe o monitoramento de qualidade das águas superficiais realizado pelo Estado de Minas Gerais, pelo Projeto Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, essa iniciativa do CBH Rio das Velhas tem o objetivo de complementar os resultados e otimizar a rápida tomada de decisões, não havendo sobreposição de competências, pois será realizada ocasionalmente de acordo com as demandas, e não de forma continuada como já realizado pelo Estado.

Outro fato a ser destacado é que esses resultados poderão ser usados como indicadores dos projetos demandados pelo CBH Rio das Velhas, financiados com recursos da cobrança pelo uso da água, fomentando o comitê na gestão das águas da bacia hidrográfica do Rio das Velhas.

Estão sendo contemplados os pontos de monitoramento solicitados, conforme descritos na Tabela 1 e apresentadas as localizações no Figura 1.

**Tabela 1- Pontos de monitoramento de qualidade das águas no Rio das Velhas**

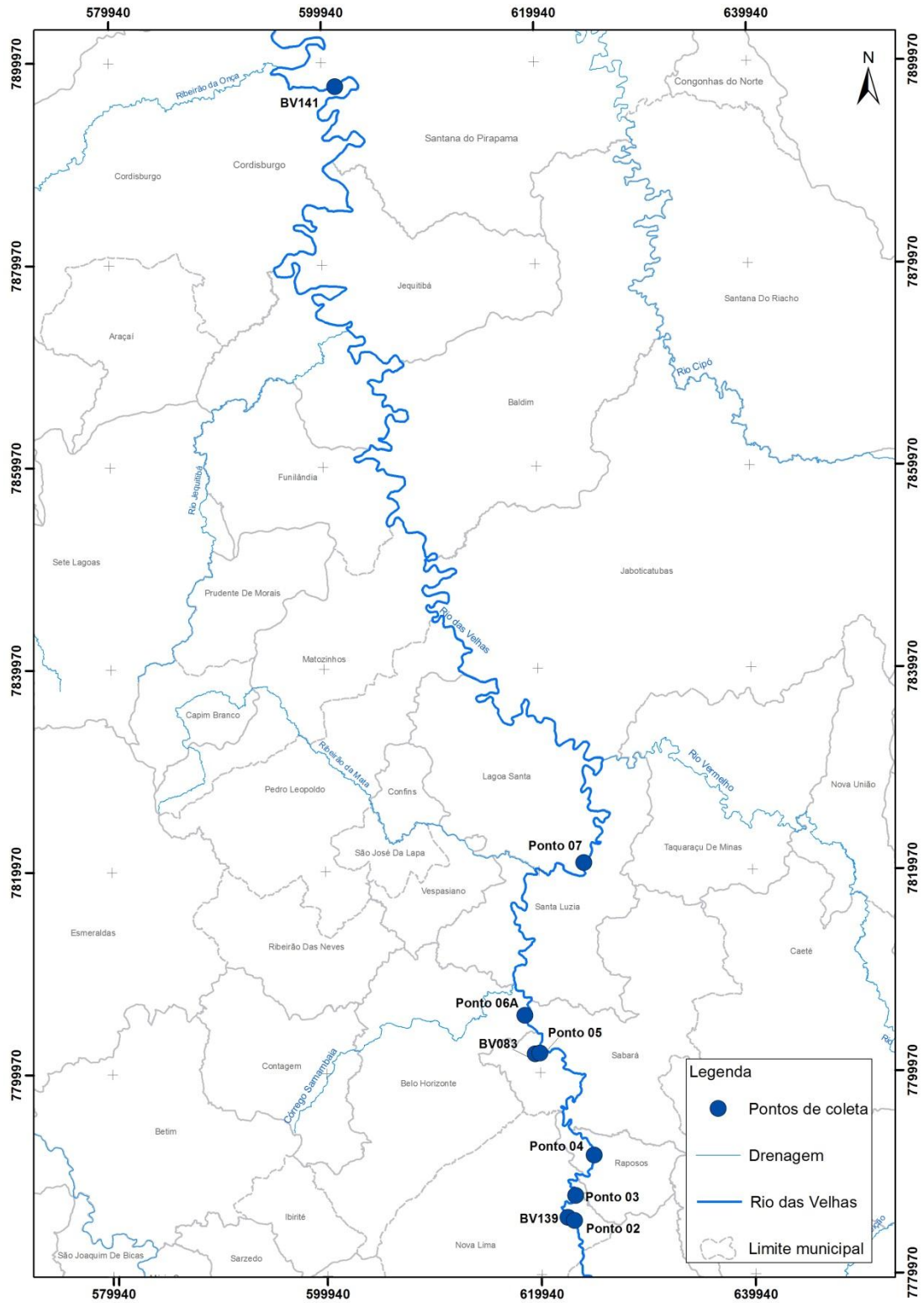
Identificação do ponto	Descrição do local de coleta
BV139	Rio das VELHAS a montante da ETA/COPASA, em Bela Fama
Ponto 02	Rio das VELHAS a jusante de Honório Bicalho
Ponto 03	Rio das VELHAS a Jusante de Bela Fama
Ponto 04	Rio das VELHAS a jusante de Raposos
Ponto 05	Rio da VELHAS a montante do lançamento do ribeirão arrudas
BV083	Rio das VELHAS logo a jusante do ribeirão Arrudas
Ponto 06A	Rio das VELHAS na ponte BR381
Ponto 07	Rio das VELHAS a jusante da Localidade de Pinhões em Santa Luzia
BV141	Rio das VELHAS na cidade de Santana do Pirapama

**Fonte: os autores (2018)**

A demanda da AGB Peixe Vivo destaca que os parâmetros devem ser aderentes ao saneamento: OD, DBO, coliformes, nitrogênio, fosforo, sólidos, turbidez, etc. Portanto, em relação aos parâmetros físico-químicos estão sendo considerados aqueles relacionados à matéria orgânica e fecal, nutrientes e os que são necessários para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade da Água).

Para o aperfeiçoamento em relação ao monitoramento que é realizado pelo IGAM, foi proposta a inclusão de bioindicadores. O uso de bioindicadores tem sido corrente na avaliação de impactos ambientais provocados pela má administração do ambiente, pois animais, plantas, microrganismos e suas complexas interações com o meio ambiente respondem de maneira diferenciada às modificações da paisagem, produzindo informações, que não só indicam a presença de poluentes e carga orgânica, mas como estes interagem com a natureza, proporcionando uma melhor indicação de seus impactos na qualidade dos ecossistemas aquáticos (SOUZA, 2001).

**Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento**



Fonte: os autores (2018)

As alterações na qualidade de água, resultantes dos processos de evolução natural e de ação antrópica, se manifestam pela redução acentuada da biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alterações na dinâmica e estrutura das comunidades biológicas, sendo que o uso de bioindicadores (espécies, grupos de espécies ou comunidades) permite uma avaliação integrada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição (CALLISTO et al., 2001). Os resultados obtidos a partir do uso de bioindicadores no monitoramento possibilitam o tratamento do dado com elaboração de índices como diversidade, equitabilidade, BMWP, e correlação com os resultados dos demais ensaios físicos e químicos. Desta forma sugere-se que as comunidades biológicas de Fitoplâncton, Cianobactérias, Zooplâncton e Zoobentos sejam utilizadas nesse monitoramento.

O monitoramento das cianotoxinas, potencialmente danosas à saúde humana é recomendada nos casos onde a floração é identificada (contagem de cianobactérias acima de 20.000 cel/mL).

Os testes ecotoxicológicos permitem avaliar o impacto de poluentes (ou de misturas dos mesmos) sobre os organismos aquáticos dos corpos receptores sendo uma importante ferramenta de monitoramento de qualidade das águas. Sugere-se que a ecotoxicidade seja avaliada dentro dos primeiros 3 meses de monitoramento. No caso dos três pontos coincidentes com o monitoramento do IGAM, incluiu-se os parâmetros que permitem a avaliação do IPMCA - Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, fenóis, OD, pH e surfactantes) e posteriormente do IVA - Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática.

A clorofila se justifica pela aplicação do parâmetro no IET (Índice de estado trófico), além de ser um parâmetro exigido pela legislação.

Na tabela 2 são apresentados os parâmetros que foram monitorados.



**Tabela 2- Relação de parâmetros monitorados**

Parâmetro	Unidade de medida	Referência
Clorofila a	µg/L	SMEWW 10200 H
Coliformes totais	NMP/100mL	SMEWW 9223 B
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SMEWW 9223 B
Condutividade elétrica in loco	µS/cm	SMEWW 2510 B
Oxigênio dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 4500-O G
pH in loco	unidade de pH	SMEWW 4500 H+ B
Temperatura da água	°C	SMEWW 2550 B
Temperatura do ar	°C	SMEWW 2550 B
Cloreto total	mg.L <sup>-1</sup>	USGS- I -1187 78/1979
Cor verdadeira	UPt	SMEWW 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 5210 B e SMEWW 4500-O G
Demanda Química de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 5220 B e C
Dureza de cálcio	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 3500-Ca B
Dureza de magnésio	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 3500-Mg B
Dureza total	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2340 C
Fenóis totais	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 5530 C
Fósforo total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 4500-P B e E
Nitrato	Mg N . L <sup>-1</sup>	SMEWW 4500-NO3- D
Nitrito	Mg N . L <sup>-1</sup>	SMEWW 4500-NO2- B
Nitrogênio amoniacal total	mg.L <sup>-1</sup>	EPA Method 350.2/1979
Nitrogenio Total	mg.L <sup>-1</sup>	
Óleos e graxas	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 5520 B
Sólidos dissolvidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	ABNT NBR 10664/1989
Sólidos em Suspensão Totais	mg.L <sup>-1</sup>	ABNT NBR 10664/1989
Sólidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	ABNT NBR 10664/1989

**Tabela 2- Relação de parâmetros monitorados (continuação)**

Parâmetro	Unidade de medida	Referência
Substâncias tensoativas	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 5540 C
Turbidez	NTU	SMEWW 2130 B
Microcistina	µg.L <sup>-1</sup>	Chorus & Bartram
Saxitoxina	µg.L <sup>-1</sup>	Chorus & Bartram
Mercúrio total	µg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3112B
Cádmio total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3125B
Cobre dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3120B
Cromo total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3120B
Zinco total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3120B
Cádmio total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3125B
Chumbo total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3125B
Níquel total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3125B
Mercúrio total	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 3112B

**Fonte: os autores (2018)**

Para os pontos de monitoramento coincidentes com as estações de amostragem do Projeto Águas de Minas (BV139, BV083 e BV141), a AGB Peixe Vivo solicitou por meio de ofício a disponibilização dos dados ao IGAM. Esses dados foram disponibilizados em formato de planilha e foram utilizados na apresentação e interpretação dos resultados, juntamente com os novos pontos de monitoramento definidos pela AGB Peixe Vivo.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>iii</b>
<b>1 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS.....</b>	<b>2</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	2
1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	3
<b>2- AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ECOTOXICOLÓGICOS.....</b>	<b>7</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	7
2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	7
<b>3 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE CLOROFILA a.....</b>	<b>12</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	12
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
<b>4 - FITOPLÂNCTON E CIANOBACTÉRIAS .....</b>	<b>17</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	17
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
<b>5- ZOOPLÂNCTON .....</b>	<b>26</b>
5.1 INTRODUÇÃO .....	26
5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
<b>6- ZOOBENTOS .....</b>	<b>35</b>
6.1 INTRODUÇÃO .....	35
6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
<b>7 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS .....</b>	<b>44</b>
7.1 INTRODUÇÃO .....	44
7.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>60</b>
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento.....</b>	<b>v</b>
<b>Gráfico 1.1. Média de contaminação de Escherichia coli por ponto analisado.....</b>	<b>6</b>
<b>Tabela 2.1 – Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudo e crônico para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 2.1 – Diagrama unifilar com a representação do efeito tóxico ao longo dos pontos de amostragem ao longo do rio das Velhas no período de abril a junho de 2018.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 3.1 – Resultados dos ensaios de clorofila a para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 3.2 – Classes do índice de estado trófico (IET) em rios e seu significado.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3 – Diagrama unifilar com a representação do índice de estado trófico para a rede de monitoramento da qualidade da água nos meses de abril a junho de 2018.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4.1. Contribuição percentual das classes fitoplanctônicas para a composição da comunidade no período amostrado.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4.3. Variação temporal e espacial da riqueza de espécies nos meses de abril a junho de 2018.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 4.4. Variação temporal e espacial da densidade de espécies nos meses de abril a junho de 2018.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4.5. Contribuição das classes taxonômicas para a densidade total do fitoplâncton nos meses de abril a junho de 2018.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4.6. Ponderações das variáveis utilizadas no índice de comunidades – fitoplâncton .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4.7. Diagrama unifilar com a representação do índice de comunidade fitoplanctônica para a rede de monitoramento da qualidade da água nos meses de abril a junho de 2018. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 4.8. Densidade de cianobactérias em cél.mL para a rede de monitoramento da qualidade da água nos meses de abril a junho de 2018. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 5.1 – Riqueza total dos táxons observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5.2 – Riqueza total dos táxons observada nos pontos amostrais no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....</b>	<b>28</b>

Figura 5.3 – Densidade total observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....	29
Figura 5.4 – Densidade de Protista observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....	29
Figura 5.5 – Densidade de Rotifera observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....	30
Figura 5.6 – Densidade de Crustacea observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....	30
Figura 5.7 – Densidade de Miscelânea observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....	31
Figura 5.8 – Abundância relativa da comunidade zooplanctônica, presentes nas estações no mês de abril de 2018.....	31
Figura 5.9 – Abundância relativa da comunidade zooplanctônica, presentes nas estações no mês de maio de 2018.....	32
Figura 5.10 – Abundância relativa da comunidade zooplanctônica, presentes nas estações no mês de junho de 2018.....	32
Figura 5.11 - Variação espacial dos valores da diversidade (H') em (bits/ind) e equitabilidade (E) e riqueza (S) da comunidade zooplanctônica, abril/2018.....	33
Figura 5.12 - Variação espacial dos valores da diversidade (H') em (bits/ind) e equitabilidade (E) e riqueza (S) da comunidade zooplanctônica, maio2018.....	33
Figura 5.13 - Variação espacial dos valores da diversidade (H') em (bits/ind) e equitabilidade (E) e riqueza (S) da comunidade zooplanctônica, maio2018.....	34
Figura 6.1: Riqueza total (nº táxons) e frequência de ocorrência em grandes grupos de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.....	37
Figura 6.2: Densidade total em grandes grupos de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.....	38
Figura 6.3: Composição percentual (abundância relativa) em grandes grupos de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018. ....	38
Figura 6.4: Frequência de ocorrência dos táxons de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.....	39
Figura 6.5: Riqueza (nº táxons) de macroinvertebrados por grandes grupos nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.....	40
Figura 6.6: Densidade (ind./m <sup>2</sup> ) de macroinvertebrados por grandes grupos nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.....	40

<b>Figura 6.7: Comparação dos índices bióticos (BMWP), número total de indivíduos e riqueza das estações em abril (a), maio (b) e junho (c) de 2018. ....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 6.8: Diversidade e equitabilidade de macroinvertebrados nas estações de amostragem em abril (a), maio (b) e junho (c) de 2018..</b>	<b>43</b>
<b>Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 7.2 – Diagrama unifilar com a representação do IQA nos pontos de amostragem ao longo do rio das Velhas no período de abril a junho de 2018.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 7.2 – Diagrama unifilar com a representação do IQA nos pontos de amostragem ao longo do rio das Velhas no período de abril a junho de 2018.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Pontos de monitoramento de qualidade das águas no Rio das Velhas .....	iv
Tabela 2.2 – Resultados dos Índices – IPMCA e IVA para os resultados de monitoramento de água de abril a junho de 2018.....	10
Tabela 3.1 – Resultados dos ensaios de clorofila a para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento.....	13
Tabela 3.2 – Resultados do índice de estado trófico para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.....	16
Tabela 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento .....	47
Tabela 7.2 – Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) para os resultados de monitoramento de água de abril a junho de 2018 .....	57
Tabela 7.3 – Resultados da Contaminação por Tóxicos (CT) para os resultados de monitoramento de água de abril a junho de 2018 .....	59

## **LISTA DE NOMENCLATURAS E SIGLAS**

CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica

SCBH – Subcomitê de Bacia Hidrográfica

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

AGB – Agência de Bacia Hidrográfica

IQA - Índice de Qualidade da Água

IPMCA - Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática

IET - Índice de Estado Trófico

DN – Deliberação Normativa

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

IPMCA - Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática

CENO - Concentração de Efeito não Observado

CEO - Concentração de Efeito Observado

IVA - Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas

CT – Contaminação por Tóxicos

BMWP - Biological Monitoring Working Party



## 1 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

### 1.1 INTRODUÇÃO

Os rios são coletores naturais do ambiente, dessa forma reflete, perfeitamente, o uso e ocupação do solo de sua bacia de drenagem, cujos processos principais de degradação são o assoreamento e homogeneização do leito, diminuição da diversidade de habitats e microhabitats, e a eutrofização artificial (Goulart & Callisto, 2003).

Os rios, especialmente os que se localizam em grandes centros urbanos, estão submetidos a várias formas de impactos de origem antrópica, afetando os ecossistemas aquáticos. As principais alterações ocorrem devido aos processos de lavagem e carreamento de material (Callisto et al., 2001).

Diversas são as pesquisas realizadas em rios para se avaliar a qualidade da água e, comumente são utilizados organismos do grupo coliformes, devido sua facilidade nos ensaios e baixo custo operacional.

Coliformes são os indicadores mais eficazes e indicados para este tipo de análise, dentro deste grupo, destacam-se os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli*.

Os coliformes termotolerantes são todos os coliformes que apresentam as características do grupo coliforme (bacilos aeróbios ou anaeróbios facultativos, gram-negativos, não esporulados, oxidase negativos capazes de fermentar a lactose e produzir gás), porém crescem à temperatura de incubação de  $44,5^{\circ} \text{C} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$  em 24 horas. *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5^{\circ} \text{C} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$  em 24 horas, produzindo indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucuronidase. É considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

Para o desenvolvimento desse estudo foi utilizada a técnica de número mais provável em cartelas, conforme SMEWW 9223B. Esta técnica baseia-se na probabilidade estatística relacionada com a frequência da ocorrência de

resultados positivos mais prováveis em função do número real de microrganismos presentes.

## 1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação microbiológica por coliformes totais e *Escherichia coli* informam contaminação recente por esgotamento doméstico, uma vez que se tratam de micro-organismos pouco resistentes à situações adversas no meio.

A Tabela 1.1 apresenta os resultados obtidos para os organismos em cada ponto, no período de abril a junho de 2018. A Tabela 1.2 apresenta a relação dos resultados com o padrão de enquadramento Classe 2 para águas doces. Segundo a DN conjunta COPAM nº 01 de 2008, água de classe 2:

*“não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100mililitros (...) a E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com os mesmos limites.”*

A contaminação por coliformes totais não caracteriza origem fecal e/ou esgotamento doméstico mas é um parâmetro utilizado para nortear os estudos e possíveis medidas protetivas.

**Tabela 1.1 Resultado microbiológico para os parâmetros Coliformes totais e Escherichia coli no período de Abril a Junho de 2018**

Identificação do ponto	Data do ensaio	Coliformes totais NMP/100mL	Limites inferior-superior	E. coli NMP/100mL	Limites inferior-superior
BV139	13/04/2018	>24196	14395 - ∞	17329	11677 - 27095
BV139	03/05/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
BV139	05/06/2018	>24196	14395 - ∞	9208	6205 - 12820
Ponto 02	17/04/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 02	04/05/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 02	05/06/2018	>24196	14395 - ∞	10462	7050 - 15090
Ponto 03	25/04/2018	>24196	14395 - ∞	9208	6205 - 12820
Ponto 03	04/05/2018	>24196	14395 - ∞	6131	4012 - 8792
Ponto 03	05/06/2018	>24196	14395 - ∞	24196	16304 - 47161
Ponto 04	17/04/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 04	04/05/2018	15531	10162 - 23531	341	223 - 492
Ponto 04	05/06/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 05	17/04/2018	>24196	14395 - ∞	24196	16304 - 47161
Ponto 05	03/05/2018	>24196	14395 - ∞	19863	12220 - 33002
Ponto 05	06/06/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
BV083	17/04/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
BV083	04/05/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
BV083	06/06/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 06A	18/04/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 06A	03/05/2018	>24196	14395 - ∞	3255	2066 - 4981
Ponto 06A	06/06/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 07	18/04/2018	>24196	14395 - ∞	>24196	14395 - ∞
Ponto 07	03/05/2018	>24196	14395 - ∞	19863	12220 - 33002
Ponto 07	06/06/2018	>24196	14395 - ∞	8164	5501 - 11746
BV141	24/04/2018	6867	14395 - ∞	2755	1856 - 4168
BV141	03/05/2018	>24196	14395 - ∞	19863	12220 - 33002
BV141	07/06/2018	9804	6606 - 14102	145	78 - 236

**Tabela 1.2 Avaliação de enquadramento segundo DN COPAM 01/08**

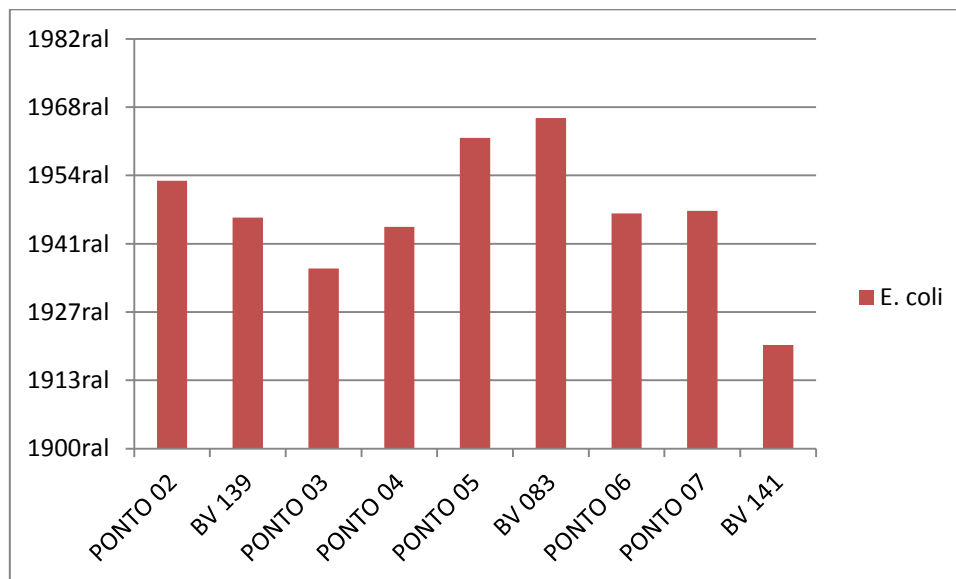
<b>Ponto</b>	<b>Data do ensaio</b>	<b>Padrão Classe 2 DN COPAM 01/08</b>
BV 139	13/04/2018	Não atende
BV 139	03/05/2018	Não atende
BV 139	05/06/2018	Não atende
Ponto 02	17/04/2018	Não atende
Ponto 02	04/05/2018	Não atende
Ponto 02	05/06/2018	Não atende
Ponto 03	25/04/2018	Não atende
Ponto 03	04/05/2018	Não atende
Ponto 03	05/06/2018	Não atende
Ponto 04	17/04/2018	Não atende
Ponto 04	04/05/2018	Atende
Ponto 04	05/06/2018	Não atende
Ponto 05	17/04/2018	Não atende
Ponto 05	03/05/2018	Não atende
Ponto 05	06/06/2018	Não atende
BV 083	17/04/2018	Não atende
BV 083	04/05/2018	Não atende
BV 083	06/06/2018	Não atende
Ponto 06 <sup>a</sup>	18/04/2018	Não atende
Ponto 06 <sup>a</sup>	03/05/2018	Não atende
Ponto 06 <sup>a</sup>	06/06/2018	Não atende
Ponto 07	18/04/2018	Não atende
Ponto 07	03/05/2018	Não atende
Ponto 07	06/06/2018	Não atende
BV 141	24/04/2018	Não atende
BV 141	03/05/2018	Não atende
BV 141	07/06/2018	Atende

A *Escherichia coli* é um dos parâmetros utilizados para se calcular o Índice de Qualidade de Água – IQA. O IQA é calculado utilizando 9 parâmetros com seus respectivos pesos, cujos valores foram determinados de acordo com sua importância para a conformação global da qualidade da água. A *E. coli* ou coliformes termotolerantes possui peso 0,15 no cálculo, sendo o segundo parâmetro mais significativo para esse indicador.

