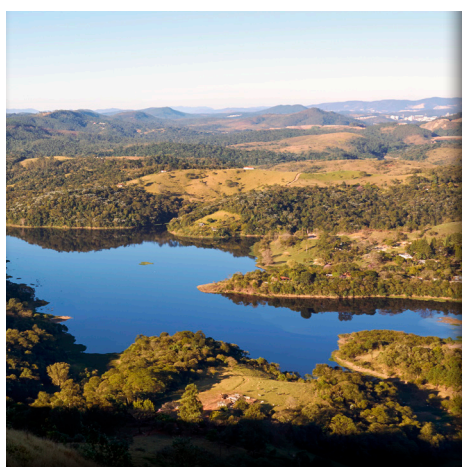
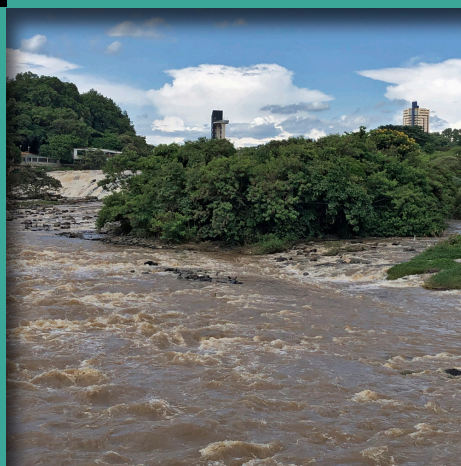


QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO



2022

SÉRIE RELATÓRIOS



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO



Governo do Estado de São Paulo
Tarcísio de Freitas - Governador do Estado de São Paulo

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
Natália Resende - Secretária de Estado

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Thomaz Miazaki de Toledo - Diretor-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa
Liv Nakashima Costa - Diretora

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
Adriano Rafael Arrepiá de Queiroz - Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental
Carolina Fiorillo Mariani - Diretora

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental
Mayla Matsuzaki Fukushima - Diretora

QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES

NO ESTADO DE SÃO PAULO

S É R I E R E L A T Ó R I O S

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

2022

SÉRIE RELATÓRIOS

São Paulo ■ 2023

CETESB (São Paulo)

Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2022 [recurso eletrônico] / CETESB ; Coordenação geral Maria Helena R.B. Martins ; Coordenação técnica Fábio Netto Moreno, Marta Condé Lamparelli, Beatriz Durazzo Ruiz; Coordenação cartográfica Carmen Lúcia V. Midaglia ; Equipe técnica Cláudio Roberto Palombo ... [et al.]. – São Paulo : CETESB, 2023.

Arquivos eletrônicos : il. color., PDF, XLSX ; 95 MB. - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103 4103)

Publicado anteriormente como: Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, e Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo.

Conteúdo: 1 relatório (1 arquivo de texto PDF (250 p.) : 40 MB) + apêndices A-R (arquivos XLSX : 45 MB)

Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>

1. Água – poluição 2. Águas interiores – qualidade – controle 3. São Paulo (Est.) I. Título. II. Série.

Direitos reservados de distribuição e comercialização.
Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2023.
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

FICHA TÉCNICA

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Biól. Carolina Fiorillo Mariani
Diretora

Coordenação geral

Quím. Maria Helena R. B. Martins
Gerente do Departamento de Qualidade Ambiental

Coordenação técnica

Biól. Fábio Netto Moreno
Gerente da Divisão de Qualidade das Águas e do Solo
Biól. Marta Condé Lamparelli
Gerente da Divisão de Análises Hidrobiológicas
Quím. Beatriz Durazzo Ruiz
Gerente do Setor de Águas Interiores

Coordenação cartográfica

Geóg. Carmen Lucia V. Midaglia

Equipe Técnica

Setor de Águas Interiores

Biól. Cláudio Roberto Palombo
Eng. Quím. Uladyr Ormino Nayme
Geóg. Fabiola Martins Antoneli
Eng. Vinícius Vidal Ramos da Silva (UNICAMP)
Eng. Alana Natalí Mânica (UNICAMP)

Setor de Hidrologia

Eng. Luís Altivo Carvalho Alvim
Quím. Vinícius Marques da Silva

Departamento de Análises Ambientais

Biom. Maria Inês Zanoli Sato

Divisão de Análises Físico-químicas

Maria Yumiko Tominaga

Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental

Biól. Deborah Arnsdorff Roubicek

Setor de Comunidades Aquáticas

Biól. Maria do Carmo Carvalho
Biól. Adriana C. C. Ribeiro de Deus
Biól. Ana Maria Brockelmann
Biól. Denise Amazonas Pires
Biól. Helena Mitiko Watanabe
Biól. Hélio Rubens Victorino Imbimbo
Biól. Luciana Haipek Mosolino Lerche
Biól. Mônica Luisa Kuhlmann
Farm. Bioq. Rosalina Pereira de Almeida Araújo