Valor de 1000 *E.coli* ou coliformes termotolerantes já são suficientes para classificar um ponto com IQA ruim. O estudo mostra que, para o parâmetro em questão, apenas dois pontos estariam abaixo dessa faixa (Ponto 04 e BV141).

A análise das médias de contaminação para *E.coli* pode ser observado no Gráfico 1.1.

**Gráfico 1.1. Média de contaminação de Escherichia coli por ponto analisado.**



Os pontos estão apresentados na sequência do curso do rio. Os pontos 03 a 07, incluindo o BV083 são os pontos que mais sofrem interferência antrópica, pois estão localizados junto ao maior adensamento populacional do curso d'água. Os pontos 02 e BV139 apesar de não estarem na área de maior concentração populacional estão em área onde se observa alto percentual de lançamento de esgoto diretamente no curso d'água, o que pode justificar as médias superiores a 1000.

O ponto 141 está em uma região de baixo impacto populacional e entorno mais preservado. No entanto, a média de contaminação ainda é elevada demonstrando que o processo de autodepuração não conseguiu restabelecer o equilíbrio do meio aquático.

## 2- AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ECOTOXICOLÓGICOS

### 2.1 INTRODUÇÃO

A preservação dos recursos hídricos requer um monitoramento adequado através de técnicas que sejam capazes de identificar o real estado da qualidade da água, e para esse propósito, a determinação de parâmetros físicos e químicos tem sido utilizada. Para autores como Cairns Junior (2002), Palma et al. (2010), Botelho et al. (2012) e Botelho et al. (2013) a caracterização física e química deve ser realizada em conjunto com ensaios ecotoxicológicos utilizando organismos vivos, já que esses interagem com os poluentes gerando resultados mais conclusivos e consistentes.

Os microcrustáceos, têm sido utilizados em ensaios ecotoxicológicos como organismos teste em estudos de avaliação da qualidade de ambientes aquáticos (PALMA et al., 2014), sendo a principal razão para isso sua sensibilidade, facilidade de cultivo e biologia conhecida. Dentre os microcrustáceos utilizados, a *Daphnia similis* e a *Ceriodaphnia dubia* são amplamente utilizados em ensaios ecotoxicológicos, pois reúnem todas as características citadas anteriormente, e são padronizada por agências nacionais para esse propósito (ABNT).

### 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação ecotoxicológica e físico-química refletem a situação do momento, sendo uma ferramenta eficiente para a avaliação de contaminações pontuais, assim como permite a interpretação da flutuabilidade da qualidade da água no ambiente.

A Tabela 2.1 apresenta os resultados ecotoxicológicos agudo e crônico para as amostras coletadas no período de abril a junho de 2018, e a avaliação de atendimento ao padrão de enquadramento de água doce classe 2, segundo a DN conjunta COPAM nº 01 de 2008, que estabelece a não verificação de efeito tóxico agudo e crônico a organismos aquáticos. Desta forma, todos os pontos que apresentaram efeito crônico não atenderam a qualidade preponderante.

**Tabela 2.1 – Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudo e crônico para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento**

Ponto	Data de coleta	Toxicidade aguda (%)	Toxicidade crônica (%)	Padrão Classe 2 DN COPAM 01/08 <sup>(1)</sup>
BV139	12/04/2018	Não tóxico	<b>CENO:12,5 – CEO:25,0</b>	<b>Não atende</b>
BV139	02/05/2018	Não tóxico	<b>CENO:25,0 – CEO:50,0</b>	<b>Não atende</b>
BV139	04/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 02	17/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 02	02/05/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 02	04/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 03	25/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 03	02/05/2018	Não tóxico	<b>CENO:25,0 – CEO:50,0</b>	<b>Não atende</b>
Ponto 03	04/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 04	17/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 04	02/05/2018	Não tóxico	<b>CENO:50,0 – CEO:100,0</b>	<b>Não atende</b>
Ponto 04	04/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 05	17/04/2018	Não tóxico	<b>CENO:50,0 – CEO:100,0</b>	<b>Não atende</b>
Ponto 05	03/05/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 05	05/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
BV 083	16/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
BV 083	03/05/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
BV 083	05/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 6A	18/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 6A	03/05/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 6A	05/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 7	18/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 7	03/05/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
Ponto 7	05/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
BV 141	23/04/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
BV 141	02/05/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende
BV 141	06/06/2018	Não tóxico	Não tóxico	Atende

**(1) Não verificação de efeito tóxico agudo e crônico a organismos.**

**Fonte: os autores (2018)**

Para a avaliação de qualidade de água de forma integrada pode ser utilizado diversos índices. Os resultados ecotoxicológicos são utilizados para compor o Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA),

que leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito sobre os organismos aquáticos (toxicidade) e duas das variáveis consideradas essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido). É composto então, por dois grupos de variáveis: (1) Grupo de variáveis essenciais: oxigênio dissolvido, pH e toxicidade e (2) Grupo de substâncias tóxicas: cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis. Neste estudo foram utilizadas apenas substâncias tensoativas e fenóis totais, sendo estes os parâmetros analisados em toda a rede de monitoramento avaliada.

Os valores de IPMCA estão apresentados na Tabela 2.2 e apontam resultado regular para todos os pontos que apresentaram efeito crônico, assim como resultados ruins para aqueles que apresentaram baixos valores de oxigênio dissolvido e presença de elevada concentração de substâncias tensoativas. Os pontos BV083, Ponto 06A e Ponto 7 foram os que, ao menos em uma campanha obtiveram resultados ruins. Os resultados alterados do índice podem ser indicativos de alterações antrópicas.

O Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas – IVA tem como objetivo a avaliação da qualidade das águas para proteção da flora e fauna em geral. Seu cálculo é baseado nos valores obtidos no IPMCA e IET. Desta forma este índice fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecológicos, como também o grau de trófia. Na tabela 2.2 também estão representados os valores de IVA.

Observa-se uma consonância entre os resultados dos índices, sendo que o estado trófico classificou de pior maneira alguns pontos em relação ao IPMCA.

Para o IVA os pontos BV083, Ponto 6A, Ponto 7 e BV141 apresentaram os piores resultados. Destaca-se que o estado trófico do ponto 4 foi determinante para sua classificação como ruim nos três meses de coleta.



**Tabela 2.2 – Resultados dos Índices – IPMCA e IVA para os resultados de monitoramento de água de abril a junho de 2018**

Ponto	Data de coleta	IPMCA	IVA
BV139	12/04/2018	2	2,4
BV139	02/05/2018	2	3,4
BV139	04/06/2018	1	3,2
Ponto 02	17/04/2018	1	2,2
Ponto 02	02/05/2018	1	3,2
Ponto 02	04/06/2018	1	2,2
Ponto 03	25/04/2018	1	3,2
Ponto 03	02/05/2018	2	4,4
Ponto 03	04/06/2018	1	2,2
Ponto 04	17/04/2018	1	2,2
Ponto 04	02/05/2018	2	4,4
Ponto 04	04/06/2018	1	3,2
Ponto 05	17/04/2018	2	4,4
Ponto 05	03/05/2018	1	3,2
Ponto 05	05/06/2018	1	3,2
BV 083	16/04/2018	4	8,8
BV 083	03/05/2018	2	6,4
BV 083	05/06/2018	2	5,4
Ponto 6A	18/04/2018	2	5,4
Ponto 6A	03/05/2018	4	7,8
Ponto 6A	05/06/2018	2	6,4
Ponto 7	18/04/2018	2	6,4
Ponto 7	03/05/2018	4	8,8
Ponto 7	05/06/2018	4	9,8
BV 141	23/04/2018	1	6,2
BV 141	02/05/2018	1	6,2
BV 141	06/06/2018	1	6,2

**Legenda IPMCA**

<b>BOA</b>	0 e 1
<b>REGULAR</b>	2
<b>RUIM</b>	3 e 4
<b>PÉSSIMA</b>	5 a 9

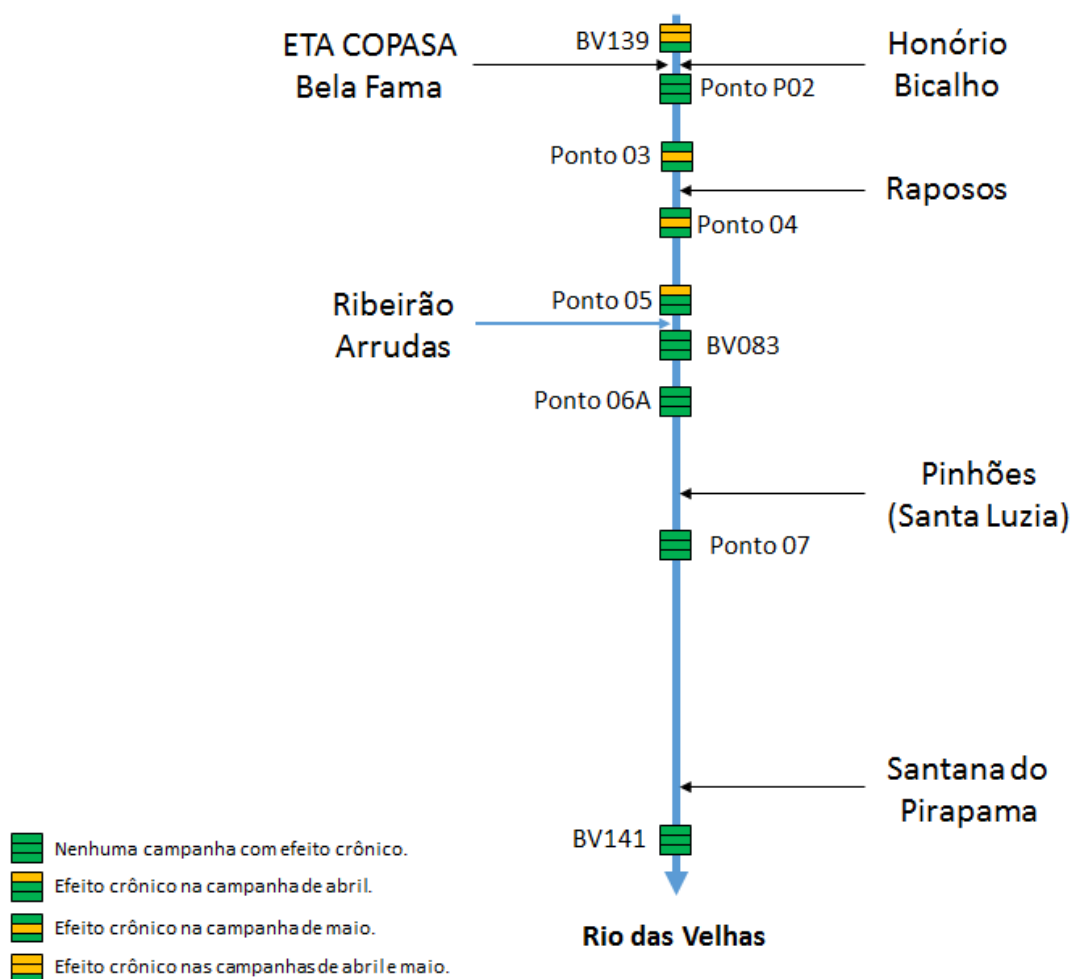
**Legenda IVA**

<b>ÓTIMA</b>	$IVA \leq 2,5$
<b>BOA</b>	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
<b>REGULAR</b>	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
<b>RUIM</b>	$6,6 \leq IVA \leq 6,7$
<b>PÉSSIMA</b>	$6,8 \leq IVA$

Fonte: os autores (2018)

A Figura 2.1 apresenta um diagrama unifilar com representação dos pontos analisados e suas influências diretas e indiretas no curso de água. Neste estão identificados em esquema de cor os resultados de toxicidade crônica em cada uma das três campanhas monitoradas, estando de amarelo as ocorrências de efeito crônico e em verde a ausência do mesmo. Não houve representação da toxicidade aguda, uma vez que não foi observada para nenhum dos pontos em nenhuma das campanhas monitoradas.

**Figura 2.1 – Diagrama unifilar com a representação do efeito tóxico ao longo dos pontos de amostragem ao longo do rio das Velhas no período de abril a junho de 2018**



Fonte: os autores (2018)

### **3 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE CLOROFILA a**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A clorofila *a* é um importante indicador do estado trófico de corpos hídricos, pois retrata o nível de produção primária destes ambientes - a biomassa algal - que juntamente com a outras variáveis, classificam o corpo de água no índice de estado trófico (IET). ESTEVES (1988) considera eutrofização como aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de sua produtividade.

A classificação dos ambientes aquáticos através do Índice do Estado Trófico (IET), proposto inicialmente por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004), permite a predição e acompanhamento do processo de eutrofização, com a observação do florescimento de algas, causada principalmente por aporte de nutrientes que normalmente são oriundos de interferências antrópicas.

Os principais tipos de poluidores recebem a denominação de fontes pontuais e difusas, onde as pontuais são aquelas que o poluente atinge de forma concentrada o corpo de água e nas fontes difusas o poluente adentra o corpo de água distribuindo-se ao longo de parte da sua extensão (VON SPERLING, 1996), provindas de escoamento superficial, lixiviação de fertilizantes, dispersão natural, entre outros.

#### **3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Considerada como uma das variáveis indicadoras de estado trófico dos ambientes aquáticos o ensaio de clorofila *a* consolida a importância de sua determinação para o monitoramento dos níveis tróficos dos ecossistemas aquáticos.

A Tabela 3.1 apresenta os resultados de clorofila *a* durante as três campanhas de monitoramento. Com exceção da estação amostral BV141, que apresenta violação para os meses de abril e maio, todas as outras estações apresentaram resultados aceitáveis de acordo com a classificação do corpo de água para classe 2 de enquadramento.

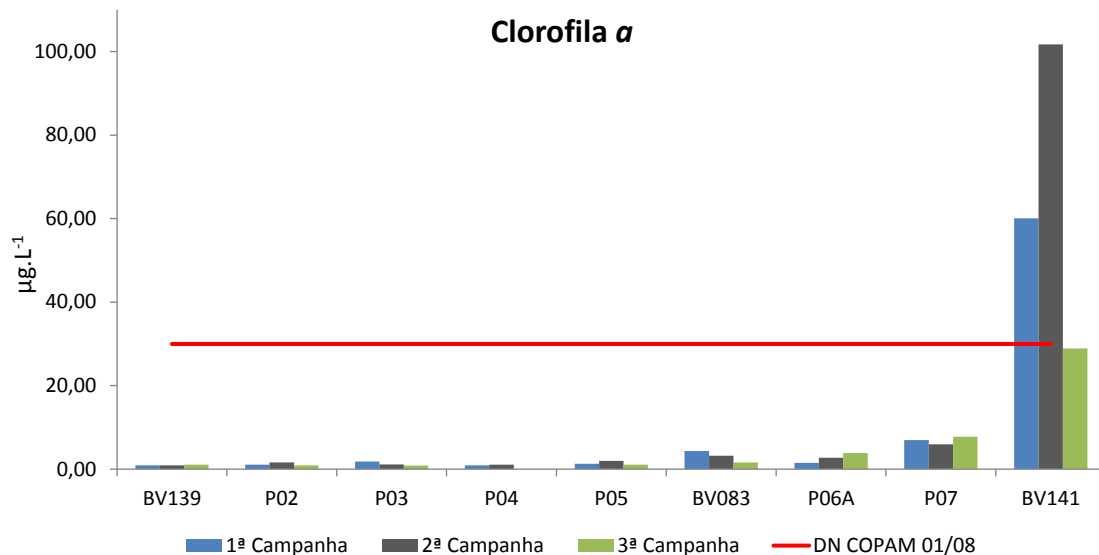
**Tabela 3.1 – Resultados dos ensaios de clorofila a para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento**

Ponto	Data de coleta	Resultado clorofila µg/L	Padrão Classe 2 DN COPAM 01/08
BV139	12/04/2018	0,93	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV139	02/05/2018	0,93	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV139	04/06/2018	1,07	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 02	17/04/2018	1,07	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 02	02/05/2018	1,6	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 02	04/06/2018	0,93	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 03	25/04/2018	1,85	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 03	02/05/2018	1,11	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 03	04/06/2018	0,86	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 04	17/04/2018	0,89	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 04	02/05/2018	1,08	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 04	04/06/2018	<0,8	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 05	17/04/2018	1,27	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 05	03/05/2018	2	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 05	05/06/2018	1,07	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV 083	16/04/2018	4,34	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV 083	03/05/2018	3,2	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV 083	05/06/2018	1,6	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 6A	18/04/2018	1,53	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 6A	03/05/2018	2,76	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 6A	05/06/2018	3,85	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 7	18/04/2018	6,98	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 7	03/05/2018	5,93	30 µg.L <sup>-1</sup>
Ponto 7	05/06/2018	7,77	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV 141	23/04/2018	<b>60,08</b>	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV 141	02/05/2018	<b>101,73</b>	30 µg.L <sup>-1</sup>
BV 141	06/06/2018	28,91	30 µg.L <sup>-1</sup>

Fonte: os autores (2018)

Na Figura 3.1 somente a estação BV141 violou os limites permitidos pela legislação em duas campanhas consecutivas, fato esse que pode estar relacionado a maior disponibilidade de nutrientes oriundos de matéria orgânica, forte indício de ação antrópica.

**Figura 3.1 – Resultados dos ensaios de clorofila a para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.**



Fonte: os autores (2018)

A clorofila a é componente do cálculo de IET juntamente com o fósforo total. Na Figura 3.2 é possível observar as classes utilizadas para o índice de estado trófico em rios e seu significado.

**Figura 3.2 – Classes do índice de estado trófico (IET) em rios e seu significado.**

Valor IET	Classes	Significado
IET ≤ 47	Ultraoligotrófica	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET ≤ 52	Oligotrófica	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre o uso da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET ≤ 59	Mesotrófica	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade de água, em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET ≤ 63	Eutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET ≤ 67	Supereutrófica	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
IET > 67	Hipereutrófica	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Cetesb (2008)

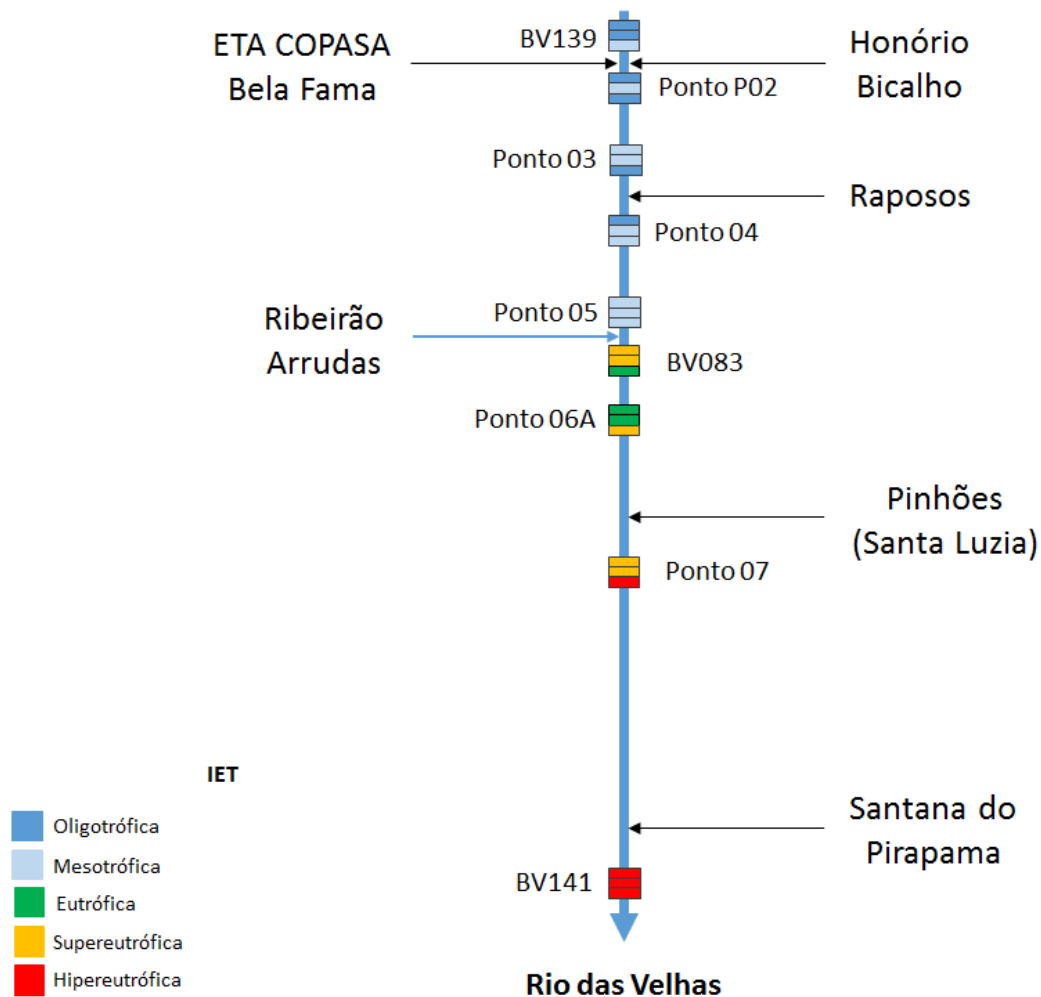
A Tabela 3.2 apresenta os valores calculados para o índice em todos os pontos e campanhas do monitoramento avaliado. Foi observada uma variação da condição trófica ao longo do corpo de água, o que também pode ser melhor visualizado no diagrama apresentado na Figura 3. Os pontos a jusante do Ribeirão Arrudas apresentaram índices que podem ser indicativos de alterações antrópicas, propiciando o aumento da carga orgânica, elevação da produtividade de algas e aumento dos valores de clorofila *a* nestes pontos.

**Tabela 3.2 – Resultados do índice de estado trófico para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**

Ponto	Data de coleta	IET
BV139	12/04/2018	51
BV139	02/05/2018	51
BV139	04/06/2018	54
Ponto 02	17/04/2018	52
Ponto 02	02/05/2018	54
Ponto 02	04/06/2018	52
Ponto 03	25/04/2018	55
Ponto 03	02/05/2018	53
Ponto 03	04/06/2018	52
Ponto 04	17/04/2018	52
Ponto 04	02/05/2018	53
Ponto 04	04/06/2018	53
Ponto 05	17/04/2018	53
Ponto 05	03/05/2018	55
Ponto 05	05/06/2018	54
BV 083	16/04/2018	66
BV 083	03/05/2018	64
BV 083	05/06/2018	61
Ponto 6A	18/04/2018	60
Ponto 6A	03/05/2018	63
Ponto 6A	05/06/2018	65
Ponto 7	18/04/2018	66
Ponto 7	03/05/2018	67
Ponto 7	05/06/2018	68
BV 141	23/04/2018	73
BV 141	02/05/2018	76
BV 141	06/06/2018	71

Fonte: os autores (2018)

**Figura 3 – Diagrama unifilar com a representação do índice de estado trófico para a rede de monitoramento da qualidade da água nos meses de abril a junho de 2018.**



Fonte: os autores (2018)

## 4 - FITOPLÂNCTON E CIANOBACTÉRIAS

### 4.1 INTRODUÇÃO

O fitoplâncton é constituído dos principais produtores primários na água doce e, por isso, compõe elemento importante para avaliação das condições ambientais (Gentil et al., 2008). O conhecimento sobre o fitoplâncton, tanto em relação aos aspectos de composição de espécies quanto em relação à ocorrência, densidades populacionais, sucessão temporal ou padrões de distribuição nos sistemas aquáticos naturais é de enorme relevância para o



entendimento das interações bióticas ou daquelas com o meio abiótico, e contribuem preponderantemente para a compreensão do funcionamento do sistema.

O fitoplâncton assume outra importante função na comunidade aquática pelo fato de serem sensíveis às alterações ambientais. O processo de eutrofização dos corpos de água provoca mudanças na qualidade da água, podendo aumentar a densidade de algas. A proliferação de fitoplâncton pode provocar mudança nas características organolépticas da água, a dominância de grupos taxonômicos e diminuição da diversidade. Assim, essa comunidade vem sendo amplamente utilizada como um indicador de qualidade da água uma vez que as mudanças na sua estrutura têm implicações diretas para a integridade biológica do ecossistema como um todo.

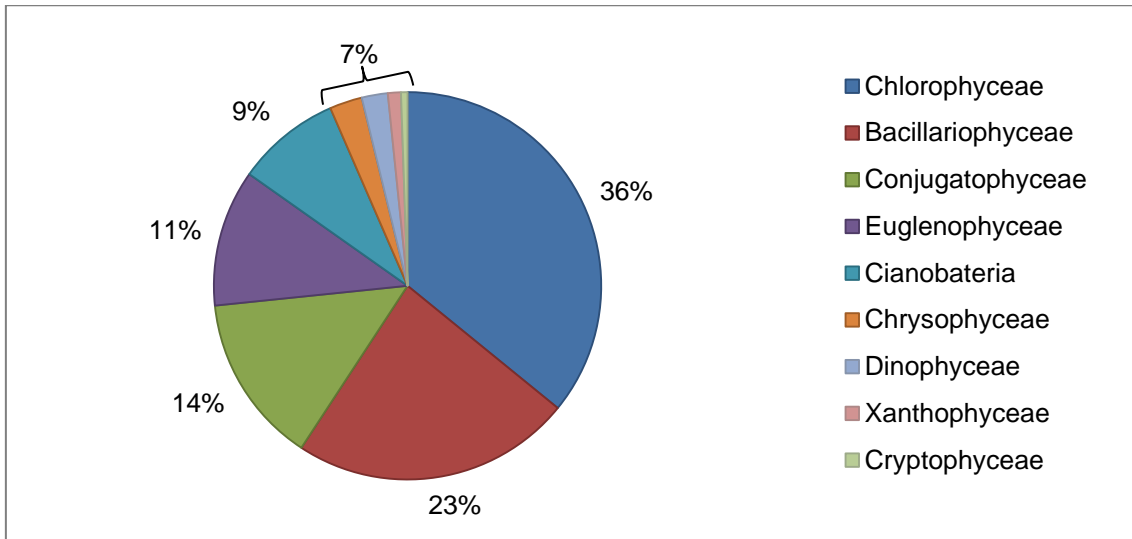
Destaca-se o grupo das Cianobactérias, conhecidas por seu potencial de produção e liberação de compostos tóxicos denominados cianotoxinas. As florações de cianobactérias potencialmente tóxicas constituem problema ambiental de grande relevância para os efeitos que podem gerar na saúde humana e animal, sendo objeto de inúmeras pesquisas científicas.

#### 4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comunidade fitoplanctônica foi analisada em nove pontos (BV139, Ponto 02, Ponto 03, Ponto 04, Ponto 05, BV083, Ponto 06A, Ponto 07 e BV141) localizados no rio das Velhas, em três coletas mensais (Abril, Maio e Junho de 2018).

Ao todo 184 taxa da comunidade fitoplanctônica amostrada no Rio das Velhas, nas três coletas foram identificados. Destes, a classe Chlorophyceae apresentou a maior riqueza (66 taxa), seguida da classe Bacillariophyceae (43), Conjugatophyceae (26), Euglenophyceae (21), Cianobactéria (16). As classes Chrysophyceae, Dinophyceae, Xantophyceae e Cryptophyceae apresentaram menor representatividade, totalizando 7% da comunidade. A Figura 4.1 apresenta a contribuição percentual das classes fitoplanctônicas para a composição da comunidade no período amostrado.

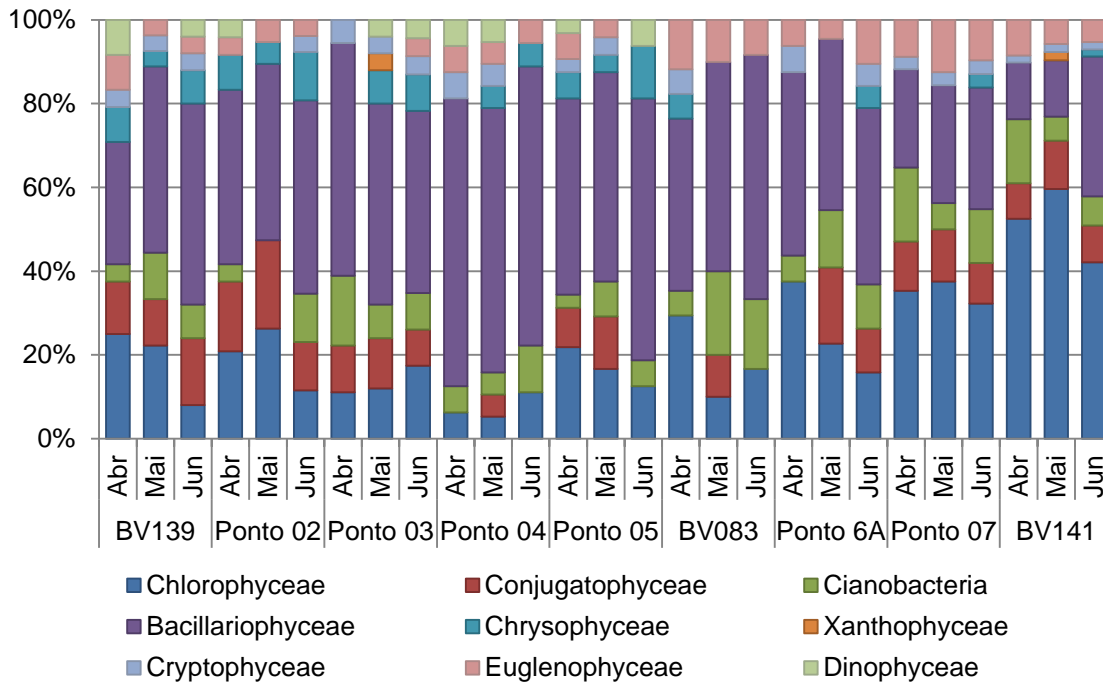
**Figura 4.1. Contribuição percentual das classes fitoplanctônicas para a composição da comunidade no período amostrado**



Em sistemas aquáticos, é observado que a classe Chlorophyceae tem maior representatividade em termos de riqueza. Essa classe é referida por Bicudo (1999) como a que apresenta a maior distribuição em grande parte dos lagos do Brasil, quase que invariavelmente, encontradas em todos os corpos de água doce.

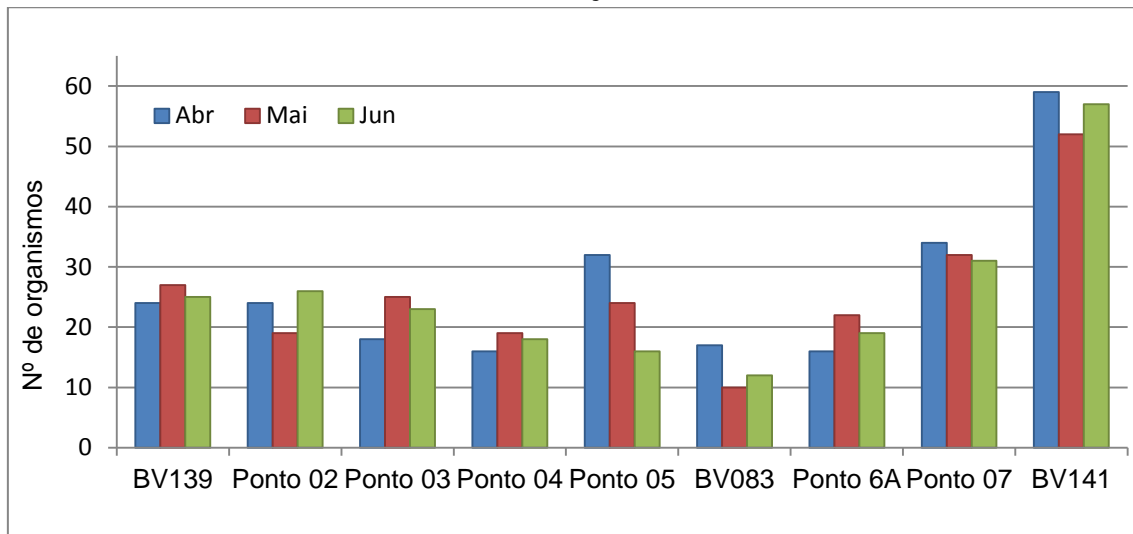
Com relação à representatividade das classes fitoplanctônicas observa-se que se mantêm a dominância dos grupos mais expressivos descritos para comunidade. Observa-se, ainda, que a variação das classes de fitoplâncton ao longo do tempo, bem como entre os pontos mostrou-se pouco expressiva, como observado na Figura 4.2. Destaca-se a classe Chlorophyceae nos pontos: Ponto 6A, Ponto 07 e BV141 que contribuiu para o incremento da riqueza total, apresentada na Figura 4.3.

**Figura 4.2. Variação temporal e espacial da contribuição percentual das classes fitoplanctônicas nos meses de abril a junho de 2018.**



Ainda em relação à riqueza total (Figura 4.3), observou-se variação sutil no número de taxa entre as coletas, sendo ligeiramente maiores as variações no Ponto 05. As maiores riquezas observadas ocorreram no ponto de amostragem BV141, em que foram registrados acima de 50 taxa, seguido em ordem decrescente por Ponto 07 com registros acima de 30 taxa. Destaca-se o ponto BV083 em que foram registradas as menores riquezas de comunidade fitoplanctônica.

**Figura 4.3. Variação temporal e espacial da riqueza de espécies nos meses de abril a junho de 2018.**



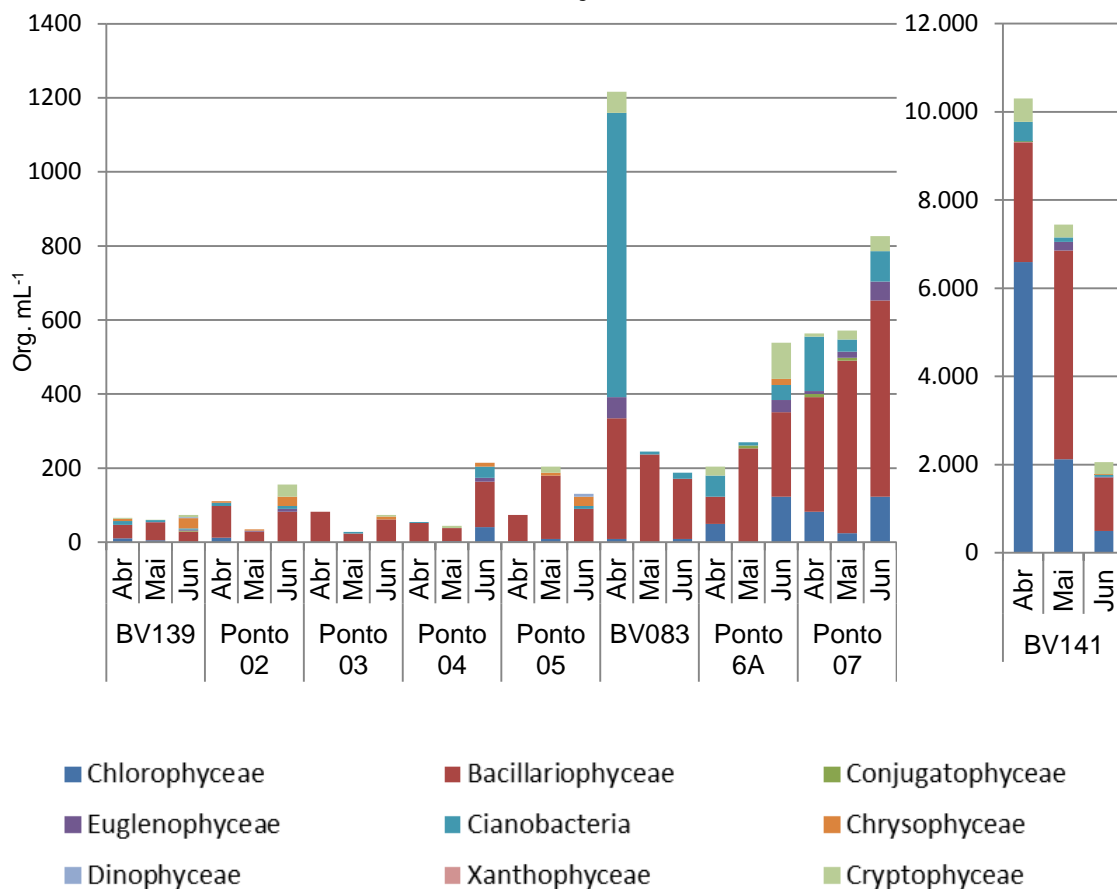
As densidades registradas encontram-se na Figura 4.4 onde se verifica alternância na composição das classes para a comunidade.

Em relação à densidade da comunidade os pontos BV139, Ponto 02, Ponto 03, Ponto 04 e Ponto 05 apresentaram baixas densidades de fitoplâncton (<200 org.ml) com dominância de Bacillariophyceae nas amostragens. Destaca-se o Ponto 04 (Junho/18) e Ponto 05 (Maio/18) em que os valores de densidade foram superiores a 200 org.mL. Nestes pontos, organismos do gênero *Navicula* contribuíram preponderantemente para a dominância da classe.

Os pontos BV083, Ponto 6A e Ponto 07 apresentaram, no geral, densidades ligeiramente elevadas. Nestes pontos o maior valor de densidade foi observado no ponto BV083 na coleta realizada em maio ( $1.216,44 \text{ org.mL}^{-1}$ ) em que ocorreu dominância de cianobactérias. Destaca-se o gênero *Geitlerinema* como principal contribuinte para a dominância deste grupo.

A maior densidade total do fitoplâncton foi observada durante o mês de abril no ponto BV141 ( $10.307,05 \text{ org.mL}$ ) refletindo a dominância da comunidade de Chlorophyceae.

**Figura 4.4. Variação temporal e espacial da densidade de espécies nos meses de abril a junho de 2018.**



A distribuição da abundância relativa da comunidade fitoplanctônica entre os pontos analisados e ao longo do tempo é apresentada na Figura 4.5 onde se observa variação inexpressiva das densidades em termos sazonal ou temporal.

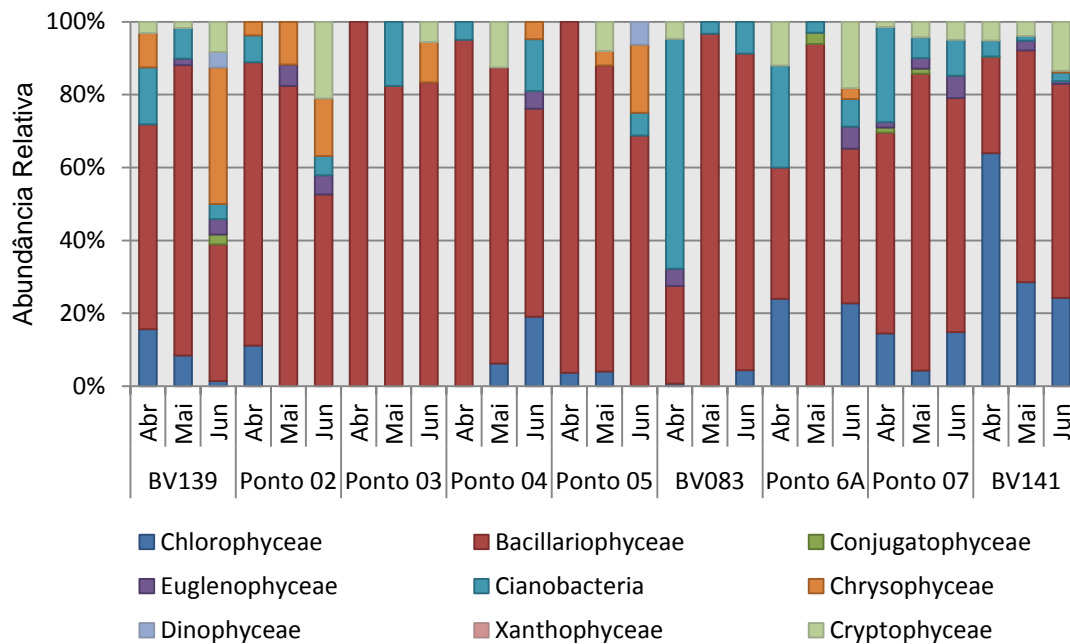
A classe Bacillariophyceae apresenta contribuição elevada na densidade da comunidade associada à dominância dos grupos. No entanto, observam-se outras classes taxonômicas como pode ser verificado nos Ponto 6A e Ponto 07 (abril e junho/18), em que a classe Chlorophyceae apresentou expressiva contribuição e estenderam sua importância nas coletas realizadas no BV141.

A classe Cianobactéria obteve a maior representatividade no ponto BV083 (abril), com contribuições inferiores em outras coletas ou ambientes.

Os organismos fitoflagelados, no geral, apresentaram moderados aumentos de representatividade. Tais organismos representados pelas classes Cryptophyceae, Euglenophyceae e Chrysophyceae possuem flagelos, o que contribui para a motilidade, bem como para a renovação da água em seu torno,

facilitando o contato com os nutrientes. Segundo Reynolds (1984), as Cryptophyceae parecem tolerar ampla variedade de condições nutricionais, sendo caracterizadas como oportunistas. A contribuição dos fitoflagelados sobressaiu no ponto BV139 (junho/18).

**Figura 4.5. Contribuição das classes taxonômicas para a densidade total do fitoplâncton nos meses de abril a junho de 2018.**



O índice da comunidade fitoplanctônica visa avaliar a qualidade das águas segundo as categorias ÓTIMA, BOA, RAZOÁVEL E RUIM, utilizando a dominância dos grandes grupos que compõem o fitoplâncton, a densidade dos organismos e o Índice de Estado Trófico (IET) conforme mostra a Figura 4.6 (Cetesb, 2006, 2017).

**Figura 4.6. Ponderações das variáveis utilizadas no índice de comunidades – fitoplâncton**

Categoria	Ponderação	Níveis
<b>ÓTIMA</b>	1	Não há dominância entre os grupos Densidade total < 1.000 org/mL IET ≤ 52
<b>BOA</b>	2	Dominância de Clorofíceas (Desmidiáceas) ou Diatomáceas Densidade total > 1.000 e < 5.000 org/mL 52 < IET ≤ 59
<b>REGULAR</b>	3	Dominância de Clorofíceas (Chlorococcales), Fitoflagelados ou Dinoflagelados Densidade total > 5.000 e < 10.000 org/mL 59 < IET ≤ 63
<b>RUIM</b>	4	Dominância de Cianobactérias ou Euglenofíceas Densidade total > 10.000 org/mL 63 < IET

As categorias de qualidade da água, na qual foram classificados os pontos monitorados estão apresentadas na Figura 4.7. O índice utilizado demonstrou que a qualidade da água na maioria dos pontos e períodos coletados pode ser considerada BOA.

No ponto BV139, as amostras coletadas em todos os meses foram categorizadas como ÓTIMA. Tais resultados estão relacionados à ausência de dominância, baixa densidade e valores baixos de IET, assim como observado no Ponto 02 (abril e junho) e Ponto 03 (junho).

No Ponto 02, apenas a amostra coletada em maio foi categorizada como BOA, em decorrência do IET, apresentar-se na classificação mesotrófica. Da mesma forma no Ponto 03 as amostras coletada em abril e junho apresentaram categoria BOA.

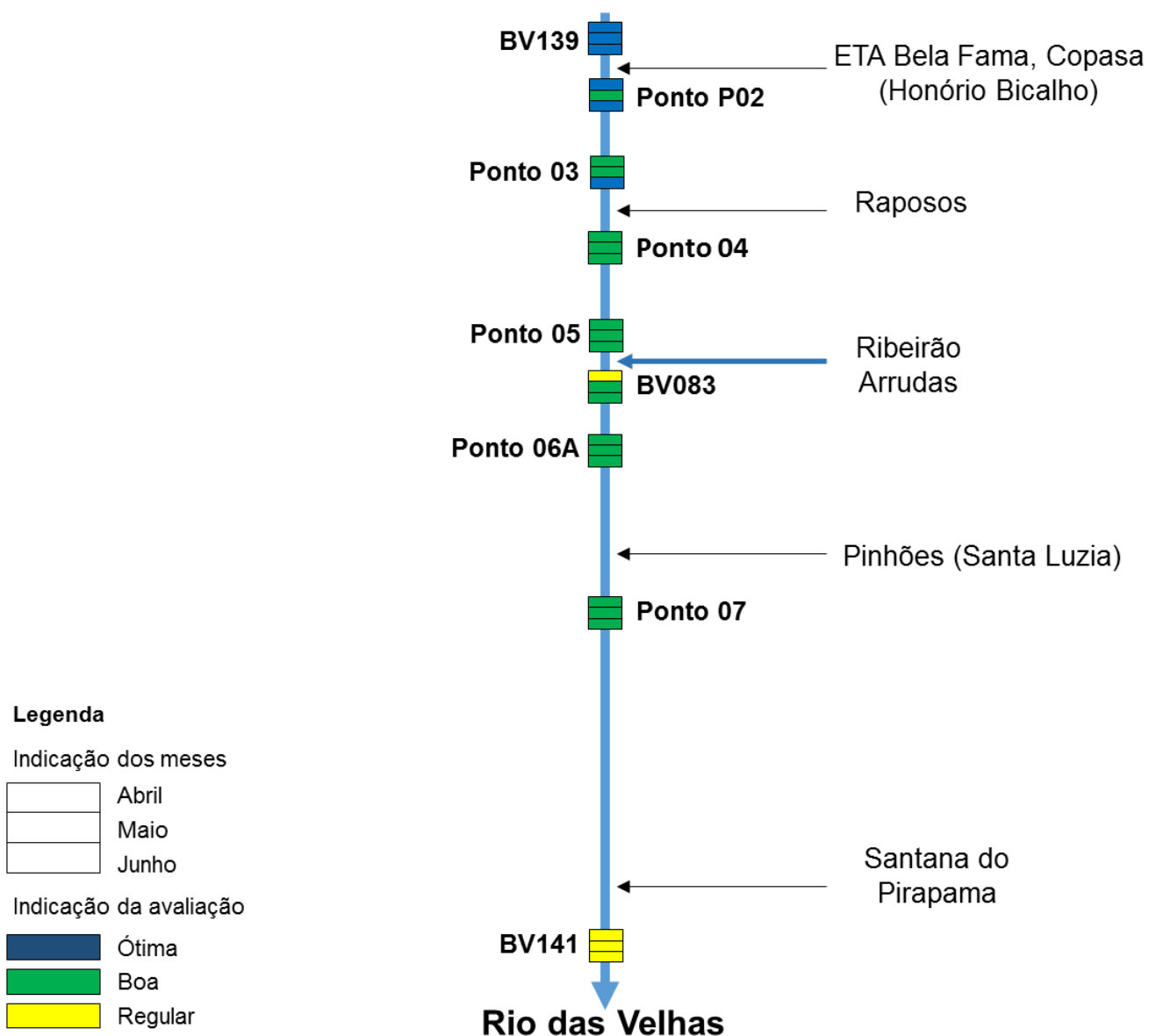
No Ponto 04, Ponto 05, BV083, Ponto 6A e Ponto 07 a categoria BOA foi ponderada para o ambiente. Nestes pontos a dominância Bacillariophyceae e Chlorophyceae e valores de IET superiores à classificação oligotrófica foram preponderantes para esta categorização.

Destaca-se o ponto BV083 (Abril) classificado como Regular devido à floração de cianobactérias – *Geitlerinema*. Cabe ressaltar que todas as espécies de Cianobactérias são consideradas pela literatura como potencialmente tóxicas.