Coletas de Amostras e/ou Análises

Divisão de Amostragem
Setor de Química Inorgânica
Setor de Química Orgânica
Divisão de Microbiologia e Parasitologia
Setor de Comunidades Aquáticas
Setor de Ecotoxicologia Aquática
Setor de Metrologia e Calibração
Setor de Análises Toxicológicas

Apoio

Agências Ambientais da Diretoria de Controle e
Licenciamento Ambiental
Setor de Biblioteca

Contribuições

CIIAGRO – Centro Integrado de Informações
Agrometeorológicas
COMDEC – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
da Prefeitura de São Paulo
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMAE – Empresa Metropolitana de Água e Energia
FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do
Estado de São Paulo

Projeto Gráfico

Vera Severo

Revisão Ortográfica

Maria Cristina de Souza Leite

Setor de Ecotoxicologia Aquática

Biól. William Viveiros
Biól. Lucy Lina Ogura
Biól. Márcia Aparecida Aragão
Biól. Sandra Valéria Buratini

Setor de Análises Toxicológicas

Quím. Gilson Alves Quinágua
Farm. Bioq. Daniela Dayrell França
Téc. Amb. Wallace Anderson A. Soares

Setor de Toxicologia e Genotoxicidade

Biól. Flavia Mazzini Bertoni
Biól. Celso Fumio Suzuki
Biól. Cynthia Muniz Soares

Divisão de Microbiologia e Parasitologia

Biól. Mikaela Renata Funada Barbosa
Farm. Bioq. Solange Rodrigues Ramos
Farm. Bioq. Ana Tereza Galvani

Setor de Química Inorgânica

Quím. Sharlley Alves Silva
Quím. Robson Leocádio Franklin

Setor de Toxicologia e Genotoxicidade
Divisão de Laboratório Campinas
Divisão de Laboratório Sorocaba
Divisão de Laboratório Cubatão
Divisão de Laboratório Taubaté
Divisão de Laboratório Ribeirão Preto
Divisão de Laboratório Marília
Divisão de Laboratório Limeira

Editoração/Diagramação

Phábrica de Produções

Impressão

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São
Paulo

Distribuição

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São
Paulo
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 – Alto de
Pinheiros
Tel. 3133-3000 – CEP 05459-900 – São Paulo – SP
Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br

Apresentação

A CETESB tem como missão institucional desenvolver e acompanhar a execução das políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável, assegurando a melhoria contínua da qualidade do meio ambiente de forma a atender às expectativas da sociedade no Estado de São Paulo.

Dentre as formas de atendimento das expectativas da sociedade, podemos citar dois níveis. O primeiro se refere à proteção e controle ambiental em si. O segundo se revela na informação sobre a qualidade ambiental e na transparência com que as informações geradas são transmitidas à população.

A melhoria contínua da qualidade ambiental pressupõe o conhecimento das condições ambientais, por meio de sua avaliação. Nesse sentido, as redes de monitoramento de qualidade ambiental da CETESB fornecem um diagnóstico de situação, indicando as áreas que necessitam de maior ou menor controle das fontes de poluição, orientando as ações de fiscalização. Identificam também áreas preservadas, cujo desenvolvimento deve ser efetuado de forma sustentável para que não sejam atingidos níveis indesejáveis de degradação.

Além disso, os dados gerados pelas redes de monitoramento permitem avaliar a evolução temporal da qualidade dos meios, a conformidade com a legislação ambiental, bem como subsidiar tomadas de decisão, tais como aquelas relativas ao licenciamento ambiental e à gestão dos recursos ambientais, e políticas públicas relacionadas à qualidade do ar, das águas interiores, subterrâneas, litorâneas e costeiras.

A comunicação da situação da qualidade ambiental para a sociedade se dá intensamente, por intermédio de vários meios de comunicação como: sítio eletrônico, publicações, aplicativo para dispositivos móveis da CETESB. Neste último, por exemplo, podem ser consultados os dados de qualidade do ar em tempo real e as condições de balneabilidade das praias litorâneas.

Além da divulgação frequente dos dados de monitoramento da qualidade ambiental, estão sendo disponibilizadas na página da CETESB na internet as seguintes publicações: Relatório de Qualidade das Praias Litorâneas, de Qualidade das Águas Interiores, de Qualidade das Águas Costeiras, de Qualidade do Ar e o Boletim de Qualidade das Águas Subterrâneas, referentes ao ano de 2022. Esses documentos trazem maior detalhamento técnico, e são referência para especialistas e para áreas acadêmicas, em razão de sua qualidade e da postura de vanguarda adotada pela CETESB, que confere ineditismo em análises ambientais no Brasil.

Novos desafios e oportunidades estão por vir e a CETESB, com a competência técnica acumulada ao longo de sua existência, dará continuidade ao seu trabalho na busca da melhoria contínua da qualidade do meio ambiente no Estado de São Paulo.

Boa leitura!

Thomaz Miazaki de Toledo
Diretor-Presidente da CETESB

1 • Conceitos e Metodologia

As águas situadas no interior da linha de base do mar territorial, excetuando-se os arquipélagos, fazem parte das **águas interiores** do estado (**Decreto Federal nº 1530/1955**).