O ponto BV141 foi considerado REGULAR em todas as amostras. Registrou-se nesse ponto floração de cianobactérias (*Geitlerinema*, *Cuspidothrix*,

*Merismopedia*, *Microcystis*, *Aphanocapsa*), valores elevados de IET e densidade de fitoplâncton. Além disso, foi observada a dominância de Bacillariophyceae e Chlorophyceae.

**Figura 4.7. Diagrama unifilar com a representação do índice de comunidade fitoplanctônica para a rede de monitoramento da qualidade da água nos meses de abril a junho de 2018.**

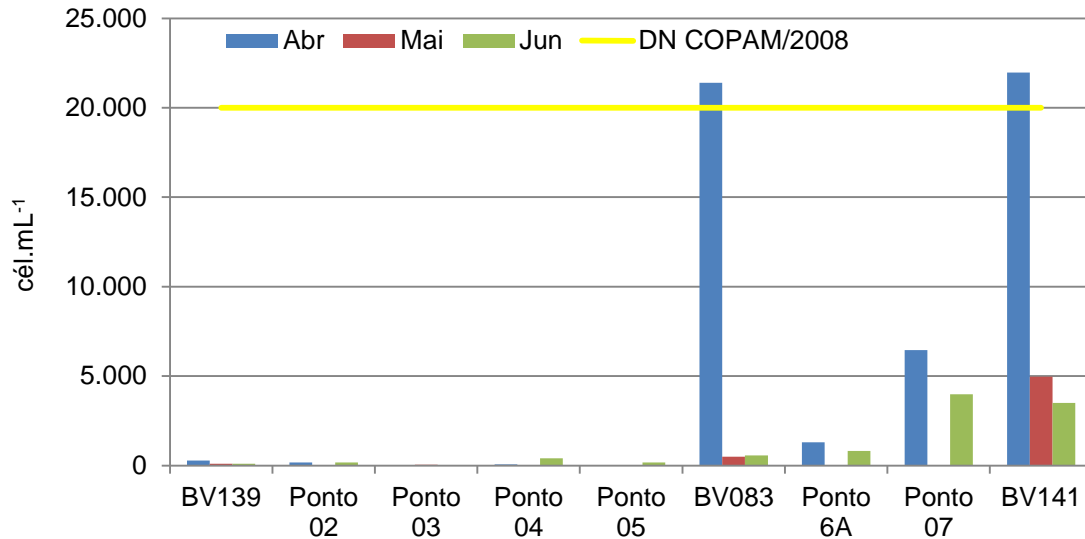


Os valores de cianobactérias em células por mililitro (Figura 4.8), somente ultrapassaram o padrão da DN conjunta COPAM/CERH 01/2008 para Classe 2 nos pontos BV083 e BV141, ambos na coleta realizada em abril. As cianotoxinas foram analisadas nestes pontos, no entanto, a concentração de



microcistina e saxitoxina ficaram abaixo do limite de quantificação do método do ensaio que são  $0,15\mu\text{L}$  e  $0,02\mu\text{L}$ , respectivamente.

**Figura 4.8. Densidade de cianobactérias em cél.mL para a rede de monitoramento da qualidade da água nos meses de abril a junho de 2018.**



## 5- ZOOPLÂNCTON

### 5.1 INTRODUÇÃO

A comunidade de microinvertebrados (zooplâncton) é naturalmente diversa, compreendendo organismos muito variáveis em forma, tamanho ( $\mu\text{m}$  a  $\text{cm}$ ), hábitos alimentares e que interagem de diversas formas com outras comunidades e com o meio onde vivem. Nos ecossistemas de água doce, fazem parte desta comunidade representantes dos grupos Protista, Rotifera, Copepoda e Cladocera, Gastrotricha, Tardigrada e, ocasionalmente, larvas de Diptera, Turbellaria e Mollusca.

Como indicadores biológicos, as funções vitais dessas comunidades estão tão estreitamente correlacionadas a determinados fatores ecológicos, que em resposta à alteração ambiental de origem antrópica ou não, possuem a capacidade de responder rapidamente às perturbações alterando suas funções, com reflexos na sua estrutura, podendo assim serem utilizadas como indicadoras na avaliação da qualidade ambiental (LIMA 2000, citado por FERREIRA 2001a). As alterações funcionais e estruturais sofridas por essas comunidades, quando expostas a algum tipo de modificação antropogênica do

habitat, são portanto indicativas da “saúde” e da qualidade do meio aquático e aplicáveis, dentre outras, à avaliação de impactos ambientais decorrentes da mineração, de atividades agrícolas e industriais (GREEMBERG, citado por MARQUES 1998).

Sendo assim, o diagnóstico feito com bioindicadores pode refletir não apenas a qualidade das águas, mas também as condições e níveis de degradação dos ecossistemas aquáticos no que diz respeito à poluição decorrente de alterações provocadas no substrato, por deposição de rejeitos de minério, desmatamento ciliar, assoreamentos, dentre outros. Todos estes fatores interferem no desenvolvimento das populações no meio hídrico, influenciando vários mecanismos de sobrevivência dos organismos, com possíveis prejuízos no papel que também desempenham no processo de autodepuração da água.

## 5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No conjunto dos nove pontos amostrais, a comunidade de zooplâncton esteve representada por 85 táxons ao longo das 3 campanhas, distribuídos entre protistas, rotíferos, crustáceos e outros grupos (Tardigrada, Gastrotricha, Nematoda, larvas de inseto).

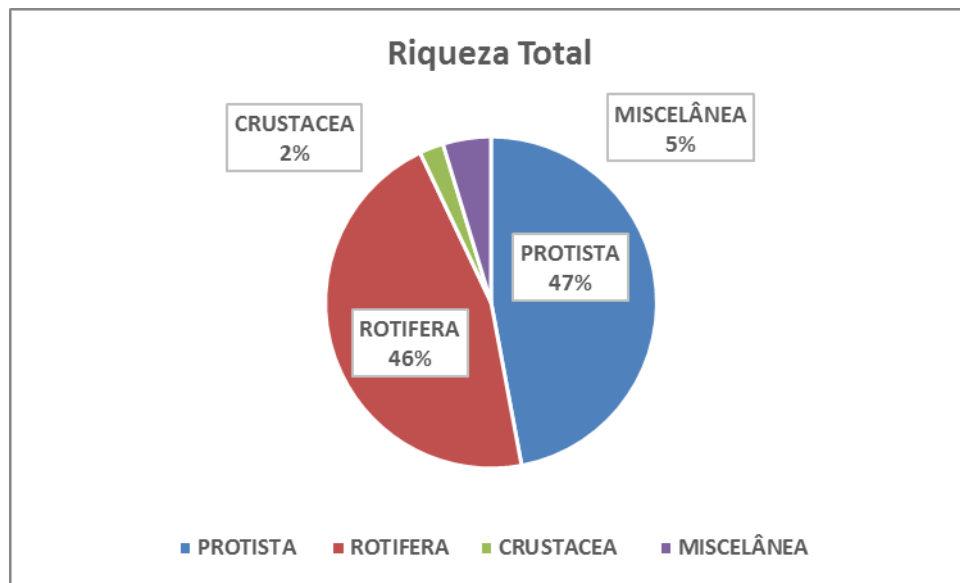
Os Protistas apresentaram maior riqueza dentro da comunidade zooplanctônica e os táxons mais comuns foram *Arcella hemisphaerica*, *Centropyxis ecornis*, *Paramecium* sp. e *Vorticella* sp. (Figura 5.1).

Rotifera apresentou a segunda maior riqueza entre os grupos observados, sendo que Bdelloida ocorreu em todos os sítios amostrais, no período de abril a junho de 2018.

Os microscustáceos estiveram caracterizados pelos Copepoda e Ostracoda. Dentre estes grupos, os copédodas estiveram representados pelos seus diferentes estágios de desenvolvimento.

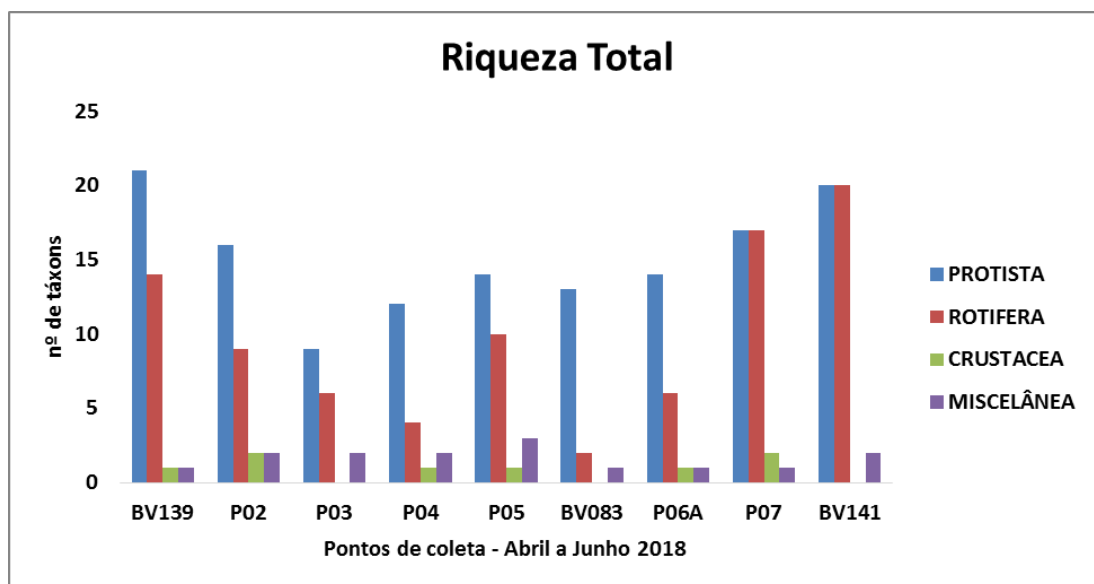
Além dos grupos taxonômicos descritos, no conjunto dos sítios amostrais, ocorreram Tardigrada, Gastrotricha, Nematoda e larvas de insetos. Nematoda foi o mais constante.

**Figura 5.1 – Riqueza total dos táxons observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**



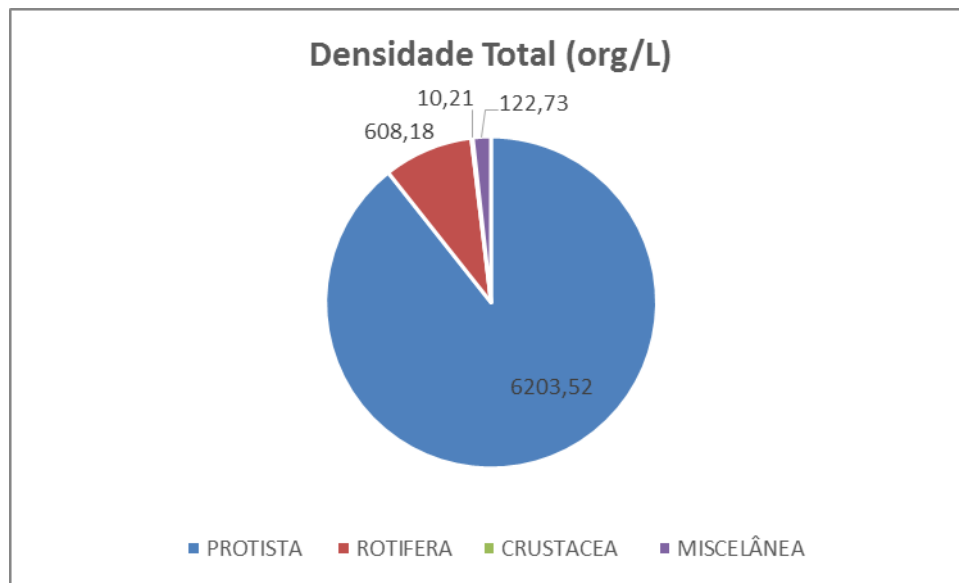
Dentre os sítios amostrados, o mais rico foi o BV141, com predominância de protistas e rotíferas. A menor riqueza foi observada no BV083, com predomínio de protistas (Figura 5.2).

**Figura 5.2 – Riqueza total dos táxons observada nos pontos amostrais no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**



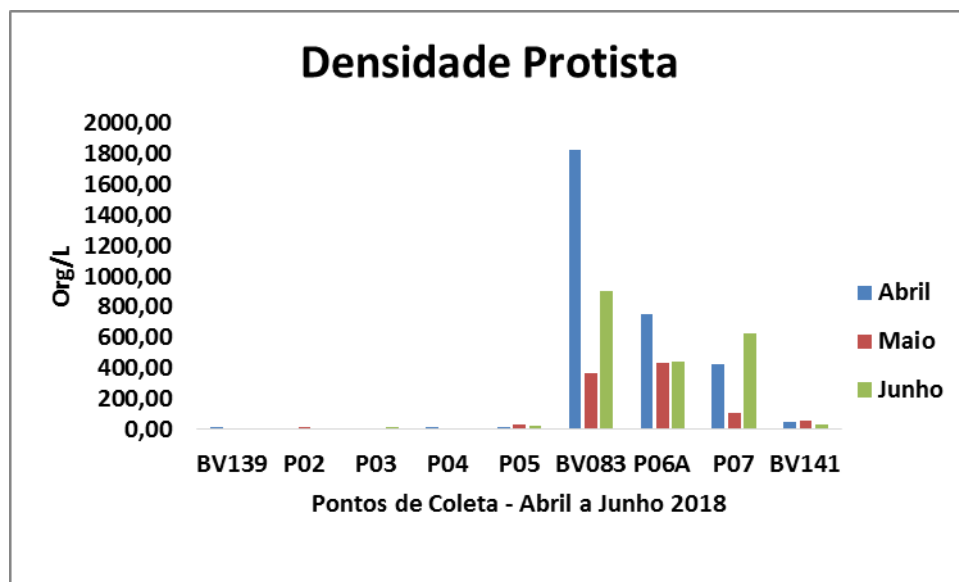
Em termos de densidade total (org/L), manteve-se a predominância de protistas com maior número de organismos, em relação aos demais grupos (Figura 5.3).

**Figura 5.3 – Densidade total observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**

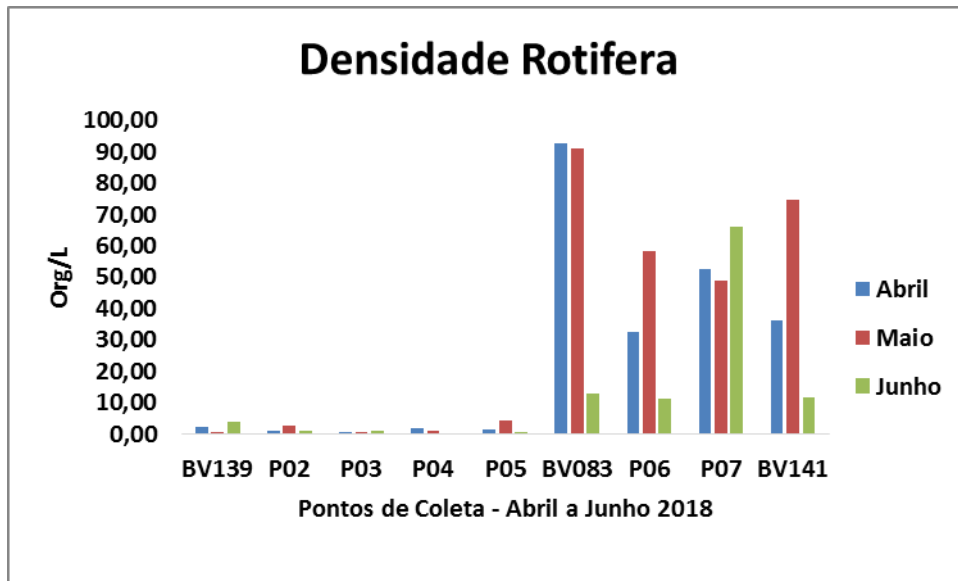


As densidades mais elevadas foram observadas nos pontos BV083 e Ponto 06A, com dominância dos Protistas (Figura 5.4). A maior contribuição dos rotíferos foi registrada no ponto BV141 (Figura 5.5).

**Figura 5.4 – Densidade de Protista observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**

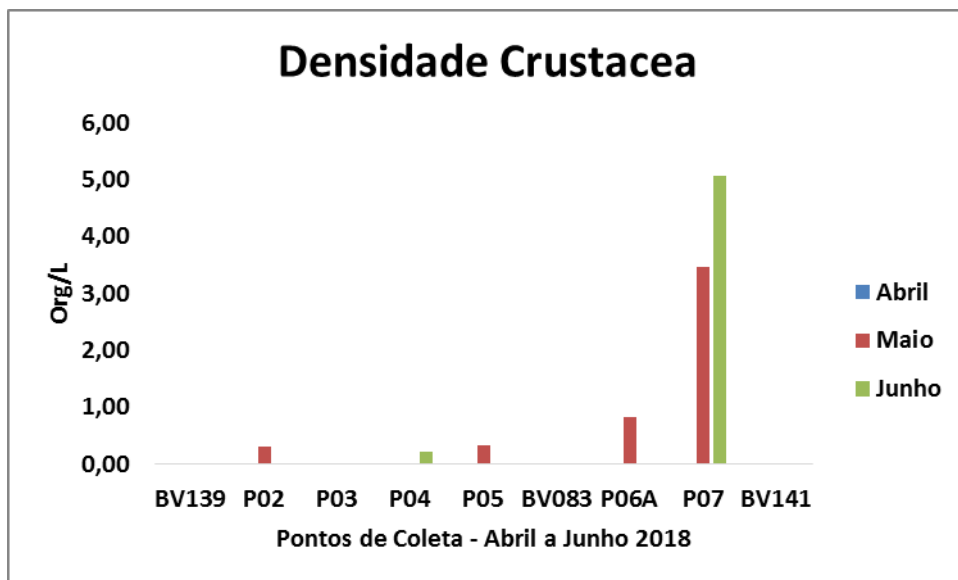


**Figura 5.5 – Densidade de Rotifera observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**

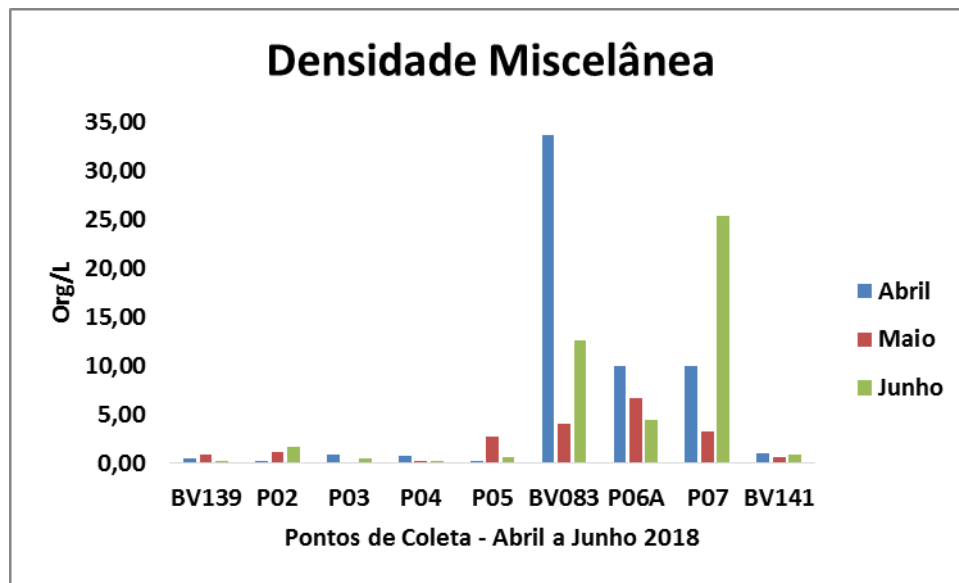


Microcrustáceos e miscelânea não demonstraram representatividade numérica nos meses de abril a junho de 2018 (Figuras 6 e 7).

**Figura 5.6 – Densidade de Crustacea observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**

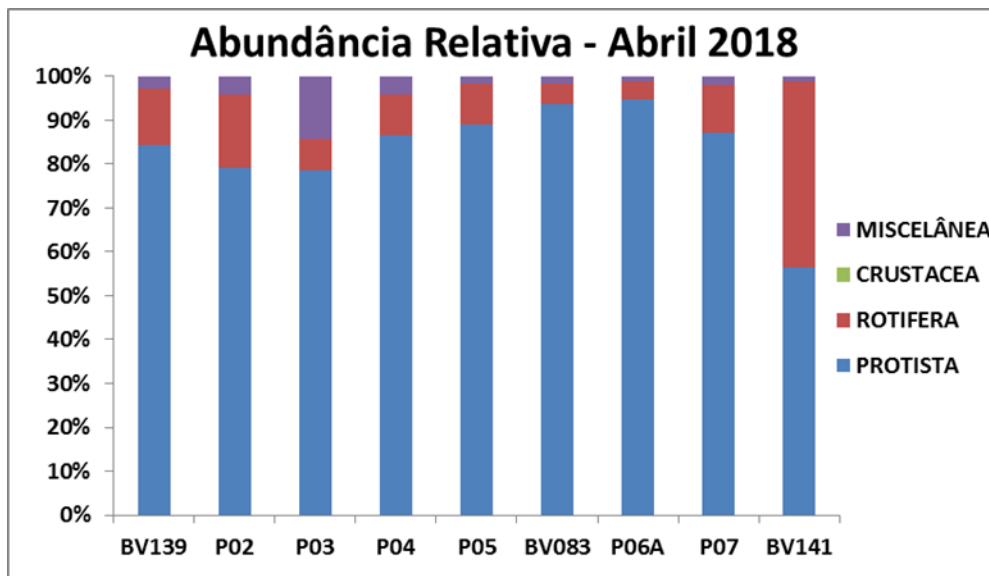


**Figura 5.7 – Densidade de Miscelânea observada no monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018**

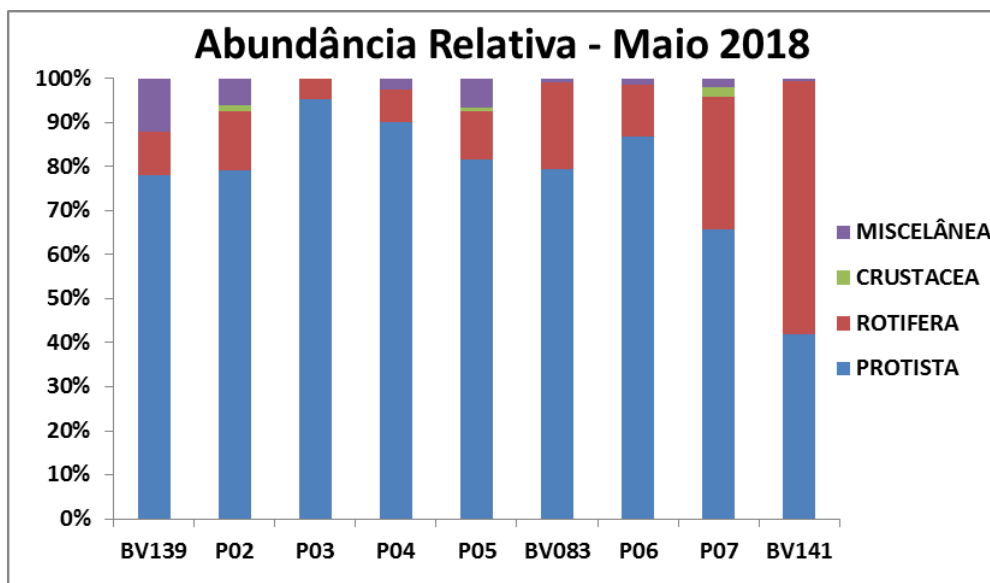


A abundância relativa da comunidade zooplanctônica nos meses de coleta apresentaram maior representatividade pelos Protistas com valores acima de 90% em grande parte dos pontos amostrados, seguidos por Rotifera, Miscelânea e Crustácea (Figuras 5.8 a 5.10).