Neste capítulo, discorre-se sobre os objetivos do monitoramento, conceitos relativos às redes de monitoramento da CETESB, as variáveis de qualidade adotadas para o monitoramento e Índices de Qualidade das águas interiores e dos sedimentos.

1.1 Objetivos do monitoramento

A CETESB monitora a qualidade das águas superficiais interiores no estado de São Paulo desde 1974. Atualmente, os principais objetivos desse monitoramento são:

- Realizar um diagnóstico da qualidade das águas superficiais do estado, avaliando-se a conformidade com a legislação ambiental;
- Avaliar a evolução temporal da qualidade das águas superficiais do estado;
- Identificar as áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, como: trechos de rios e estuários, onde a qualidade possa estar comprometida, possibilitando, assim, ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgãos;
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas interiores utilizadas para o abastecimento público, através de suas características, constatando-se a sua compatibilidade com o tratamento existente, tanto quanto aos seus usos múltiplos;
- Subsidiar a execução dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, para a cobrança do uso da água e estudo do enquadramento dos corpos hídricos;
- Subsidiar a implementação da Política Nacional de Saneamento Básico ([Lei no. 11.445/2007](#)), atualizada pelo marco do Saneamento Básico ([Lei no.14.026/2020](#)).

1.2 Qualidade das Águas Interiores

A [Resolução CONAMA nº 357/2005](#) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. As águas superficiais são classificadas em treze classes de qualidade, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, sendo 5 classes de águas doces, 4 classes de águas salobras e 4 classes de águas salinas.

Essa resolução define padrão de qualidade como o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade da água, ao passo que a condição de qualidade representa a qualidade de um segmento do corpo de água num determinado momento, em termos dos múltiplos usos com a segurança adequada, frente às suas classes de qualidade.

Assim, para cada classe de qualidade foram estabelecidos condições e padrões de qualidade por meio de variáveis:

(1) **descritivas** - tais como materiais flutuantes não naturais, óleos e graxas, substâncias que propiciam gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas, resíduos sólidos objetáveis e toxicidade e;

(2) **quantitativas** - tais como pH, DBO, OD, substâncias orgânicas, metais totais e dissolvidos, clorofila *a*, densidade de cianobactérias, entre outras, onde existem faixas de concentração permitidas.

Acrescenta-se que os corpos de água interiores paulistas foram enquadrados pelo [Decreto Estadual no.10.755/1977](#). Esse enquadramento, respeitando os padrões de qualidade, consiste numa meta ou objetivo de qualidade da água a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo.

Para os casos em que a qualidade atual dos corpos hídricos do estado de São Paulo não atenda às respectivas classes estabelecidas, ações de prevenção e controle de poluição de fontes pontuais (origem doméstica e industrial) ou difusas (origem urbana e agrícola) devem ser adotadas no sentido de promover a adequação da qualidade dos corpos hídricos superficiais na sua respectiva classe de qualidade.

Nesse contexto, o monitoramento da qualidade da água é uma ferramenta imprescindível para aferir a eficácia das ações e o atendimento das respectivas metas de enquadramento dos corpos de água.

1.2.1 Redes de Monitoramento

O monitoramento da qualidade das águas superficiais interiores efetuado pela CETESB é realizado por meio de três redes de amostragem manual e uma rede automática, que objetivam atingir um diagnóstico dos usos múltiplos dos recursos hídricos no estado de São Paulo, conforme descrito na Tabela 1.1.