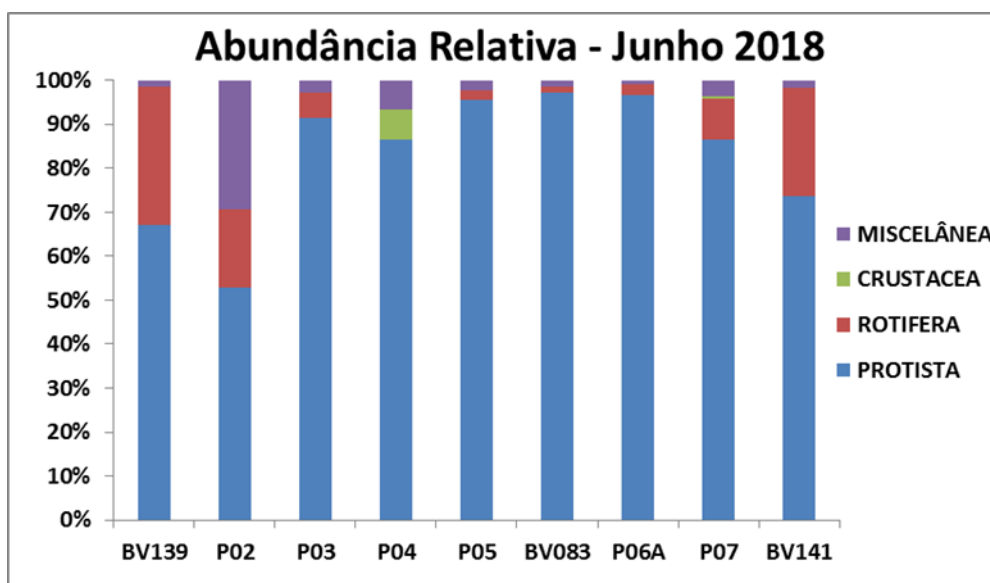
**Figura 5.8 – Abundância relativa da comunidade zooplanctônica, presentes nas estações no mês de abril de 2018**



**Figura 5.9 – Abundância relativa da comunidade zooplanctônica, presentes nas estações no mês de maio de 2018**

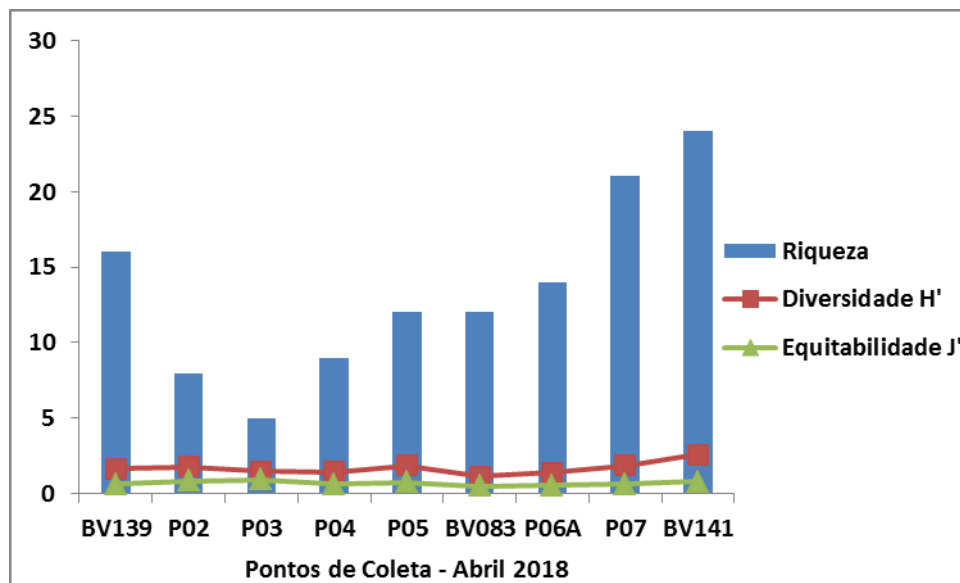


**Figura 5.10 – Abundância relativa da comunidade zooplanctônica, presentes nas estações no mês de junho de 2018**



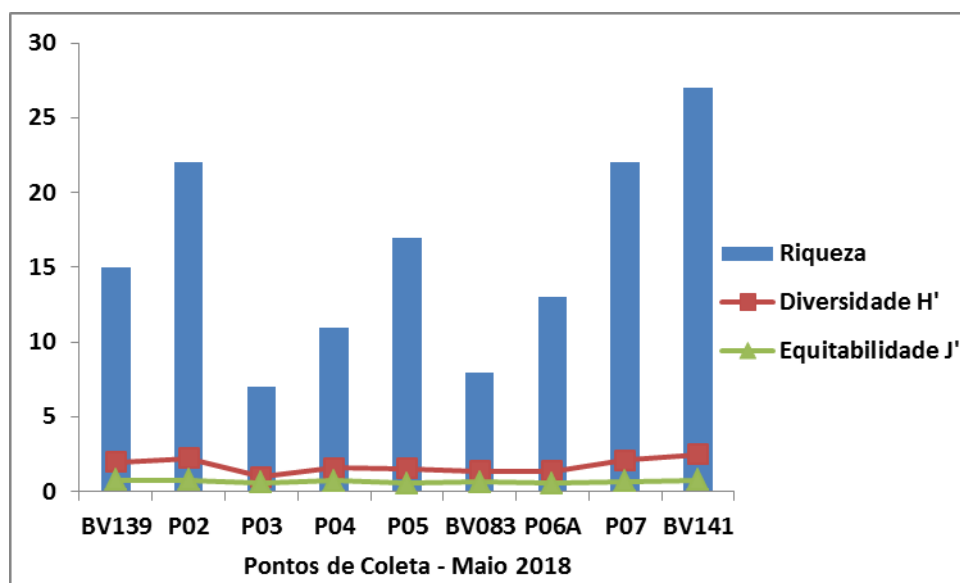
As relações entre a distribuição dos indivíduos de cada espécie dentro da comunidade de zooplâncton corresponderam aos valores do índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) variando entre 1,2 a 2,6 nits/ind e da equitabilidade oscilando de 0,5 a 0,9 para o mês de abril/18 (Figura 5.11).

**Figura 5.11 - Variação espacial dos valores da diversidade ( $H'$ ) em (bits/ind) e equitabilidade ( $E$ ) e riqueza ( $S$ ) da comunidade zooplanctônica, abril/2018**



Para o mês de maio de 2018, as relações entre a distribuição dos indivíduos de cada espécie dentro da comunidade corresponderam aos valores do índice de diversidade que variaram entre 1,0 a 2,5 nits/ind e da equitabilidade oscilando de 0,5 a 0,8 (Figura 5.12).

**Figura 5.12 - Variação espacial dos valores da diversidade ( $H'$ ) em (bits/ind) e equitabilidade ( $E$ ) e riqueza ( $S$ ) da comunidade zooplanctônica, maio2018**

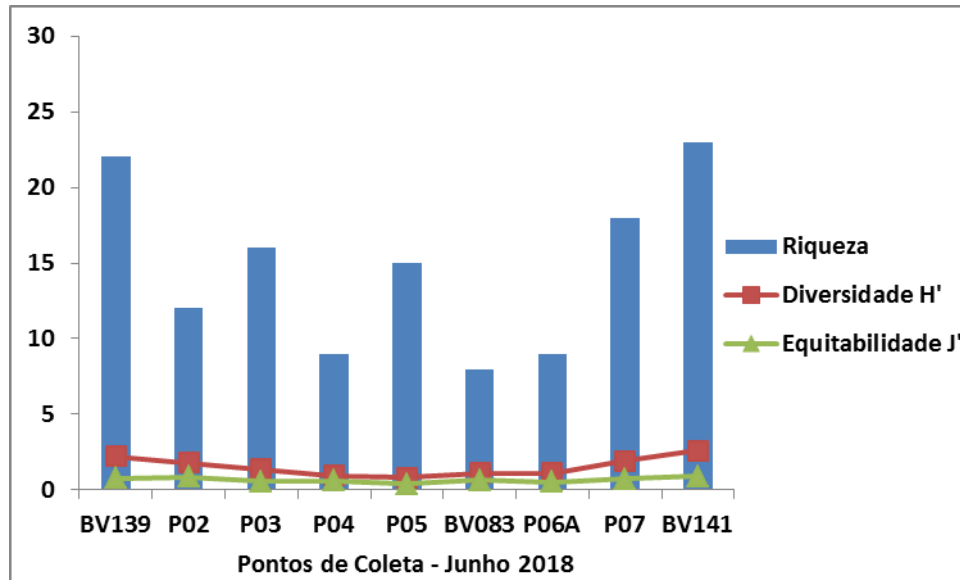


No mês de junho de 2018, as relações entre a distribuição dos indivíduos de cada espécie dentro da comunidade corresponderam aos valores do índice de



diversidade entre 0,8 a 2,6 nits/ind e da equitabilidade oscilando entre 0,4 a 0,9 (Figura 5.13).

**Figura 5.13 - Variação espacial dos valores da diversidade ( $H'$ ) em (bits/ind) e equitabilidade ( $E$ ) e riqueza ( $S$ ) da comunidade zooplanctônica, maio 2018**



A maior diversidade foi observada no ponto BV141 para todas as campanhas de coleta. Para este mesmo ponto amostral a equitabilidade oscilou entre 0,8 e 0,9 indicando uma distribuição equânime dos indivíduos do zooplâncton.

Os valores menores de  $H'$  ocorreram nos pontos BV083, Ponto 03 e Ponto 05 respectivamente para os meses de abril a junho de 2018. Os menores valores de equitabilidade ocorreram nos pontos BV083, Ponto 06A e Ponto 05, respectivamente, para os meses de abril a junho de 2018.

A baixa diversidade observada em BV083 foi determinada pela dominância do ciliado *Epistylis* sp., que gerou uma baixa equitabilidade na comunidade. Neste sítio de coleta também foi observada a maior densidade total (1.957,20 org/L) no mês de abril de 2018. Este é um local que sofre considerável influência das águas com carga trófica pois, está a jusante do Ribeirão Arrudas, o que poderia estar influenciando sua baixa diversidade e equitabilidade.

Assim como a carga trófica, vários outros fatores atuam e influenciam de forma conjunta na variabilidade espacial e temporal da biomassa e diversidade de espécies do plâncton. Entre eles, as condições climáticas (períodos de seca e

chuva), físicas e químicas das águas, além das características exclusivas de cada espécie e da bacia hidrográfica, o que pode explicar os comportamentos dos Pontos 03, 05 e 06A nos meses de maio e junho de 2018.

## **6- ZOOBENTOS**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

Os macroinvertebrados aquáticos, tanto bentônicos quanto associados à vegetação, exercem papel fundamental no funcionamento do ambiente aquático contribuindo de forma direta na dinâmica de nutrientes, na transformação da matéria e no fluxo de energia do ecossistema. Tais organismos possuem a capacidade de responder rapidamente a perturbações ambientais de origem antrópica ou não. As alterações funcionais e estruturais sofridas por esta comunidade, quando exposta a algum tipo de modificação de habitat, conferem características importantes para o estudo da saúde e qualidade do meio aquático aplicável na avaliação de impactos ambientais provocados por atividades de origem agrícola, industrial, mineradora, etc (Greemberg in APHA, 1992).

A análise da comunidade de macroinvertebrados aquáticos (número de organismos, distribuição, importância dos grupos, etc) quando feita em conjunto com análises físicas e químicas e de microrganismos (fito e zooplâncton) permite avaliar de forma integrada as alterações em um ecossistema aquático. De acordo com Barbour *et al.* 1999, os atributos biológicos que se alteram em uma direção previsível com o aumento da influência antrópica, sendo capazes de discriminar entre uma condição ecológica com qualidade boa e ruim, podem ser tomados como métricas para subsidiar a análise integrada das condições ambientais e arbitrar na obtenção de critérios biológicos.

### **6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

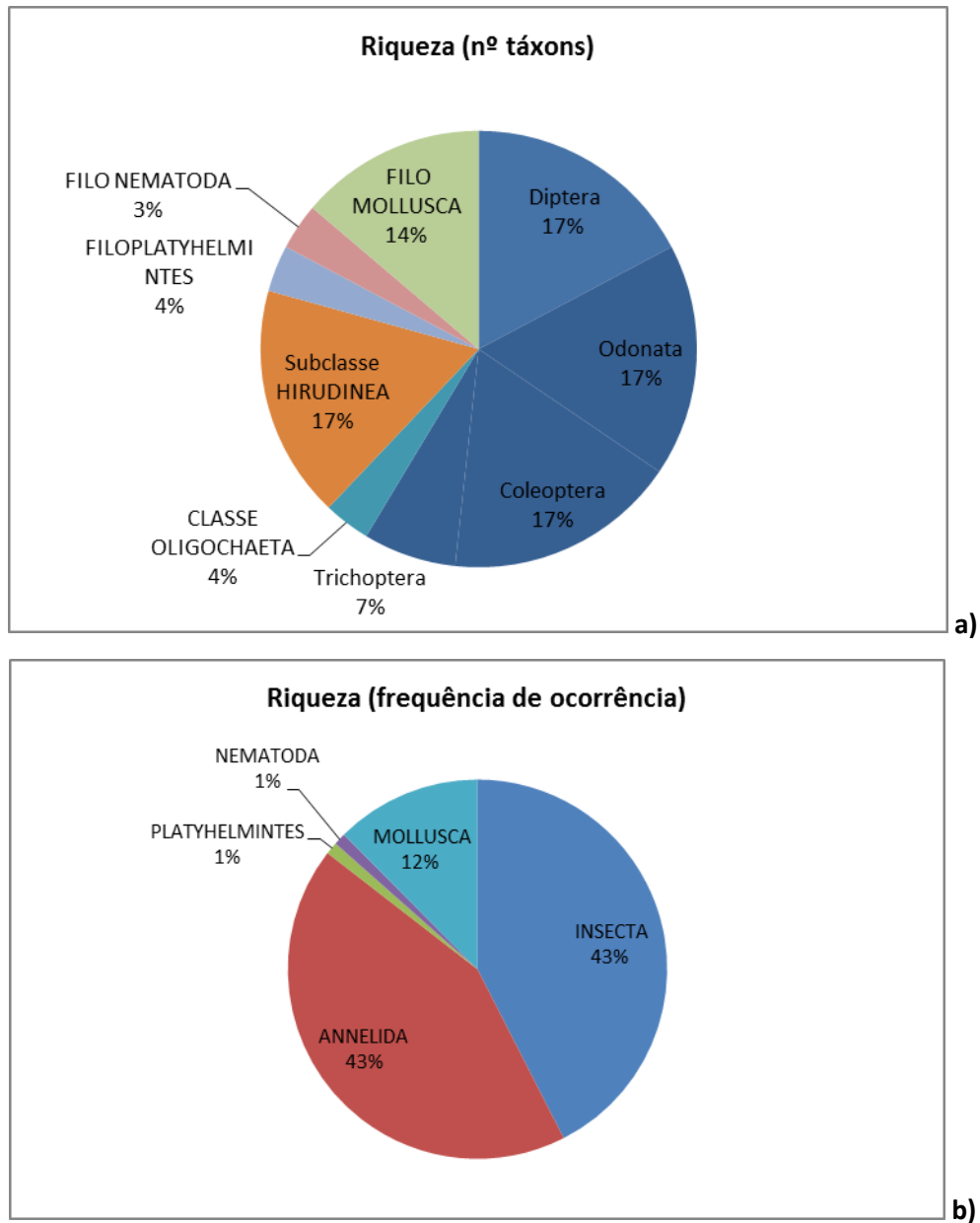
Os macroinvertebrados presentes nos pontos amostrais estão representados por 29 táxons. A comunidade esteve composta por representantes do Filo MOLLUSCA (Classe Bivalvia e Gastropoda), Filo ANNELIDA (Classe

Oligochaeta e sub classe Hirudinae), Filo NEMATODA, PLATYHELMINTHES e ARTHROPODA (Classe Inseta).

Pode-se dizer que a macrofauna apresentou uma composição diversificada em grupos tipicamente representativos de uma condição ambiental sob influência de lançamentos orgânicos.

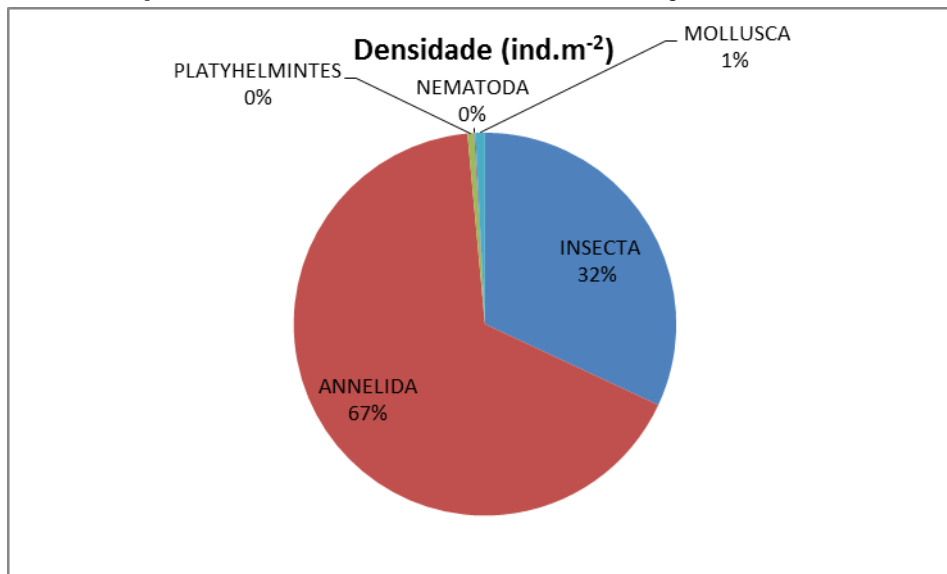
Pôde-se verificar que os insetos contribuíram notavelmente com o maior percentual para a riqueza (Figura 6.1 a), com representantes das ordens Diptera, Coleoptera, Odonata e Trichoptera, somando juntas 58% da riqueza da comunidade. Nota-se a ausência de ordens de insetos mais sensíveis às alterações ambientais como os representantes das ordens Plecoptera e Ephemeroptera. Cabe destacar que os ANNELIDA (Oligochaeta) bastante frequentes e abundantes (Figura 6.1 b) nos ambientes pesquisados têm a sua riqueza subestimada já que o nível das identificações taxonômicas deste grupo foi em menor detalhe do que para os insetos. Outro grupo presente em menor riqueza e frequência foram os moluscos, gastrópodes e bivalves.

**Figura 6.1: Riqueza total (nº táxons) e frequência de ocorrência em grandes grupos de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.**



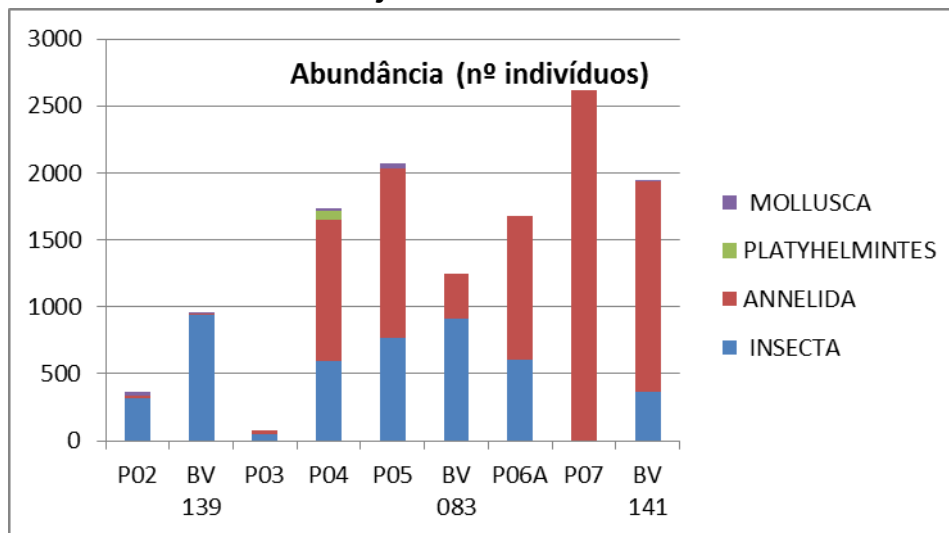
Em termos quantitativos (Figura 6.2), ou seja, número de indivíduos por metro quadrado, observou-se a dominância de ANNELIDA (67%), seguido pelos insetos (32%).

**Figura 6.2: Densidade total em grandes grupos de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.**



Considerando-se a distribuição da abundância relativa dos táxons por ponto de coleta (Figura 6.3), notou-se que os Oligoqueta (ANNELIDA) são os mais abundantes a partir do ponto 04 com aparecimento em maiores proporções nos ambientes amostrados.

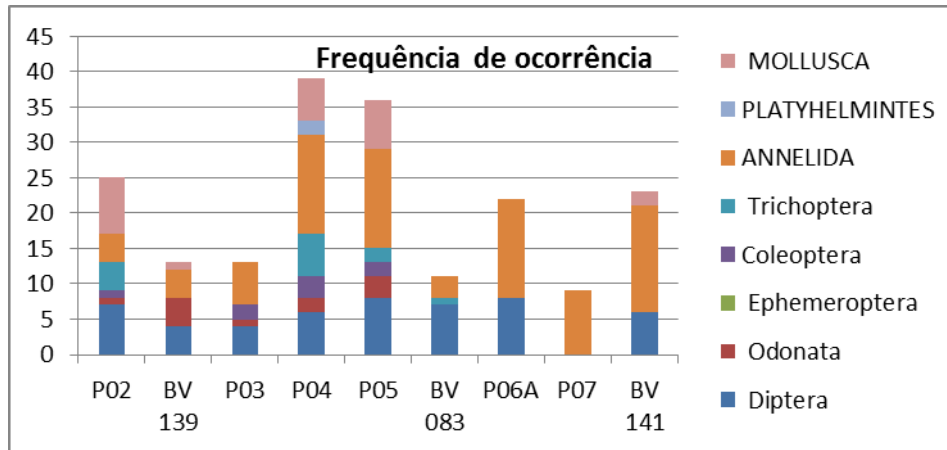
**Figura 6.3: Composição percentual (abundância relativa) em grandes grupos de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.**



Os moluscos, representados por espécies bastante tolerantes como o bivalve *Corbicula fluminea*, os gastropodas, *Melanoides tuberculatus* (Thiaride) e o gênero *Physa* (Physidae) apareceram em menores abundâncias até o trecho

correspondente ao ponto P05 e reapareceram somente a jusante, já na altura do ponto BV 141 (Figura 6.4).

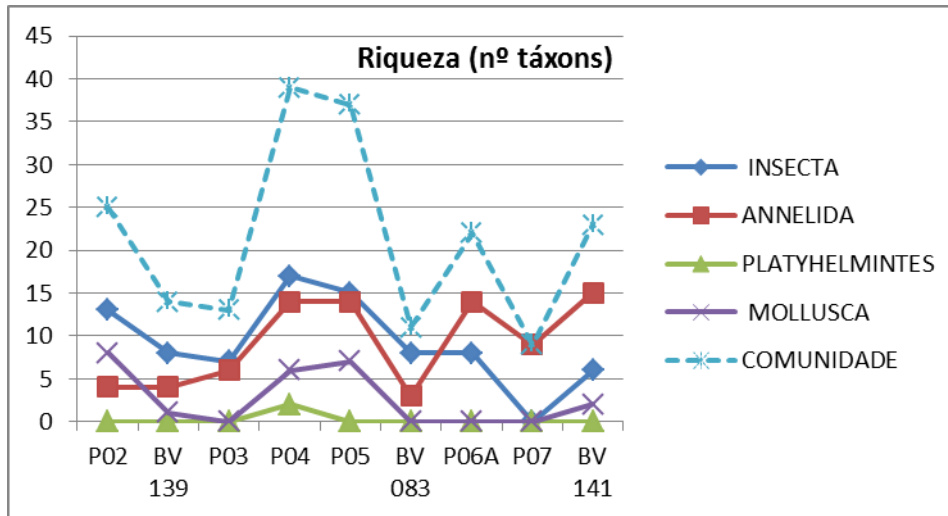
**Figura 6.4: Frequência de ocorrência dos táxons de macroinvertebrados nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.**



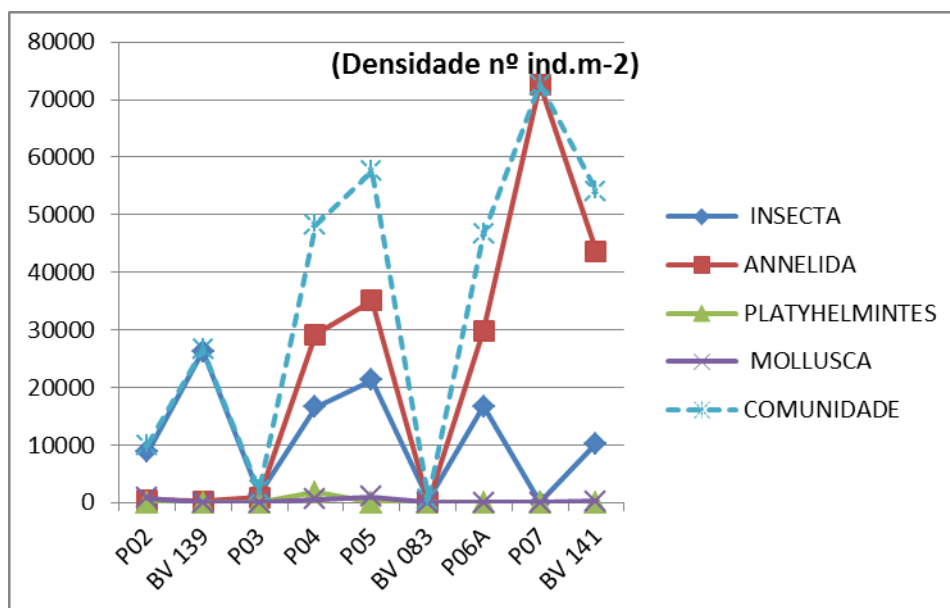
Em relação aos insetos, os mais comuns e abundantes (Figura 6.3 e 6.4) são os Diptera, principalmente da família Chironomidae, o que é já esperado, uma vez que esta importância deve-se a larvas aquáticas que possuem elevada ubiquidade e resistência, estando adaptadas a uma grande variedade de condições.

Considerando a riqueza e densidade total de macroinvertebrados aquáticos nos diferentes pontos amostrais (Figuras 6.5 e 6.6), verificou-se uma riqueza máxima total de 39 táxons no ponto Ponto 04, associada a uma alta densidade total de organismos, indicando a princípio, um ambiente com bastante disponibilidade de recursos alimentares e maior heterogeneidade de habitats em relação aos demais ambientes amostrados. De forma distinta o ponto BV083, mostra uma menor riqueza de grupos associada a uma baixa densidade de organismos o que reflete uma situação crítica com alto grau de distúrbio ambiental que limitaria a colonização dos substratos pela macrofauna bentônica. O Ponto 07 apresentou a maior densidade total de organismos com uma riqueza associada unicamente aos oligoquetas, o que também caracteriza uma condição restritiva aos demais grupos de organismos.

**Figura 6.5: Riqueza (nº táxons) de macroinvertebrados por grandes grupos nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.**



**Figura 6.6: Densidade (ind./m<sup>2</sup>) de macroinvertebrados por grandes grupos nos pontos amostrais em abril, maio e junho de 2018.**



Diversos índices biológicos são utilizados para indicar a qualidade das águas. Mais de cinquenta métodos diferentes de avaliação da qualidade da água foram desenvolvidos em países temperados (CAMPOS, 2015). O índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) atribui valores à cada família de macroinvertebrado e o somatório destes valores cria um score de qualidade de água.

Os índices bióticos obtidos com aplicação do método BMWP (Junqueira *et al.*, 2000) modificado para os macroinvertebrados são apresentados na Figura 6.7.

Observou-se que a grande maioria das estações pode ser enquadrada na categoria PÉSSIMA. Nota-se em maio, uma melhora em relação ao mês anterior particularmente, na estação mais a montante do trecho estudado, Ponto 02, com elevação do BMWP para a condição RUIM. Tal ponto está localizado no Rio das VELHAS a jusante de Honório Bicalho. Em junho houve o registro de condição REGULAR no Ponto 04 do Rio das VELHAS a jusante de Raposos e RUIM no Ponto 05 do Rio das Velhas a montante do lançamento do ribeirão Arrudas. Nota-se que esse afluente compromete a qualidade das águas do rio principal acarretando a diminuição dos índices a partir deste ponto de confluência, o que pôde ser evidenciado sobretudo, nas coletas de maio e junho.

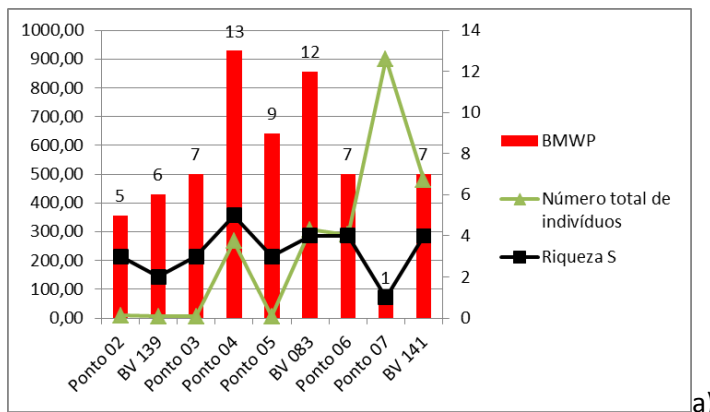
Todo o trecho estudado está bastante alterado, sofrendo diretamente os impactos dos despejos de centros urbanos, como Honório Bicalho, Bela Fama, Raposos, Belo Horizonte. Tais efeitos se fazem sentir até o trecho correspondente a estação da cidade de Santana do Pirapama.

De um modo geral a caracterização dos sedimentos analisados revela o grau de impacto presente nos ambientes pesquisados com a presença de forte odor químico e coloração escurecida de sedimentos tipicamente reduzidos e com alto teor de carga orgânica. O grande aporte orgânico aliado ao lançamento de efluentes industriais são importantes estressores das comunidades de macroinvertebrados e explicam os baixos valores do índice BMWP obtidos. Nestas situações de grande pressão de distúrbio é comum encontrar uma diminuição da riqueza da comunidade aliada a uma grande abundância de organismos de táxons mais resistentes e tolerantes. Isso explica as elevadas abundâncias de alguns grupos sobretudo, Oligochaeta e dípteros Chironomidae, além da coincidência da diminuição da riqueza e aumento do número de indivíduos em um mesmo local.

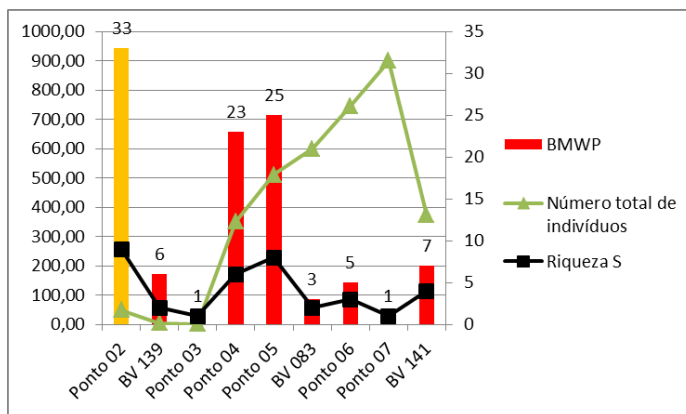
A riqueza da comunidade é de um modo geral pobre, não ultrapassando 10 táxons por estação. Os maiores valores foram obtidos em maio e junho no Ponto 02.



**Figura 6.7: Comparação dos índices bióticos (BMWP), número total de indivíduos e riqueza das estações em abril (a), maio (b) e junho (c) de 2018.**

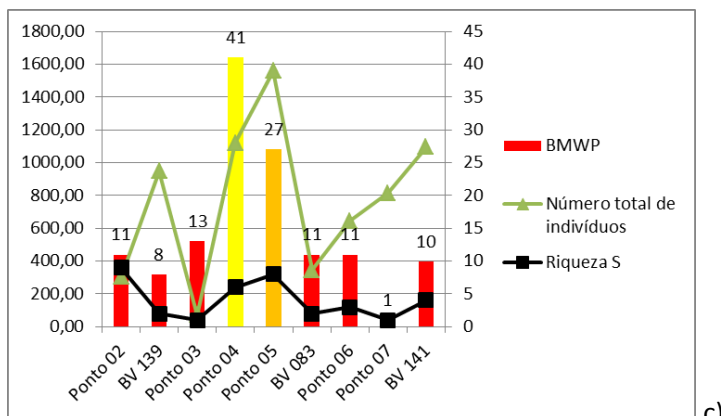


a)



b)

BMWP classificação	
> 81	Excelente
80 - 61	Boa
60 - 41	Regular
40 - 26	Ruim
< 25	Péssima

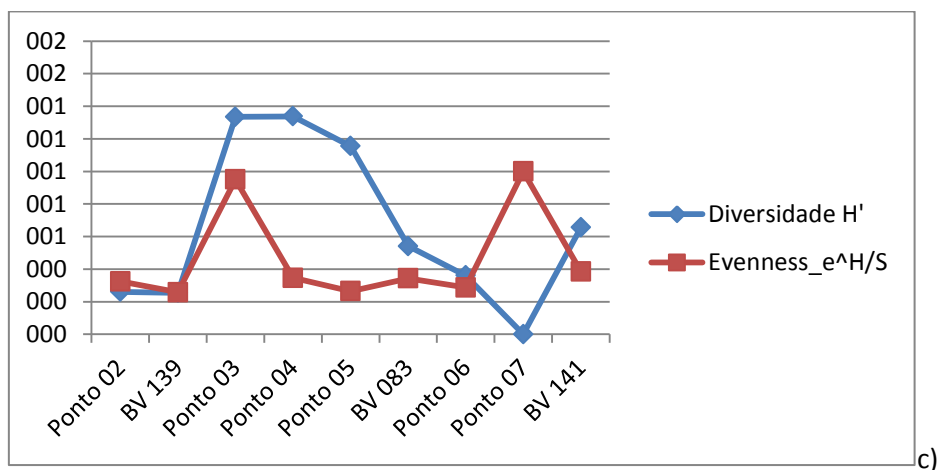
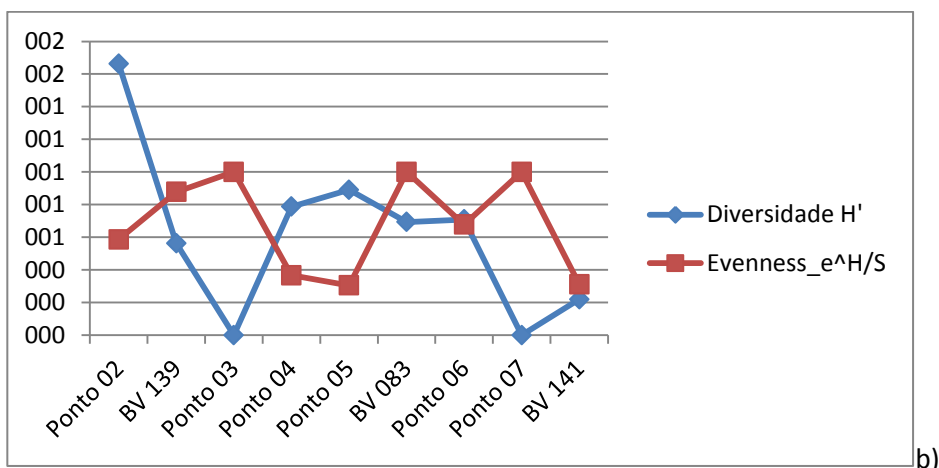
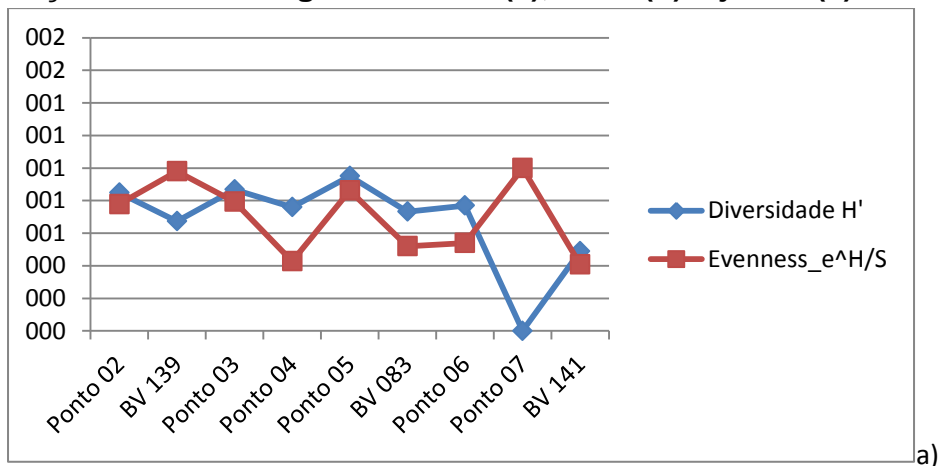


c)

A diversidade da comunidade nas três campanhas pode ser considerada baixa atingindo um valor máximo de 1,66 no Ponto 02, em maio (Figura 6.8 b). Em algumas situações, como no Ponto 07 no Rio das Velhas a Jusante da Localidade de Pinhões em Santa Luzia, a diversidade foi nula nas três amostras coletadas, sendo registrados neste local apenas organismos da classe Oligoqueta. O mesmo ocorreu no Ponto 03, Rio das Velhas a Jusante

de Bela Fama, em maio de 2018. Os Pontos 03, 04 e 05 apresentaram valores de diversidade um pouco mais elevados, sobretudo, em junho de 2018 (Figura 6.8 c), retratados também por melhores índices BMWP no mesmo período, para este local.

**Figura 6.8: Diversidade e equitabilidade de macroinvertebrados nas estações de amostragem em abril (a), maio (b) e junho (c) de 2018.**



Percebe-se de um modo geral, elevado grau de impacto nos ambientes pesquisados indicando fragilidade na integridade ecológica do trecho fluvial em estudo. Isto é notadamente traduzido pelos baixos índices bióticos obtidos. Para a maioria das situações, a presença expressiva de despejos orgânicos, com conseqüente queda de oxigênio, elevação da DBO aliadas à diminuição da heterogeneidade de habitats favorecem a proliferação de grupos mais tolerantes, explicando assim as elevadas frequências de ocorrência e altas densidades de Oligochaeta, que dominaram a composição da comunidade. Um segundo grupo também dominante em termos quantitativos foi o de insetos, particularmente as larvas da família Chironomidae, que também possuem representantes indicadores de forte contaminação de origem orgânica.

Os índices bióticos mostraram uma qualidade ambiental bastante restritiva na maioria das estações.

## **7 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS**

### **7.1 INTRODUÇÃO**

Os rios são coletores naturais do ambiente, dessa forma reflete, perfeitamente, o uso e ocupação do solo de sua bacia de drenagem, cujos processos principais de degradação são o assoreamento e homogeneização do leito, diminuição da diversidade de habitats e microhabitats e a eutrofização artificial (Goulart & Callisto, 2003).

Os rios, especialmente os que se localizam em grandes centros urbanos, estão submetidos a várias formas de impactos de origem antrópica, afetando os ecossistemas aquáticos. As principais alterações ocorrem devido aos processos de lavagem e carreamento de material (Callisto et al., 2001).

Para avaliação da qualidade da água do rio das velhas foram analisados diversos parâmetros físico-químicos, sendo alguns com padrão legal estabelecido para enquadramento das diferentes classes de água doce e outros para avaliação e identificação de ocorrências antrópicas no curso de

água. Todos esses resultados foram comparados com os padrões para águas de classe 2, conforme enquadramento dos respectivos trechos monitorados no Rio das Velhas. Além disso, foram elaborados gráficos com os resultados dos parâmetros e os respectivos padrões da legislação apresentando os pontos de montante para jusante.

Foram calculados o Índice de Qualidade da Águas – IQA e determinada a Contaminação por Tóxicos – CT, conforme metodologia utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2018). Para a determinação da CT foram considerados os seguintes parâmetros: fenóis totais, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, cádmio total, cobre dissolvido, cromo total e zinco total quando analisados. Os resultados do IQA e da CT nos três meses de coleta também foram representados em diagrama unifilar.

## 7.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 7.1 apresenta os resultados físico-químicos para as amostras coletadas no período de abril a junho de 2018 e a avaliação de atendimento ao padrão de enquadramento de água doce classe 2, segundo a DN conjunta COPAM/CERH nº 01 de 2008.

Os metais cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco foram monitorados apenas nos pontos do Projeto Água de Minas (BV139, BV083 e BV141), por isso não foram representados graficamente sendo destacados na avaliação da Contaminação por Tóxicos. O parâmetro óleos e graxas também não foi apresentado graficamente pois apresentou todos os resultados abaixo do limite de quantificação ( $< 15,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

O parâmetro fenóis totais apresentou apenas um resultado acima do limite de quantificação, que também foi superior ao padrão estabelecido para enquadramento da classe 2, por isso foi representado graficamente, com todos os demais parâmetros, que possuem ou não padrão legal (Figura 7.1).

Além de fenóis totais, os parâmetros que apresentaram ocorrência não conforme com os padrões da legislação foram: DBO, fósforo total, nitrogênio amoniacal total e oxigênio dissolvido, sendo que impacto dessas não

conformidades puderam ser avaliadas por meio dos indicadores IQA e CT apresentados nas Tabelas 7.2 e 7.3, respectivamente e seus diagramas unifilares (Figuras 7.2 e 7.3). A presença de substâncias tensoativas em concentração acima do limite da legislação a partir do trecho do Rio das Velhas a jusante do Ribeirão Arrudas ressalta o impacto da qualidade das águas em decorrência da presença de esgotos domésticos nessa região.

**Tabela 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento**

Ponto	Unidade	Padrão Classe 2 DN COPAM 01/08	BV139			BV083			BV141		
			04/18	05/18	06/18	04/18	05/18	06/18	04/18	05/18	06/18
Cádmio total	mg.L <sup>-1</sup>	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Chumbo total	mg.L <sup>-1</sup>	0,01	<0,005	0,00725	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cloreto total	mg.L <sup>-1</sup>	250,0	1,62	0,97	2,40	31,1	14,1	14,8	18,0	12,0	13,1
Cobre dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	0,009	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Condutividade elétrica in loco	µS.cm <sup>-1</sup>	---	66,3	68,8	70,6	408	261	304	268	243	292
Cor verdadeira	UPt	75	13	14	17	32	33	27	13	15	22
Cromo total	mg.L <sup>-1</sup>	0,05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	5,0	<2,0	<2,0	<2,0	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>6,6</b>	<b>7,1</b>	<b>7,0</b>
Demanda Química de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	---	<5,0	20	7,9	49	35	30	18	19	24
Dureza de Cálcio	mg.L <sup>-1</sup>	---	12,9	13,4	16,6	59,8	39,2	42,2	63,9	65,5	66,0
Dureza de magnésio	mg.L <sup>-1</sup>	---	12,3	12,4	11,1	17,4	25,5	16,8	12,3	16,1	16,3
Dureza total	mg.L <sup>-1</sup>	---	25,3	25,9	27,7	77,1	64,7	59,0	76,2	81,6	82,3
Fenóis totais	mg.L <sup>-1</sup>	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total <sup>(1)</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	0,1	0,03	0,04	0,08	<b>0,99</b>	<b>0,61</b>	<b>0,62</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>
Mercúrio total	mg.L <sup>-1</sup>	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg.L <sup>-1</sup>	0,025	<0,004	<0,004	<0,004	0,00547	<0,004	0,00494	0,00448	0,0054	0,00497
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	10,0	0,49	0,93	0,67	0,83	1,01	2,24	6,24	4,96	6,65
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	1,0	0,037	0,038	0,018	0,415	0,136	0,130	0,346	0,232	0,025
Nitrogênio amoniacal total	mg.L <sup>-1</sup>	*	0,10	0,14	<0,10	<b>9,28</b>	<b>6,94</b>	<b>8,94</b>	0,64	0,68	2,56
Nitrogênio total	mg.L <sup>-1</sup>	---	1,17	1,52	0,82	12,20	9,75	12,4	8,92	6,74	10,0
Óleos e graxas	mg.L <sup>-1</sup>	VA	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Oxigênio dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	> 5,0	9,0	9,3	9,5	<b>4,0</b>	6,4	5,8	9,4	10,5	7,9
pH in loco	NA	6,0 a 9,0	7,1	7,0	7,1	7,4	7,3	7,2	7,3	8,0	7,5
Sólidos dissolvidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	500,0	41	33	58	210	126	192	142	162	198
Sólidos em suspensão Totais	mg.L <sup>-1</sup>	100,0	16	16	4	6	16	16	34	26	16
Sólidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	---	57	49	62	216	142	208	176	188	214
Substâncias tensoativas	mg.L <sup>-1</sup>	0,5	<0,10	<0,10	<0,10	1,12	0,71	1,57	<0,10	<0,10	0,11
Temperatura da água	°C	---	22,3	20,0	18,5	23,3	20,0	19,3	24,7	23,7	20,0
Temperatura do ar	°C	---	25,0	28,0	27,0	27,0	24,0	22,0	27,0	27,9	25,0
Turbidez	NTU	100,0	15,4	3,43	4,27	15,4	14,6	12,5	17,4	8,67	7,20
Zinco total	mg.L <sup>-1</sup>	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	0,0311	0,046	0,0266	<0,02	<0,02	<0,02

**Tabela 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento (continuação)**

Ponto	Unidade	Padrão Classe 2 DN COPAM 01/08	Ponto 02			Ponto 03			Ponto 04		
			04/18	05/18	06/18	04/18	05/18	06/18	04/18	05/18	06/18
Cloreto total	mg.L <sup>-1</sup>	250,0	1,48	2,22	2,86	1,79	2,88	2,67	4,59	4,21	5,74
Condutividade elétrica in loco	μS.cm <sup>-1</sup>	---	62,4	70,6	72,1	69,8	72,9	81,2	101	92,3	119
Cor verdadeira	UPt	75 mg Pt.L	35	12	17	15	<10	10	39	<10	12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	5,0	2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,0	2,6	3,1	3,6
Demanda Química de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	---	17	<5,0	<5,0	9,0	5,2	5,7	10	<5,0	13
Dureza de Cálcio	mg.L <sup>-1</sup>	---	10,2	16,4	16,8	18,4	14,7	16,3	21,3	21,7	25,5
Dureza de magnésio	mg.L <sup>-1</sup>	---	15,5	9,5	8,5	11,4	13,0	7,8	16,6	9,7	17,0
Dureza total	mg.L <sup>-1</sup>	---	25,8	25,9	25,3	29,8	27,8	24,1	37,8	31,4	42,5
Fenóis totais	mg.L <sup>-1</sup>	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Fósforo total <sup>(1)</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	0,1	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,10
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	10,0	0,86	0,72	0,72	0,39	0,40	0,92	0,86	0,54	1,25
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	1,0	0,059	0,035	0,020	0,027	0,022	0,041	0,080	0,069	0,096
Nitrogênio amoniacal total	mg.L <sup>-1</sup>	*	0,29	0,39	0,16	0,16	0,29	0,32	0,37	0,49	0,53
Nitrogênio total	mg.L <sup>-1</sup>	---	1,29	1,59	1,02	0,85	1,08	1,56	1,54	1,63	2,27
Óleos e graxas	mg.L <sup>-1</sup>	VA	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Oxigênio dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	> 5,0	7,9	9,0	9,6	7,9	9,1	8,8	7,7	8,4	7,9
pH in loco	NA	6,0 a 9,0	6,6	7,1	7,1	6,8	6,8	6,9	6,8	7,0	6,9
Sólidos dissolvidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	500,0	48	43	49	48	43	59	71	56	83
Sólidos em suspensão Totais	mg.L <sup>-1</sup>	100,0	29	14	9	55	23	9	15	27	18
Sólidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	---	77	57	66	103	66	68	86	83	101
Substâncias tensoativas	mg.L <sup>-1</sup>	0,5	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	<0,10	0,15	<0,10	0,11	0,19
Temperatura da água	°C	---	22,1	19,5	18,0	21,4	20,0	18,7	22,4	20,6	19,7
Temperatura do ar	°C	---	25,3	26,0	22,0	29,0	23,0	24,0	25,3	26,0	23,0
Turbidez	NTU	100,0	17,2	6,34	4,03	37,5	14,4	5,53	14,5	9,57	5,73