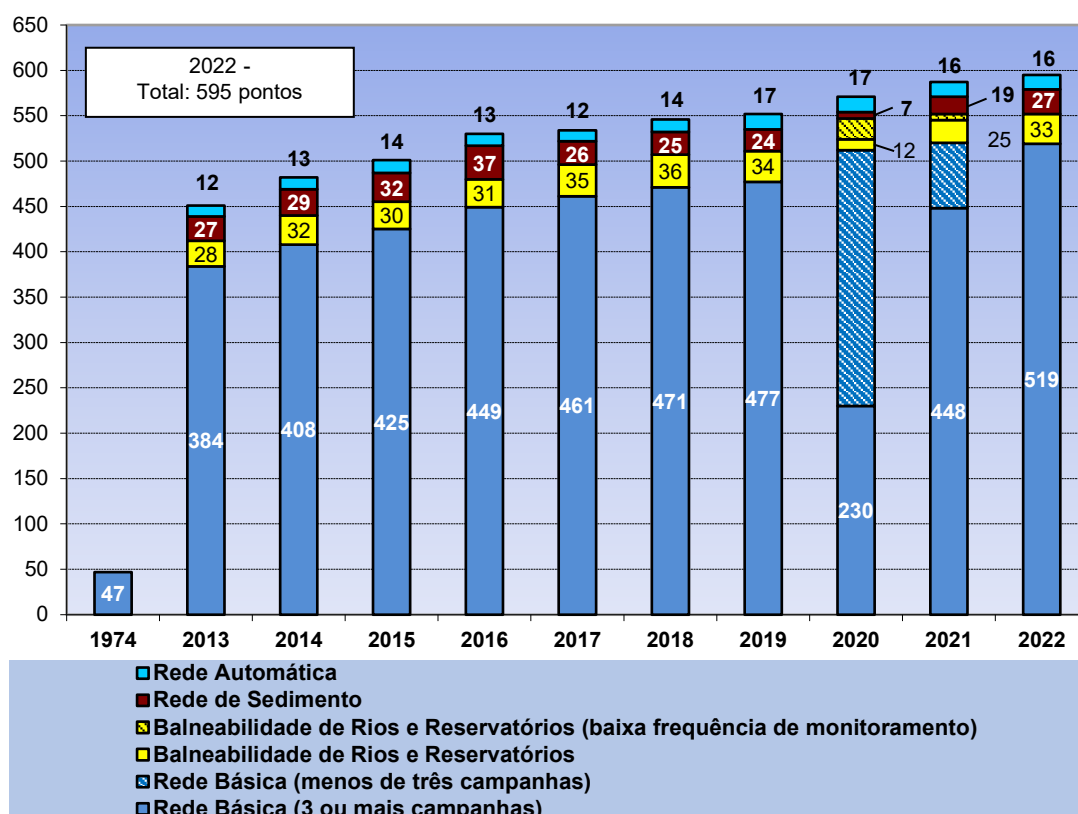
Tabela 1.1– Redes de monitoramento de águas superficiais interiores da CETESB – 2022

Monitoramento CETESB	Objetivos	Início de Operação	Pontos 2022	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo.	1974	519	Trimestral	Físicas Químicas Biológicas
Rede de Sedimento	Complementação do diagnóstico da coluna de água.	2002	27	Anual	Físicas Químicas Biológicas
Balneabilidade de Praias Interiores	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população.	1994	33	Semanal / Mensal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais.	1998	16	Horária	Físicas Químicas

O aperfeiçoamento sistemático das redes da CETESB está voltado para o atendimento de diversos objetivos relativos ao monitoramento de qualidade das águas, destacando-se:

- Necessidades de acompanhar o crescimento populacional;
- Diversificação das indústrias no estado;
- Programas de controle da poluição das águas desenvolvidos pela CETESB;
- Diagnóstico dos mananciais utilizados para o abastecimento público.

A evolução do programa de monitoramento da CETESB baseia-se na busca contínua de um melhor e mais eficiente diagnóstico dos recursos hídricos. Esse processo considera o avanço científico, os projetos do Governo do Estado e as demandas das Agências Ambientais, Prefeituras Municipais e Comitês das Bacias Hidrográficas. No Gráfico 1.1 visualiza-se o aumento contínuo do número de pontos de amostragem dos últimos 10 anos, considerando o ano de 1974 como início de operação da Rede Básica da CETESB.

Gráfico 1.1 – Evolução dos pontos de amostragem por programa de monitoramento de águas interiores

A descrição dos pontos monitorados em 2022 pelas 4 redes de monitoramento será detalhada no Capítulo 3. Já os aspectos quantitativos do monitoramento executado em 2022 foram delineados no Apêndice A.

1.2.2 Variáveis de Qualidade das Águas e do Sedimento

As variáveis de qualidade das águas e do sedimento podem ser integradas na avaliação dos ambientes aquáticos e, dependendo dos usos da água pretendidos, adotam-se variáveis e índices específicos para indicar a sua qualidade.

A seleção das variáveis de qualidade relaciona-se à função do tipo de rede de monitoramento: Rede Básica, Praias Interiores, Sedimento e Monitoramento Automático.

O significado ambiental e sanitário das variáveis monitoradas e as respectivas metodologias analíticas e de amostragem encontram-se descritas no **Apêndice C**. Destaca-se que, em continuidade às atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos a CETESB tem realizado o monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19. As informações acerca desse programa estão disponíveis na página da CETESB (<https://cetesb.sp.gov.br/sars-cov-2/>) e a avaliação dos resultados de 2022 constam no Capítulo 6.

1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica

A quantidade e as diferentes formas de poluentes que podem estar presentes nas águas superficiais tornam inexequível a análise sistemática de todas as substâncias. Por esse motivo, a CETESB realiza a determinação de cerca de 60 variáveis de qualidade da água consideradas mais representativas (Tabela 1.2).

Em função da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios ou reservatórios, com vistas a diagnósticos mais detalhados, outras variáveis podem ser determinadas, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica contribuinte, da tipologia industrial, quanto pela ocorrência de algum evento excepcional.