**Tabela 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 e avaliação de enquadramento (continuação)**

Ponto	Unidade	Padrão Classe 2 DN COPAM 01/08	Ponto 05			Ponto 06A			Ponto 07		
			04/18	05/18	06/18	04/18	05/18	06/18	04/18	05/18	06/18
Cloreto total	mg.L <sup>-1</sup>	250,0	3,78	4,58	4,33	15,6	14,1	9,30	28,7	15,8	15,1
Condutividade elétrica in loco	μS.cm <sup>-1</sup>	---	96,8	111	121	215	262	277	325	374	394
Cor verdadeira	UPt	75 mg Pt.L	23	39	10	63	30	27	65	57	34
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	5,0	<b>68</b>	2,1	2,2	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>9,1</b>	<b>7,2</b>	<b>7,8</b>
Demanda Química de Oxigênio	mg.L <sup>-1</sup>	---	85	13	14	36	42	34	31	30	33
Dureza de Cálcio	mg.L <sup>-1</sup>	---	23,6	20,9	26,8	37,6	36,6	39,6	57,2	57,1	61,2
Dureza de magnésio	mg.L <sup>-1</sup>	---	17,7	19,6	14,4	18,6	21,0	13,3	19,9	18,0	17,1
Dureza total	mg.L <sup>-1</sup>	---	41,2	40,4	41,2	56,2	57,6	52,8	77,0	75,0	78,3
Fenóis totais	mg.L <sup>-1</sup>	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<b>0,004</b>	<0,002	<0,002
Fósforo total <sup>(1)</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	0,1	0,04	0,05	0,08	<b>0,48</b>	<b>0,62</b>	<b>0,66</b>	<b>0,48</b>	<b>0,65</b>	<b>0,75</b>
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	10,0	1,25	0,97	2,46	0,97	0,82	1,96	1,25	0,89	1,40
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	1,0	0,065	0,093	0,116	0,215	0,130	0,182	0,315	0,166	0,249
Nitrogênio amoniacal total	mg.L <sup>-1</sup>	*	0,23	0,28	0,38	<b>4,40</b>	<b>6,80</b>	<b>8,68</b>	<b>10,9</b>	<b>11,2</b>	<b>13,8</b>
Nitrogênio total	mg.L <sup>-1</sup>	---	1,64	1,80	3,34	6,38	8,46	12,1	13,5	12,9	16,7
Óleos e graxas	mg.L <sup>-1</sup>	VA	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Oxigênio dissolvido	mg.L <sup>-1</sup>	> 5,0	7,6	8,1	8,4	<b>4,6</b>	<b>4,4</b>	5,2	<b>4,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,9</b>
pH in loco	NA	6,0 a 9,0	6,4	7,1	6,6	6,9	7,2	7,2	7,2	7,4	7,3
Sólidos dissolvidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	500,0	84	73	86	114	130	166	158	174	214
Sólidos em suspensão Totais	mg.L <sup>-1</sup>	100,0	19	12	16	60	27	10	32	36	8
Sólidos totais	mg.L <sup>-1</sup>	---	103	85	102	174	157	176	190	210	222
Substâncias tensoativas	mg.L <sup>-1</sup>	0,5	<0,10	<0,10	<0,10	0,40	<b>0,69</b>	<b>1,10</b>	0,36	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>
Temperatura da água	°C	---	21,1	19,1	17,8	20,9	21,9	20,0	22,3	23,4	21,8
Temperatura do ar	°C	---	21,6	23,0	19,0	20,8	27,0	25,0	25,1	28,0	23,0
Turbidez	NTU	100,0	17,8	4,84	3,97	27,3	14,4	4,33	16,4	8,07	8,37

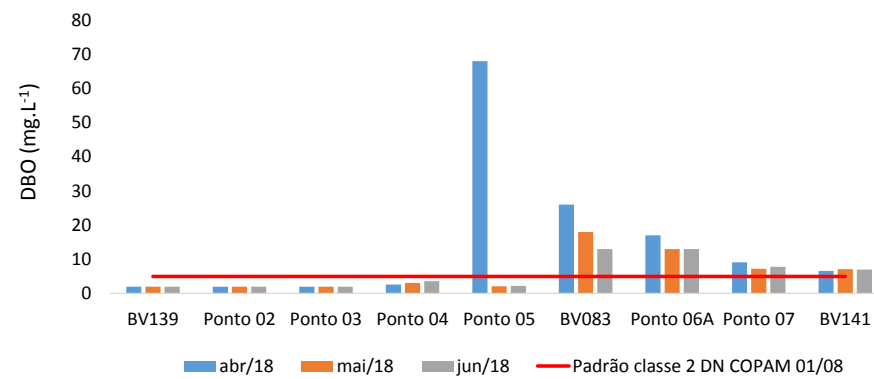
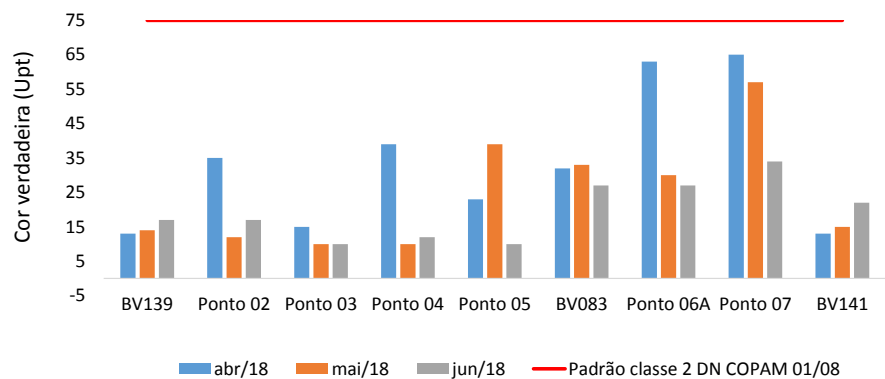
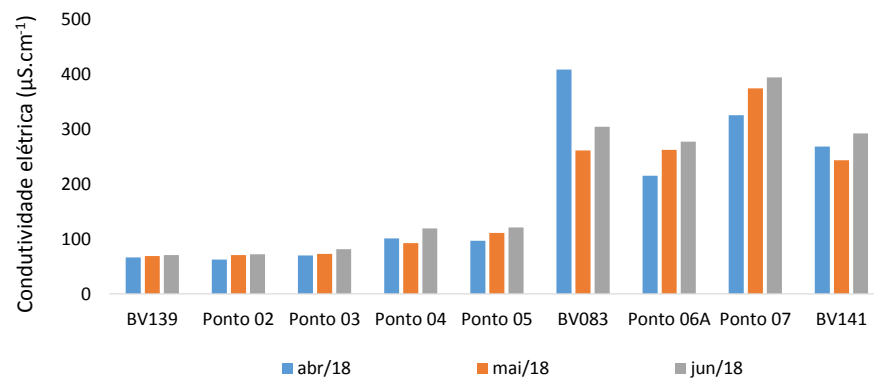
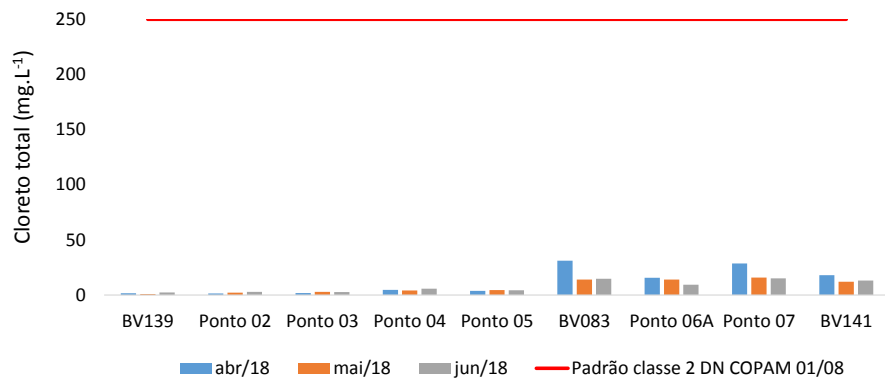
VA – Virtualmente ausente \* 3,7 mg.L<sup>-1</sup>, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L<sup>-1</sup>, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L<sup>-1</sup>, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg.L<sup>-1</sup>, para pH > 8,5.

(1) Padrão para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários.

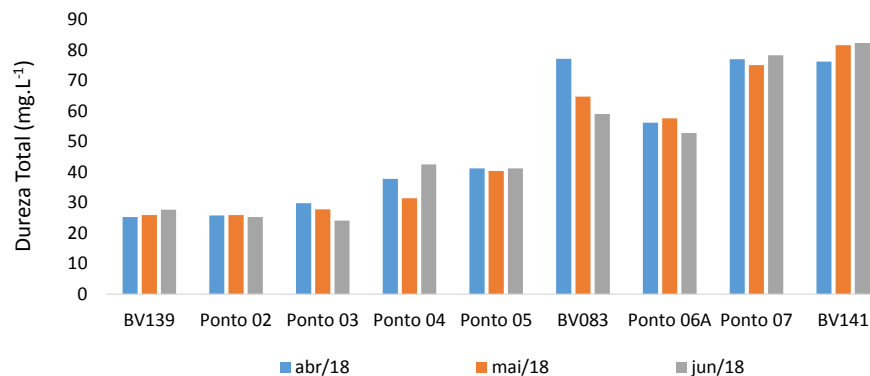
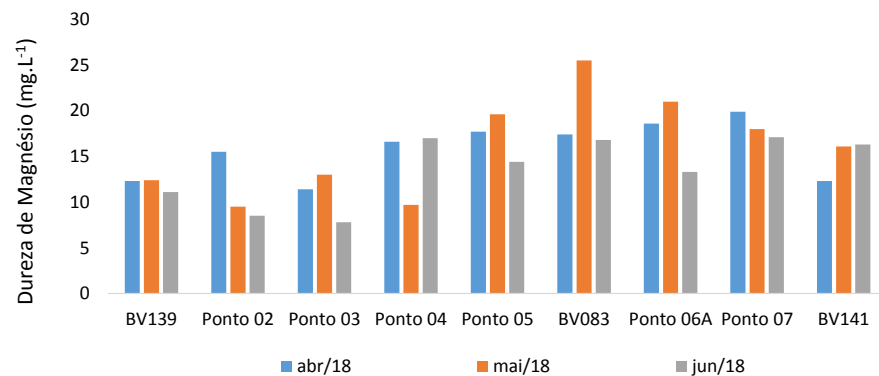
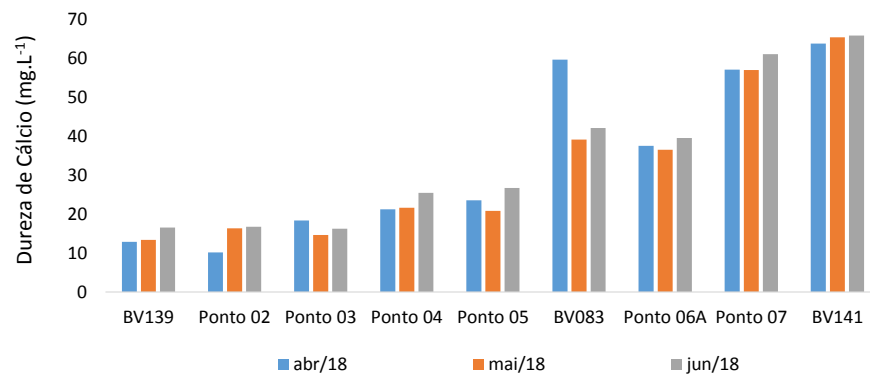
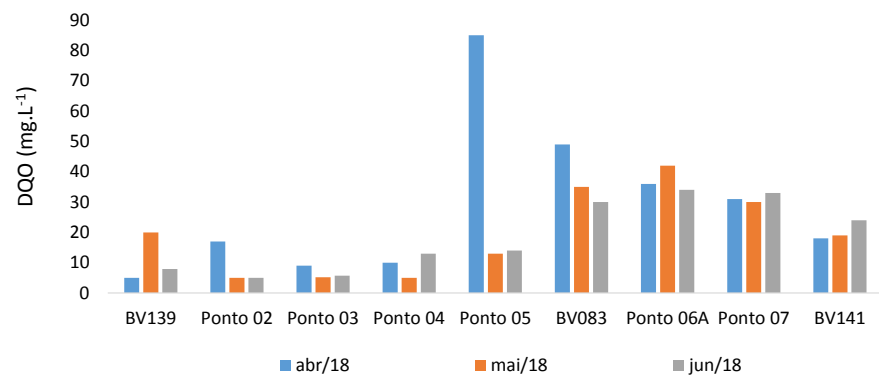
**Fonte: os autores (2018)**



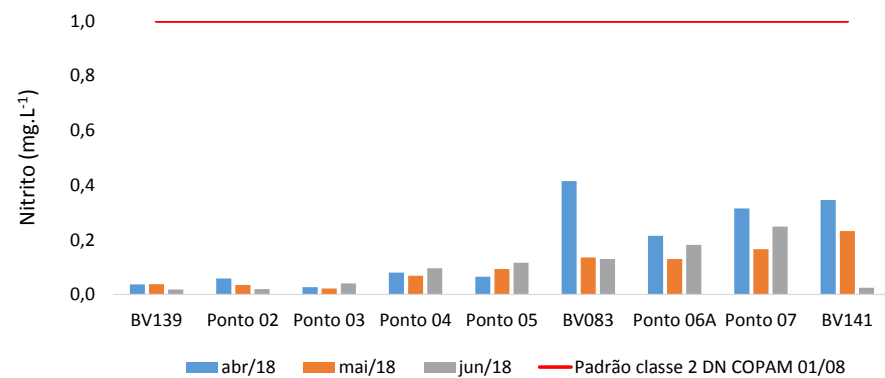
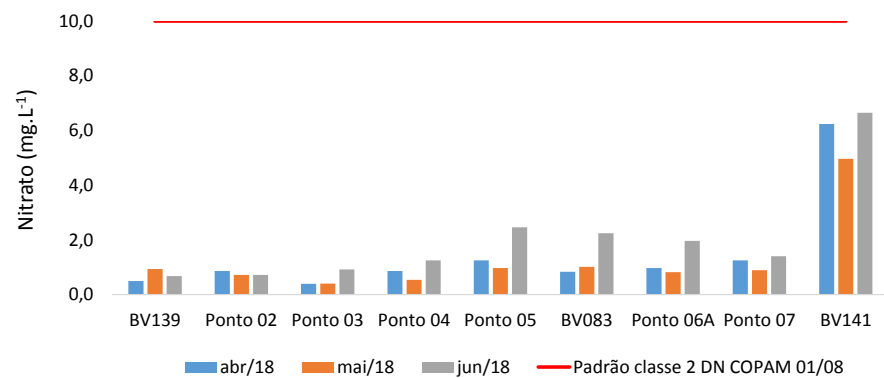
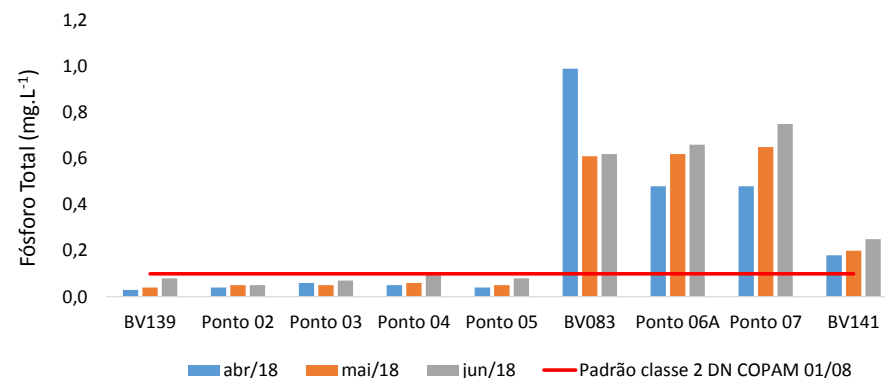
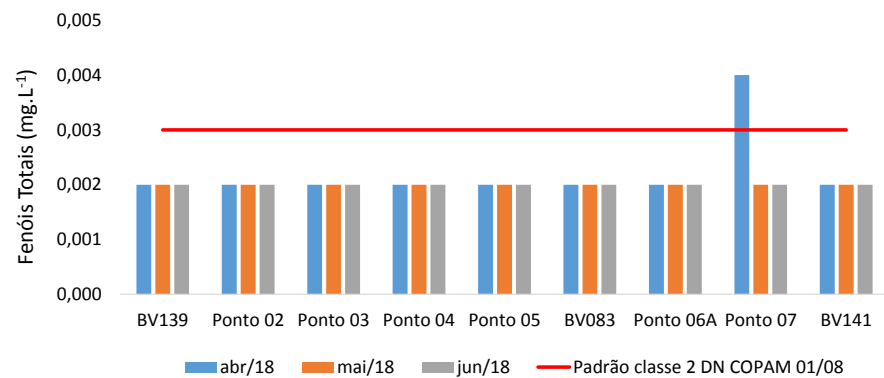
**Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018.**



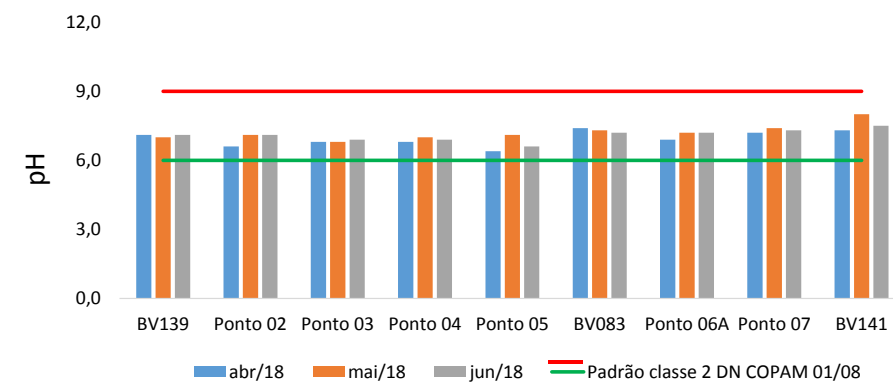
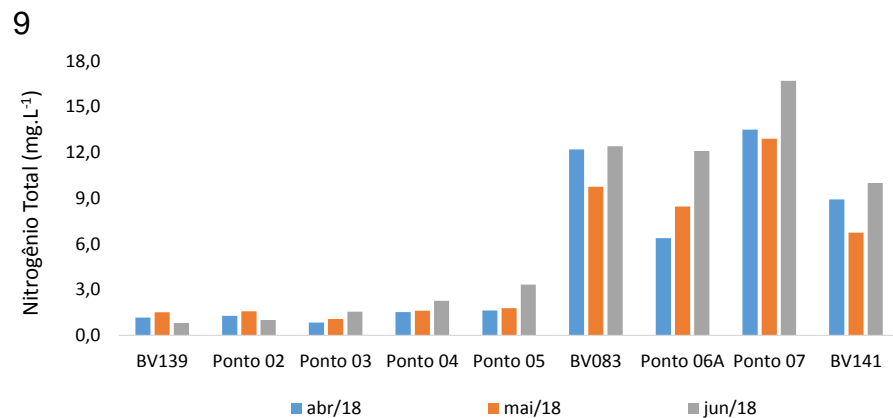
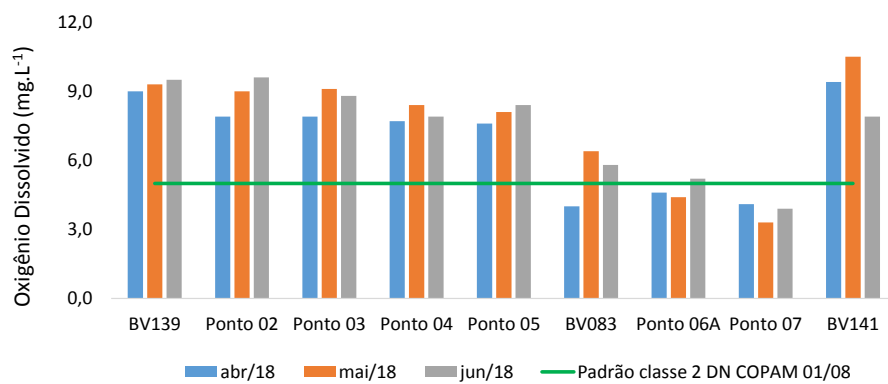
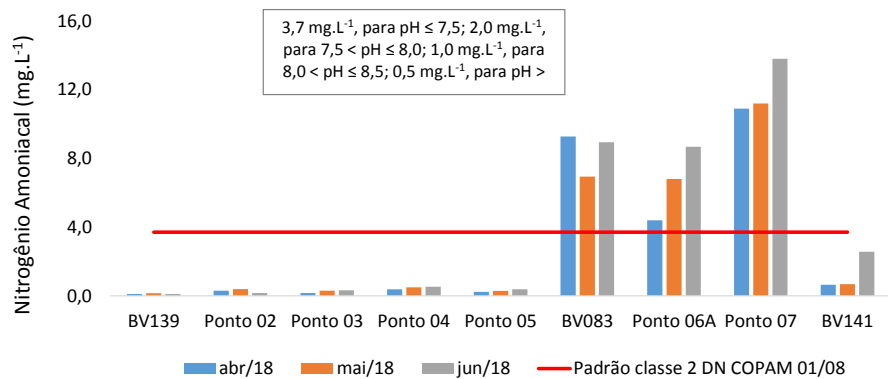
**Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018  
(continuação)**



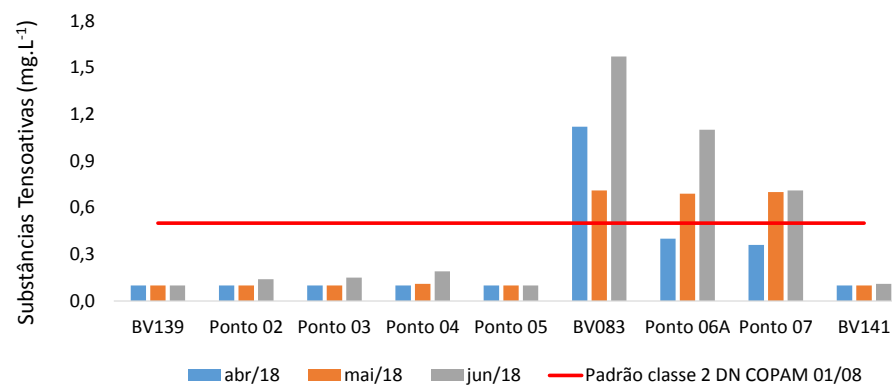
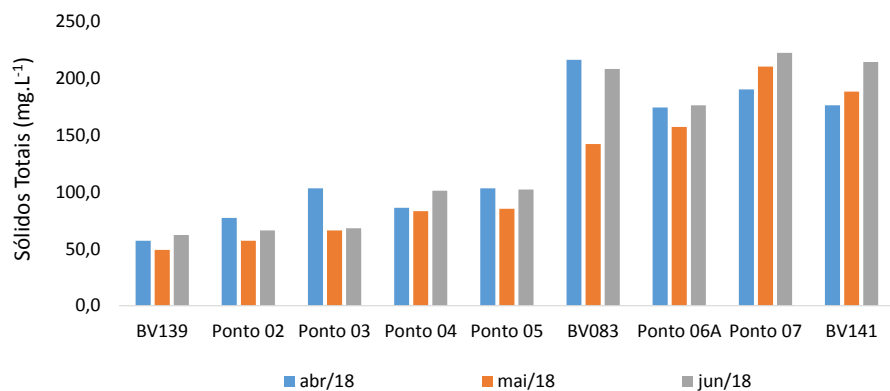
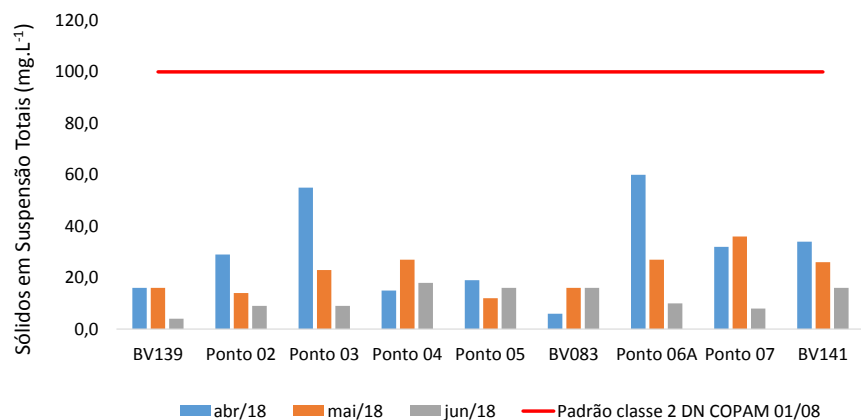
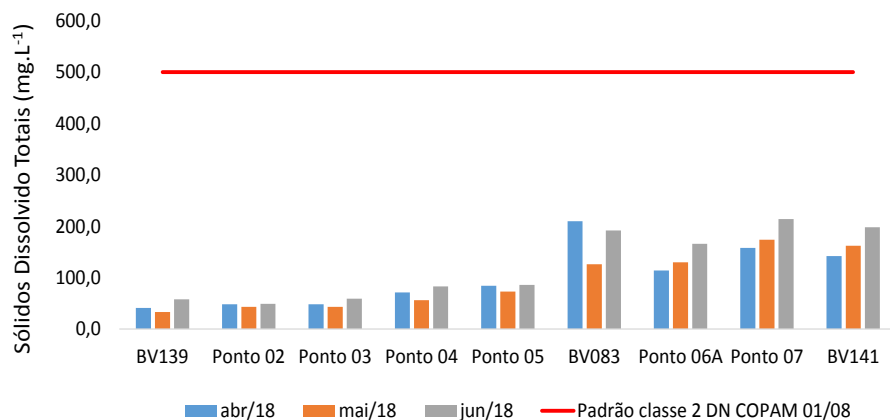
**Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 (continuação)**