Tabela 1.2 – Variáveis de qualidade da Rede Básica

Rede de Monitoramento	Grupo	Principais Variáveis*	Variáveis Adicionais**
Rede Básica	Físicos	Condutividade, Sólido Dissolvido Total, Sólido Total, Temperatura da Água, Turbidez	Cor Verdadeira, Salinidade, Sólidos Suspensos, Transparência, Vazão
	Químicos	Alumínio Dissolvido, Alumínio Total, Bário Total, Cádmio Total, Cálcio Total, Carbono Orgânico Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre Dissolvido, Cobre Total, Crômio Total, Dureza, Ferro Dissolvido, Ferro Total, Fluoreto Total, Fósforo Total, Fósforo-Ortofosfato, Magnésio Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrogênio-Nitrato, Nitrogênio-Nitrito, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Subst. Tensoat. reagem c/ Azul Metileno (Surfactantes), Sulfato Total, Zinco Total	Agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e raticidas, organofosforados), Alcalinidade Total, Arsênio Total, Bifenilas Policloradas (PCBs), Boro Total, Carbono Orgânico Dissolvido, Cianotoxinas (Cilindrospermopsina, Microcistinas, Saxitoxina), Cloro Residual Livre e Total, Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (Semi-COVs), DBO _{5,20} , DQO, Fenóis Totais, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Nitrogênio Total, Óleos e Graxas, Potencial de Formação de THM, Sulfeto
	Hidrobiológicos	Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i>	Comunidades Fitoplancônica e Zooplancônica
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i>	<i>Cryptosporidium sp</i> e <i>Giardia sp</i>
	Ecotoxicológicos	Ensaio ecotoxicológico com o microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio de Toxicidade Aguda com a bactéria luminescente <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox®)
	Testes de Mutagenicidade		Ensaio de Mutação Reversa (Teste de Ames) e Ensaio de micronúcleos <i>in vitro</i>
	Bioanalíticos		Atividade Estrogênica por BLYES, GR-Calux

*Principais variáveis - monitoradas em mais de 60% dos pontos;

** Variáveis adicionais - monitorados em menos de 60% dos pontos

No **Apêndice E** informam-se a quantidade de análises por variável e por ponto de amostragem de água realizadas em 2022.

As medições de vazão nos corpos de água são realizadas pela CETESB e pelo Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE . Os resultados são obtidos pela medição direta da vazão nos corpos de água ou pela leitura de régua, simultaneamente à amostragem da água ou por meio de medidores de nível. No caso das medições feitas por meio das régua ou medidores de nível, para se determinar a vazão, são utilizadas curvas-chave, as quais devem ser ajustadas periodicamente.

Em 2022, a Rede Básica gerou um volume de dados correspondente aos resultados de aproximadamente 110.000 análises físicas, químicas, biológicas, ecotoxicológicas e bioanalíticas.

1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento

O sedimento é utilizado nos estudos sobre a avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos, pois retrata as condições históricas da influência antrópica, nem sempre detectáveis pelo monitoramento das variáveis de água.

A presença de contaminantes no sedimento potencializa a transferência destes para a coluna de água. Essa mobilização de contaminantes da fase sólida para a dissolvida pode ocorrer pelo revolvimento do sedimento, por exemplo, em virtude do aumento da vazão e das chuvas ou por atividades que interfiram com o leito do rio, como dragagens (seja de desassoreamento ou aprofundamento da calha), passagem de dutos, construção de pilares de sustentação de pontes, dentre outras atividades.

A Tabela 1.3 descreve as variáveis de qualidade físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas de sedimento utilizadas pela CETESB em sua avaliação em 2022.

Tabela 1.3 – Variáveis de qualidade da Rede de Sedimento.

Monitoramento	Grupo	Variáveis
Rede de Sedimento	Físicos	Granulometria (Areia, Silte e Argila), Série de Sólidos (Fixos, Totais e Voláteis), Umidade, Potencial Redox
	Químicos	a) Inorgânicas: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Escândio, Ferro, Fósforo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrogênio Kjeldahl e Zinco.
		b) Orgânicas: Bifenilas Policloradas (PCB's), Carbono Orgânico Total, Dioxinas e Furanos, Dioxin-Like PCB's, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs); Pesticidas Organoclorados.
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i> e <i>Clostridium perfringens</i>
	Hidrobiológicos	Comunidade Bentônica
	Toxicológicas	Ensaio de Toxicidade Aguda com a bactéria luminescente <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema Microtox);
		Ensaio de Toxicidade Aguda/Subletal com o anfípodo <i>Hyalomma azteca</i> ,
		Ensaio de Toxicidade Aguda/Subletal com <i>Chironomus sanctacarli</i>
		Deformidade em mento de <i>Chironomus sp.</i>
	Testes de Mutagenicidade	Ensaio de Mutação Reversa (Teste de Ames)

1.2.2.3 Variáveis da Rede de Balneabilidade de Praias Interiores

O indicador microbiológico utilizado para avaliação da balneabilidade de praias interiores da CETESB é a variável *Escherichia coli*. As variáveis Enterococos e Coliformes Termotolerantes também podem ser utilizados.

1.2.2.4 Variáveis do Monitoramento Automático

As Estações Automáticas fazem uso de sondas multiparâmetro para a determinação das seguintes variáveis: Oxigênio Dissolvido, Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Turbidez.

1.2.3 Índices de Qualidade das Águas e do Sedimento

Os índices são utilizados para fornecer uma visão geral da qualidade da água, pois integram os resultados de diversas variáveis através de um único indicador. Assim, para transmitir uma informação passível de compreensão pelo público em geral, a CETESB utiliza índices específicos que refletem a qualidade das águas de acordo com seus usos pretendidos.

A descrição detalhada dos índices de qualidade de água e de sedimento utilizados pela CETESB e a metodologia de cálculo constam no **Apêndice D**.

A Tabela 1.4 apresenta as categorias e faixas de classificação dos índices de qualidade de água.

Tabela 1.4 – Categorias e faixas de classificação dos Índices de Qualidade de Água

Índice de Qualidade	Categoria					
IQA	Ótima $79 < IQA \leq 100$	Boa $51 < IQA \leq 79$	Regular $36 < IQA \leq 51$		Ruim $19 < IQA \leq 36$	Péssima $IQA \leq 19$
IAP	Ótima $79 < IAP \leq 100$	Boa $51 < IAP \leq 79$	Regular $36 < IAP \leq 51$		Ruim $19 < IAP \leq 36$	Péssima $IAP \leq 19$
IVA	Ótima $IVA \leq 2,5$	Boa $2,6 \leq IVA \leq 3,3$	Regular $3,4 \leq IVA \leq 4,5$		Ruim $4,6 \leq IVA \leq 6,7$	Péssima $IVA \geq 6,8$
IET	Ultraoligotrófico $IET \leq 47$	Oligotrófico $47 < IET \leq 52$	Mesotrófico $52 < IET \leq 59$	Eutrófico $59 < IET \leq 63$	Supereutrófico $63 < IET \leq 67$	Hipereutrófico $IET > 67$
ICF	Ótima 1	Boa 2	Regular 3		Ruim 4	
ICZ		Boa	Regular		Ruim	Péssima
IB	Ótima Praias excelentes em 100% do tempo	Boa Praias próprias em 100% do tempo	Regular Praias impróprias em até 25% do tempo		Ruim Praias impróprias entre 25 e 50% do tempo	Péssima Praias impróprias em mais de 50% do tempo

IQA – Índice de Qualidade das Águas; IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público; IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática; IET – Índice do Estado Trófico; ICF – Índice da Comunidade Fitoplanctônica; ICZ – Índice da Comunidade Zooplanctônica; IB – Índice de Balneabilidade

1.2.3.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas

O IQA indica a presença de efluentes sanitários no corpo de água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Este índice, também pode indicar alguma contribuição de efluentes industriais, desde que sejam de natureza orgânica biodegradável.

O IQA é calculado em todos os pontos da Rede Básica.

1.2.3.2 IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público

O IAP é o índice utilizado pela CETESB para indicar as condições de qualidade das águas para fins de abastecimento público. Além das variáveis consideradas no IQA, são avaliadas as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água.

O IAP é calculado apenas nos pontos coincidentes com as captações utilizadas para abastecimento público ou em locais de transposição de águas para outros reservatórios que são utilizados para abastecimento.

1.2.3.3 IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática

O IVA é utilizado para avaliar a qualidade das águas para a proteção da vida aquática, incluindo no seu cálculo as variáveis essenciais para os organismos aquáticos (Oxigênio Dissolvido, pH, Toxicidade por meio de ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*), as substâncias tóxicas e o grau de trofia.

O cálculo do IVA é priorizado em pontos que estão enquadrados em classes que preveem a proteção da vida aquática excluindo-se, assim, os corpos hídricos Classe 4 (Resolução CONAMA no 357/2005).

1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico

O IET classifica os corpos de água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias.

O IET é calculado prioritariamente nos pontos em cuja classe está prevista a proteção da vida aquática.

1.2.3.5 ICF, ICZ e ICB – Índice da Comunidade Fitoplanctônica, Índice da Comunidade Zooplanctônica e Índice da Comunidade Bentônica

Os índices de comunidades complementam a avaliação do IVA, fornecendo o diagnóstico ambiental por meio dos grupos de organismos fitoplanctônicos (ICF), zooplanctônicos (ICZ) e bentônicos (ICB), com base em informações como: densidade, dominância, diversidade e outras métricas, para a classificação dos diferentes meios.

1.2.3.6 IB – Índice de Balneabilidade

O IB visa avaliar a qualidade de água para fins de recreação de contato primário, sendo aplicado em praias de águas interiores, localizadas em rios e reservatórios.

Os reservatórios em melhores condições são avaliados mensalmente. Já aqueles impactados por lançamentos de efluentes domésticos são avaliados com frequência semanal.

1.2.3.7 CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos

O CQS classifica o sedimento em categorias de acordo com linhas de evidência. As três principais são: Contaminação Química, Comunidade Bentônica e Toxicidade, este último incluindo teste de toxicidade com *Hyallela azteca*.