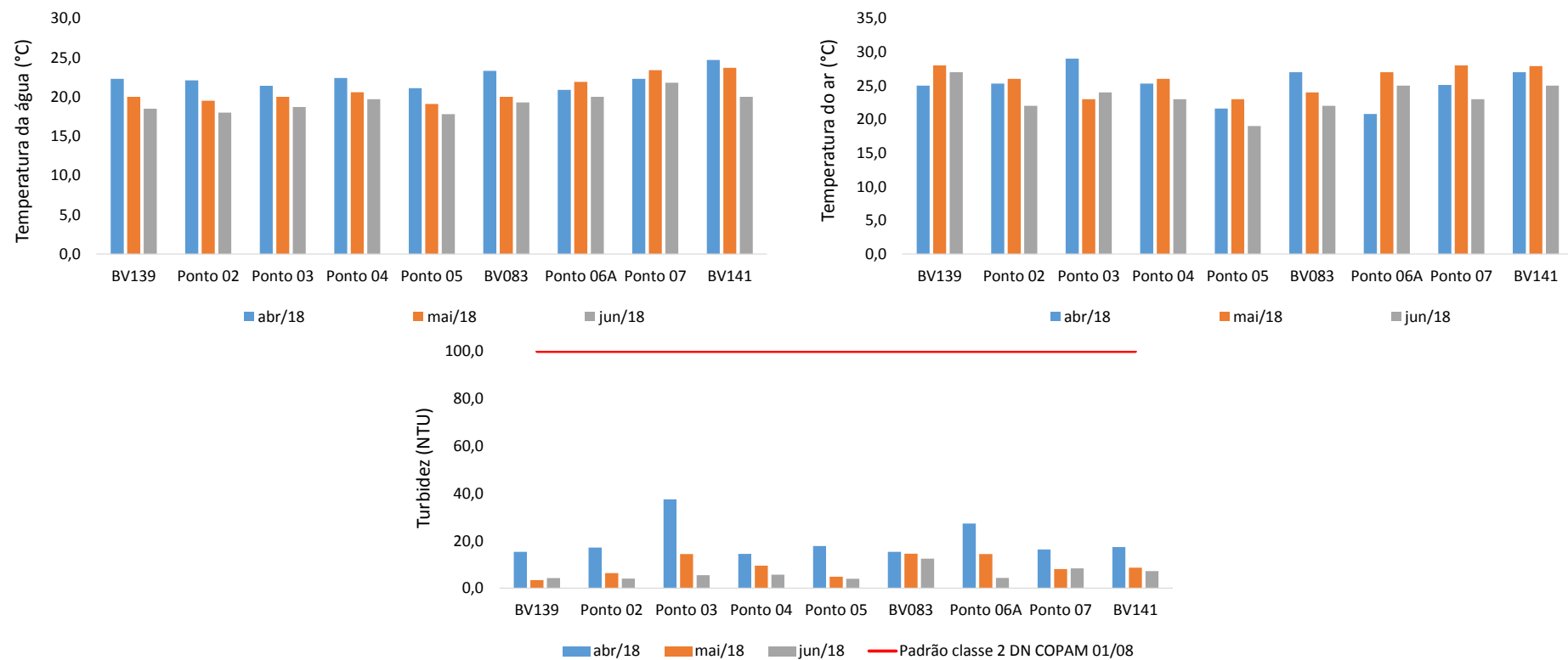
**Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 (continuação)**



**Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 (continuação)**

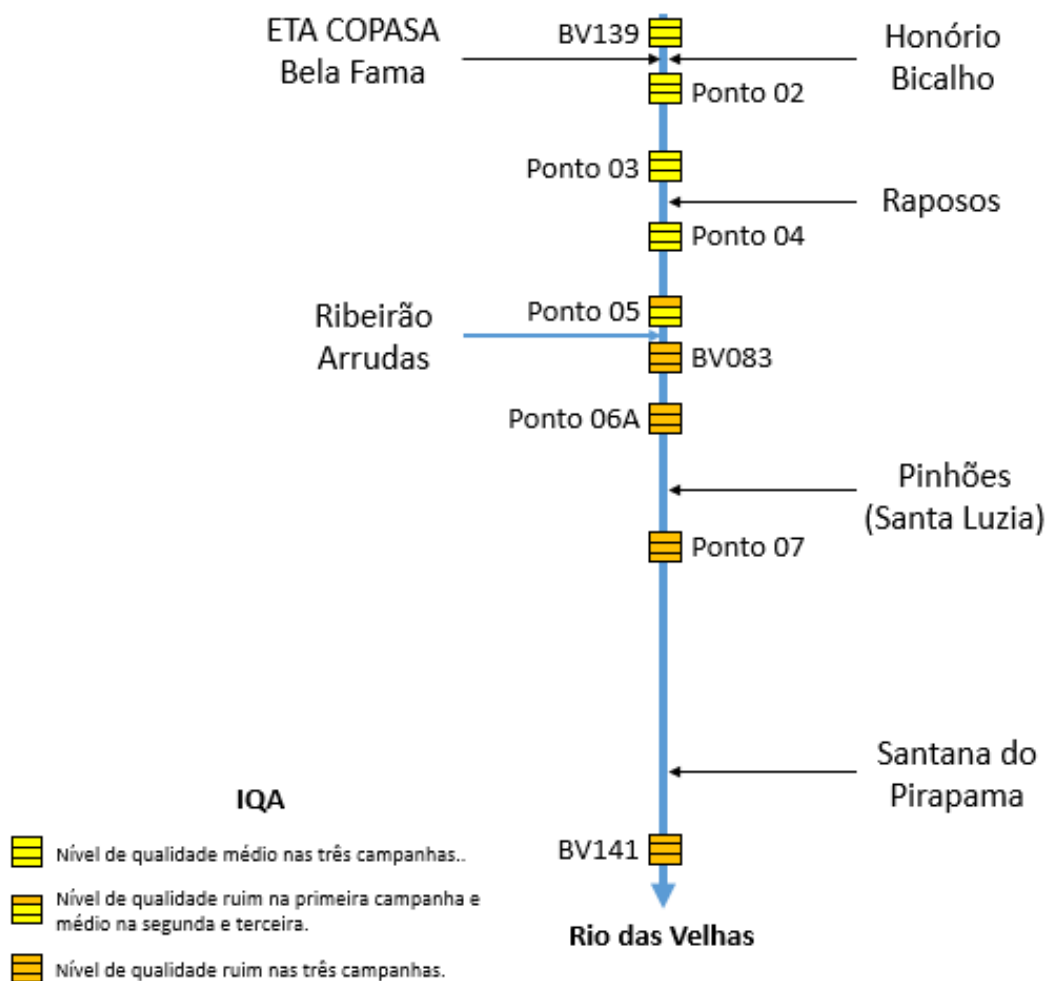


**Figura 7.1 – Resultados dos ensaios físico-químicos para o monitoramento da qualidade da água de abril a junho de 2018 (continuação)**



A Tabela 7.2 apresenta os resultados de IQA em todos os pontos nos três meses avaliados. A Figura 7.2 apresenta um diagrama com representação dos pontos analisados e suas influências diretas e indiretas no curso de água. Neste estão identificados em esquema de cor os resultados do IQA em cada uma das três campanhas monitoradas. Verificou-se que nos trechos mais a montante preveleceu o nível de qualidade Médio (BV139, Ponto 02, Ponto 03, Ponto 04 e Ponto 05). A partir do trecho a jusante do Ribeirão Arrudas prevelaceu o nível de qualidade Ruim de acordo com o IQA, refletindo o impacto das ações antrópicas sobre o Rio das Velhas especialmente em decorrência dos esgotos domésticos.

**Figura 7.2 – Diagrama unifilar com a representação do IQA nos pontos de amostragem ao longo do rio das Velhas no período de abril a junho de 2018**



Fonte: os autores (2018)

**Tabela 7.2 – Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) para os resultados de monitoramento de água de abril a junho de 2018**

Ponto	Data de coleta	IQA
BV139	12/04/2018	57,7
BV139	02/05/2018	58,1
BV139	04/06/2018	57,7
Ponto 02	17/04/2018	55,8
Ponto 02	02/05/2018	58,1
Ponto 02	04/06/2018	58,2
Ponto 03	25/04/2018	55,1
Ponto 03	02/05/2018	57,3
Ponto 03	04/06/2018	57,5
Ponto 04	17/04/2018	56,1
Ponto 04	02/05/2018	58,9
Ponto 04	04/06/2018	54,9
Ponto 05	17/04/2018	37,2
Ponto 05	03/05/2018	57,5
Ponto 05	05/06/2018	52,9
BV 083	16/04/2018	32,8
BV 083	03/05/2018	40,7
BV 083	05/06/2018	39,9
Ponto 6A	18/04/2018	38,1
Ponto 6A	03/05/2018	39,7
Ponto 6A	05/06/2018	40
Ponto 7	18/04/2018	40,7
Ponto 7	03/05/2018	39,3
Ponto 7	05/06/2018	39,3
BV 141	23/04/2018	49,3
BV 141	02/05/2018	45
BV 141	06/06/2018	47,7

**Legenda:**

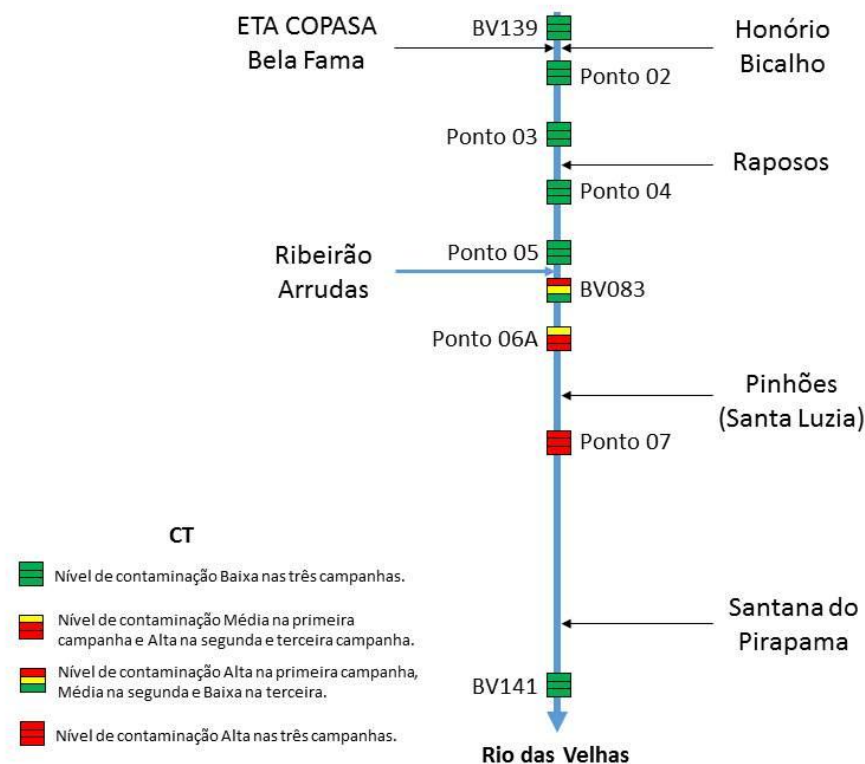
Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito Ruim	0 ≤ IQA ≤ 25

Fonte: os autores (2018)



Os resultados de Contaminação por Tóxicos estão apresentados na Tabela 7.3 e no diagrama unifilar (Figura 7.3). Para os Pontos 02, 03, 04, 05, 06A e 07 a Contaminação por Tóxicos foi determinada considerando-se os parâmetros fenóis totais, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal, pois os metais não foram analisados. A CT Alta ocorre no Rio das Velhas no trecho a jusante do Ribeirão Arrudas especialmente devido a presença de nitrogênio amoniacal em concentração não conforme ao padrão da legislação. Trata-se de um produto da degradação de nitratos que ocorre especialmente em ambientes com baixos níveis de oxigênio.

**Figura 7.2 – Diagrama unifilar com a representação do IQA nos pontos de amostragem ao longo do rio das Velhas no período de abril a junho de 2018**



Fonte: os autores (2018)

**Tabela 7.3 – Resultados da Contaminação por Tóxicos (CT) para os resultados de monitoramento de água de abril a junho de 2018**

Ponto	Data de coleta	CT
BV139	12/04/2018	BAIXA
BV139	02/05/2018	BAIXA
BV139	04/06/2018	BAIXA
Ponto 02	17/04/2018	BAIXA
Ponto 02	02/05/2018	BAIXA
Ponto 02	04/06/2018	BAIXA
Ponto 03	25/04/2018	BAIXA
Ponto 03	02/05/2018	BAIXA
Ponto 03	04/06/2018	BAIXA
Ponto 04	17/04/2018	BAIXA
Ponto 04	02/05/2018	BAIXA
Ponto 04	04/06/2018	BAIXA
Ponto 05	17/04/2018	BAIXA
Ponto 05	03/05/2018	BAIXA
Ponto 05	05/06/2018	BAIXA
BV 083	16/04/2018	ALTA
BV 083	03/05/2018	MÉDIA
BV 083	05/06/2018	ALTA
Ponto 6A	18/04/2018	BAIXA
Ponto 6A	03/05/2018	MÉDIA
Ponto 6A	05/06/2018	ALTA
Ponto 7	18/04/2018	ALTA
Ponto 7	03/05/2018	ALTA
Ponto 7	05/06/2018	ALTA
BV 141	23/04/2018	BAIXA
BV 141	02/05/2018	BAIXA
BV 141	06/06/2018	BAIXA

**Legenda:**

Contaminação	Significado
<b>BAIXA</b>	Refere-se à ocorrência de substâncias tóxicas em concentrações que excedem em até 20% o limite de classe de enquadramento do trecho do corpo de água onde se localiza a estação de amostragem.
<b>MÉDIA</b>	Refere-se à faixa de concentração que ultrapasse os limites mencionados no intervalo de 20% a 100%.
<b>ALTA</b>	Refere-se às concentrações que excedem em mais de 100% os limites.

Nota: Limite de classe definido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

Fonte: os autores (2018)

## 8 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos nos três meses de monitoramento é possível considerar que os impactos antrópicos como crescimento urbano desordenado e descarga de esgoto doméstico e industrial influenciam negativamente a qualidade da água do trecho do rio Rio das Velhas que foi monitorado.

O IVA e IPMCA, índices que indicam a qualidade da água para preservação e proteção da vida aquática mostram que os pontos após a confluência com o Ribeirão Arrudas são os piores em condições de qualidade. Também é nestes pontos que se observaram as maiores concentrações de matéria orgânica e pior classificação em termos de trofia do ambiente. As violações a DN conjunta COPAM/CERH de 2018 tiveram maior frequência de ocorrência também neste trecho.

O comportamento dos bioindicadores corrobora os resultados observados para os demais parâmetros, indicando uma qualidade ambiental bastante restritiva na maioria das estações, sendo a situação agravada no trecho após o Ribeirão Arrudas.

O IQA e a CT mostraram características de bons indicadores de poluição pontual para o trecho monitorado no Rio das Velhas. Alguns parâmetros, como substâncias tensoativas, nitrogênio amoniacal, fósforo total, DQO, DBO, oxigênio dissolvido e cor verdadeira apresentaram melhoria no último trecho monitorado (BV141) o que demonstra a capacidade de depuração do Rio das Velhas em relação a esses parâmetros. Essa condição também foi ressaltada no resultado de Contaminação por Tóxicos Baixa nesse local.

Destaca-se o risco eminente de florações de cianobactérias no trecho em questão, principalmente ao final do período de seca, quando as condições ambientais são bastante favoráveis para o crescimento algal. Desta forma é recomendável que o monitoramento seja mantido durante os meses de agosto a outubro para os parâmetros Densidade de Cianobactérias, Cianotoxinas, Clorofila e demais parâmetros relacionados ao IQA e CT.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT/NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro, 2016. 27 p. 4ª Edição.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT/NBR 13373: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro, 2017. 20 p. 5ª Edição.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT/NBR 15469: Ecotoxicologia – Coleta, preservação e preparo de amostras, Rio de Janeiro, 2016. 16 p. 2ª Edição.

BARBOUR, M. T., PLAFKIN, J. L., BRADLEY, B. P., GRAVES, C. G., WISSEMAN, R. W. 1992. Evaluation of EPA's rapid bioassessment benthic metrics: Metric redundancy and variability among reference stream sites. *Environmental Toxicology and Chemistry* 11:437-449.

BICUDO, C.E.M., RAMIREZ R., J.J., TUCCI, A., BICUDO, D. C. 1999. Dinâmica de Populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: O Lago das Garças, São Paulo. In: Henry, R. (Ed.). *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Botucatu: FUNDIBIO; São Paulo: FAPESP, 15: 451 – 507.

BOTELHO, R.G.; MACHADO NETO, L.; OLINDA, R.A.; DIAS, C.T.; TORNISIELO, V.L. (2012) Water quality assessment in Piracicamirim Creek upstream and downstream a sugar and ethanol industry through toxicity tests with cladocerans. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 55, n. 4, p. 631-636. BOTELHO, R.G.; ROSSI, M.L.; MARANHO, L.A.; OLINDA, R.A.; TORNISIELO, V.L. (2013) Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Piracicaba River (São Paulo, Brazil). *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 20, n. 7, p. 4382-4395.

CAIRNS JUNIOR, J. (2002) Environmental monitoring for the preservation of global biodiversity: the role in sustainable use of the planet. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, v. 9, n. 2, p. 135-150.

CALLISTO, M. et al. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Florianópolis, v.1, n.6, p.71-82, 2001

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CAMPOS, M.C.S. coord. CIT – CENTRO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA SENAI FIEMG. Estudos hidrogeológicos dos vales do Santarém e Mirandinha - Diagnóstico das comunidades aquáticas (plâncton e macroinvertebrados) nas sub-bacias dos córregos Santarém e Mirandinha e rio Gualaxo do Norte Relatório Técnico . Belo Horizonte, 2015. 1135p. Anexo.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. Vol. 22, p 361 – 369, 1977.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo -. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2017. Apêndice D, Série Relatórios.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Desenvolvimento de índices biológicos para o biomonitoramento em reservatórios do estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2006. (Relatório técnico do projeto O. S. 41.53.10.00. Atualização e Aperfeiçoamento de Metodologias Analíticas).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes: Apêndice B, Série Relatórios. 2008.

CONAMA n°357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FERREIRA, H. L. M. Bioindicadores da qualidade ambiental. Ouro Preto/MG. DEGEO/UFOP, 38p. Anexos. 2001a. (Seminário da disciplina Princípios da Ecologia e Meio Ambiente. Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais).

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. Aprimoramento e Ampliação da Capacitação Metodológica para Medições Ambientais. Módulo 2: Microbiologia, Hidrobiologia e Ictiologia. Belo Horizonte, 1997. 2 v. Relatório técnico final.

GENTIL, R. C., TUCCI, A. AND SANT'ANNA, C. L. (2008). Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. *Hoehnea*, São Paulo, v. 35, p. 265–280.

GOULART, M.D; CALLISTO M. (2003) Bioindicadores de Qualidade de Água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*. Ano II (Número II): 153-163.

GULLEY, DAVID D; BOELTER, AMN M; BERGMAN, HAROLD L. *Toxstat* Version 3.3. Wyoming: University of Wyoming, 1991.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Resumo Executivo Anual: Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais em Minas Gerais 2017. Belo Horizonte: IGAM, 2018. 189p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Definição Preliminar da Rede de Amostragem Qualidade Bacia do Rio São Francisco Sub-bacia do rio das Velhas. Disponível em [http://www.atlasdasaguas.ufv.br/velhas/impacto\\_ambiental\\_relevante\\_identifica\\_do\\_na\\_bacia\\_do\\_rio\\_das\\_velhas.html](http://www.atlasdasaguas.ufv.br/velhas/impacto_ambiental_relevante_identifica_do_na_bacia_do_rio_das_velhas.html)

JUNQUEIRA, M.V. et al. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil). Acta Limnologica Brasiliensia 12(1):73-87, 2000.

LAMPARELLI, M. C. Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

MAGURRAN, A. E. Diversidad ecológica y su medición. Edición Vedral, 1989. 199p.

MARANHO, Lucieneide Aparecida; BOTELHO, Rafael Grossi; NOGUEIRA, Larissa de Assunção; TORNISIELO, Valdemar Luiz. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Samambaia (São Pedro, São Paulo, Brasil) através de parâmetros físicos e químicos, índice de estado trófico e teste de toxicidade com *Daphnia magna*. Engenharia Saintária e Ambiental. V.22, n1. Jan/fev 2017, 195-201.

MARQUES, M. M. G. S. M. 1998. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos no trecho médio da bacia do rio Doce/MG: bases para a conservação da biodiversidade e avaliação da qualidade de água. Belo Horizonte: UFMG, 119p. (Dissertação, Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre).

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM/ CER-MG Nº 1, de 5 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2008.

ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro. Editora Guanabara, 1995. 434p.

PALMA, P.; ALVARENGA, P.; PALMA, V.; MATOS, C.; FERNANDES, R.M.; SOARES, A.; BARBOSA, I.R. (2010) Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal). Environmental Science and Pollution Research International, v. 17, n. 3, p. 703-716. PALMA, P.; LEDO, L.; SOARES, S.; BARBOSA, I.R.; ALVARENGA, P. (2014) Integrated environmental assessment of freshwater sediments: a

chemical and ecotoxicological approach at the Alqueva reservoir. *Environmental Geochemistry and Health*, v. 36, n. 2, p. 209-223.

PIELOU, E. C. An introduction to mathematical ecology. 2ed. New York, John Wiley, 1969. 326 p.

REYNOLDS, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. Cambridge: 384 p.

SOUZA, P.A.P. Importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas. In: FELICIDADE, N. et al. Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil. São Carlos: Rima, 2001. p.55-66.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater (SMEWW) 22 ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2012. 1v.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater (SMEWW) 22 ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 2012. 1v.

VON SPERLING, Marcos. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 2ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte; 1996.

WEST, INC.; DAVE GULLEY. EPA PROBIT Version 1.5. Wyoming: University of Wyoming, 1994.