As linhas de evidência são complementadas de forma a obter um diagnóstico mais detalhado. Assim a linha de evidência de toxicidade é complementada com os ensaios de mutação reversa (Teste de Ames), teste de Toxicidade Aguda (Microtox®) e frequência de deformidade.

O diagnóstico químico é complementado pela análise do Fósforo Total, que avalia a extensão do grau de eutrofização dos corpos hídricos. Analisam-se também Carbono Orgânico Total e Nitrogênio Kjeldahl que, juntamente com o Fósforo Total, avaliam a sua qualidade biogeoquímica, notadamente a carga interna de nutrientes e a condição de eutrofização desses corpos de água.

1.2.4 Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido

A determinação dos perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido ao longo da coluna de água de corpos hídricos lânticos é desejável onde se constata a ocorrência da estratificação térmica, principalmente no verão. Neste período, a camada superficial do reservatório apresenta temperatura mais elevada, acarretando menor densidade da água (epilímnio), enquanto que a camada mais profunda apresenta temperatura mais baixa e com maior densidade (hipolímnio).

Desta forma, cria-se uma estabilidade na massa líquida que será desestruturada por forças externas, como o vento, entrada de afluentes, sazonalidade. Essa estabilidade pode levar a uma alteração na qualidade ao longo da coluna de água, principalmente na camada mais profunda, como a redução da concentração de Oxigênio Dissolvido devido a processos de decomposição.

Os perfis de OD e Temperatura são incluídos nos pontos de amostragem de ambientes lânticos (reservatórios), com medição feita com o uso de embarcação.

1.2.5 Mortandade de Peixes

Um evento de mortandade de peixes indica um ponto extremo de pressão no corpo de água, podendo incluir a morte de diversas espécies, além de outros organismos. As mortandades estão normalmente associadas a alterações da qualidade da água e, embora nem sempre seja possível identificar suas causas, o seu registro consiste em um bom indicador da suscetibilidade do corpo hídrico em relação às fontes de poluição nas respectivas UGRHI. A CETESB realiza atendimento a ocorrências de mortandades de peixes por meio das Agências Ambientais e do Setor de Comunidades Aquáticas.

1.2.6 Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município – ICTEM

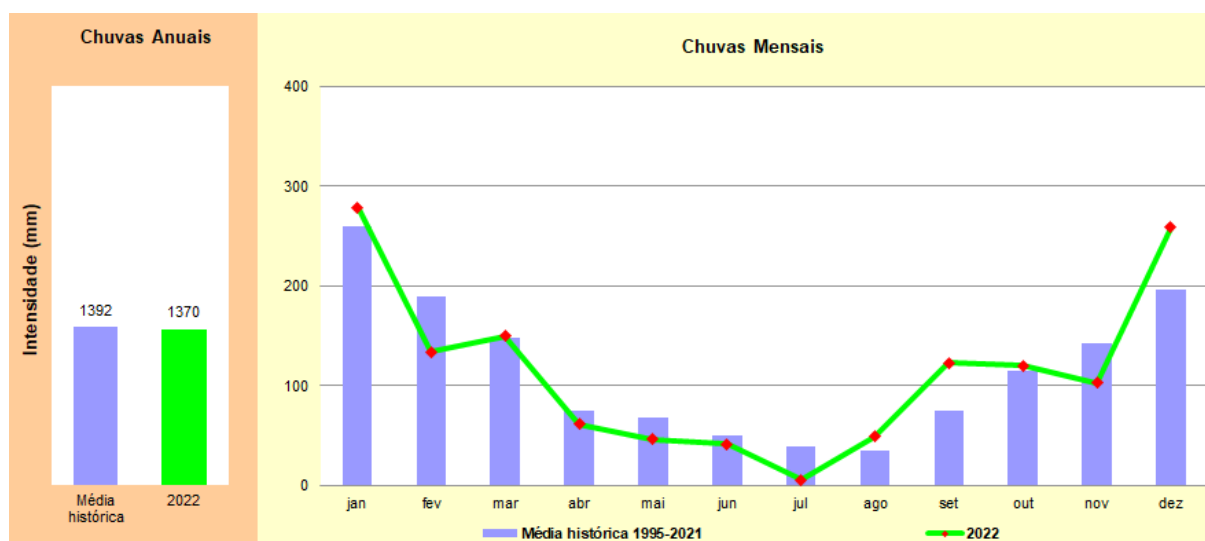
O ICTEM retrata uma situação que leva em consideração a efetiva remoção da carga orgânica, (em relação à carga orgânica potencial gerada pela população urbana) sem deixar, entretanto, de observar a importância de outros elementos que compõem um sistema de tratamento de esgotos, como a coleta, o afastamento e o tratamento. Além disso, considera também o atendimento à legislação quanto à eficiência de remoção (superior a 80% da carga orgânica) e a conformidade com os padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes.

A metodologia de cálculo do ICTEM está descrita no **Apêndice D**.

2 • Aspectos hidrológicos

Este capítulo tem por objetivo avaliar a disponibilidade hídrica no estado de São Paulo para subsidiar a análise da qualidade das águas. Para tanto, foram tomadas as médias mensais dos valores registrados em 1.745 postos pluviométricos distribuídos pelas 22 UGRHs, conforme apresentado no **Apêndice F**. Os valores de precipitação média mensal e anual do estado foram calculados proporcionalmente à área de cada UGRH, ou seja, ainda que tenham menos postos, as UGRHs com maior área têm peso maior no cálculo das médias do estado. O resultado é apresentado no Gráfico 2.1.

Gráfico 2.1 – Intensidades de chuva mensais e anual no estado de São Paulo em 2022.



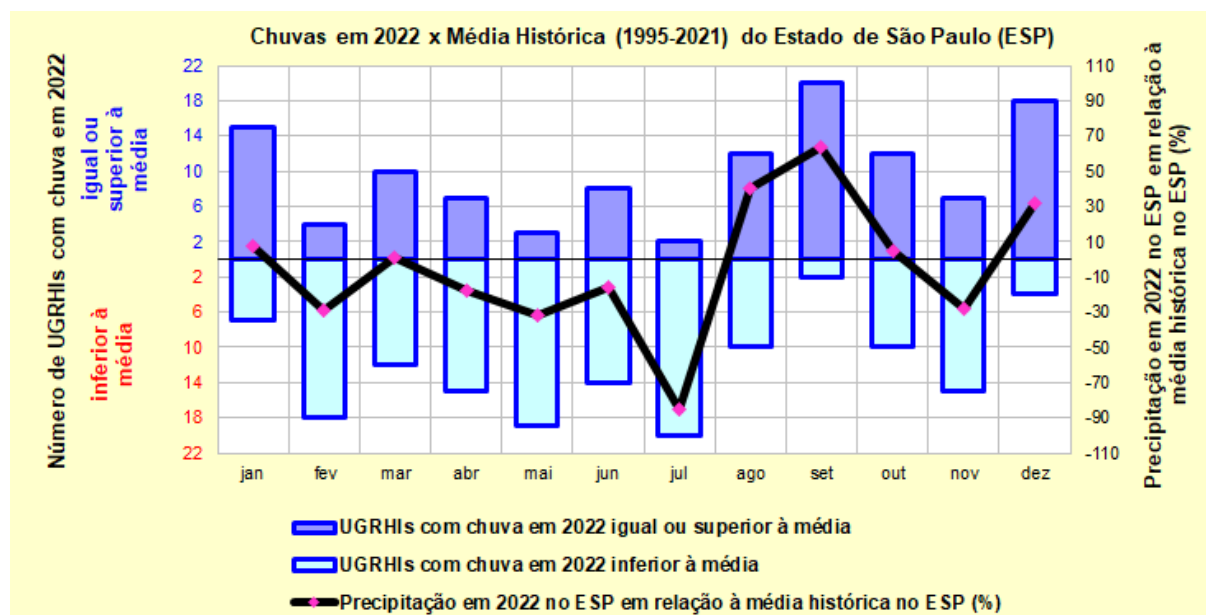
O Gráfico 2.1 mostra que o estado de São Paulo apresenta média histórica de chuva de 1.392 mm ao ano, considerando-se o período 1995-2021. Esse intervalo temporal foi selecionado por apresentar dados em todas as UGRHs. O ano de 2022 apresentou um volume anual de chuvas de 1.370 mm, ou seja, 1,6% inferior à média dos 27 anos anteriores.

Ainda no Gráfico 2.1, é possível observar a distribuição mensal das chuvas. No período de estiagem, historicamente considerado de abril a setembro, com precipitações mensais inferiores a 100 mm, o volume de chuva foi 4% inferior à média histórica, com o maior déficit observado no mês de julho. Já o período tradicionalmente mais úmido, que envolve os meses de janeiro a março e outubro a dezembro, registrou somente 1% menos precipitação que a média histórica, resultado que pode ser creditado aos volumes de chuvas registrados em setembro e dezembro, significativamente superiores à média.

Para avaliar as precipitações ocorridas ao longo de 2022 no conjunto das UGRHs, foi elaborado o Gráfico 2.2. Para tanto, foram comparadas as precipitações mensais em cada uma das UGRHs com as médias históricas do estado para se obter o número de unidades que registraram chuvas acima e abaixo da média.

Calculou-se, também, a variação de intensidade pluviométrica do conjunto das UGRHs em relação à média histórica do estado.

Gráfico 2.2 – Chuvas nas UGRHs em 2022 em relação à média histórica do estado de São Paulo.



Os resultados mostrados no Gráfico 2.2 corroboram os do Gráfico 2.1. Constata-se no Gráfico 2.2 que os deslocamentos da linha são compatíveis com o posicionamento das barras azuis. Exemplificando, setembro de 2022 apresentou intensidade de chuva 64% superior à média histórica, podendo-se observar a linha no campo positivo (+64%) e a barra azul indicando que 20 das 22 UGRHs tiveram um mês de setembro mais chuvoso do que a média histórica.

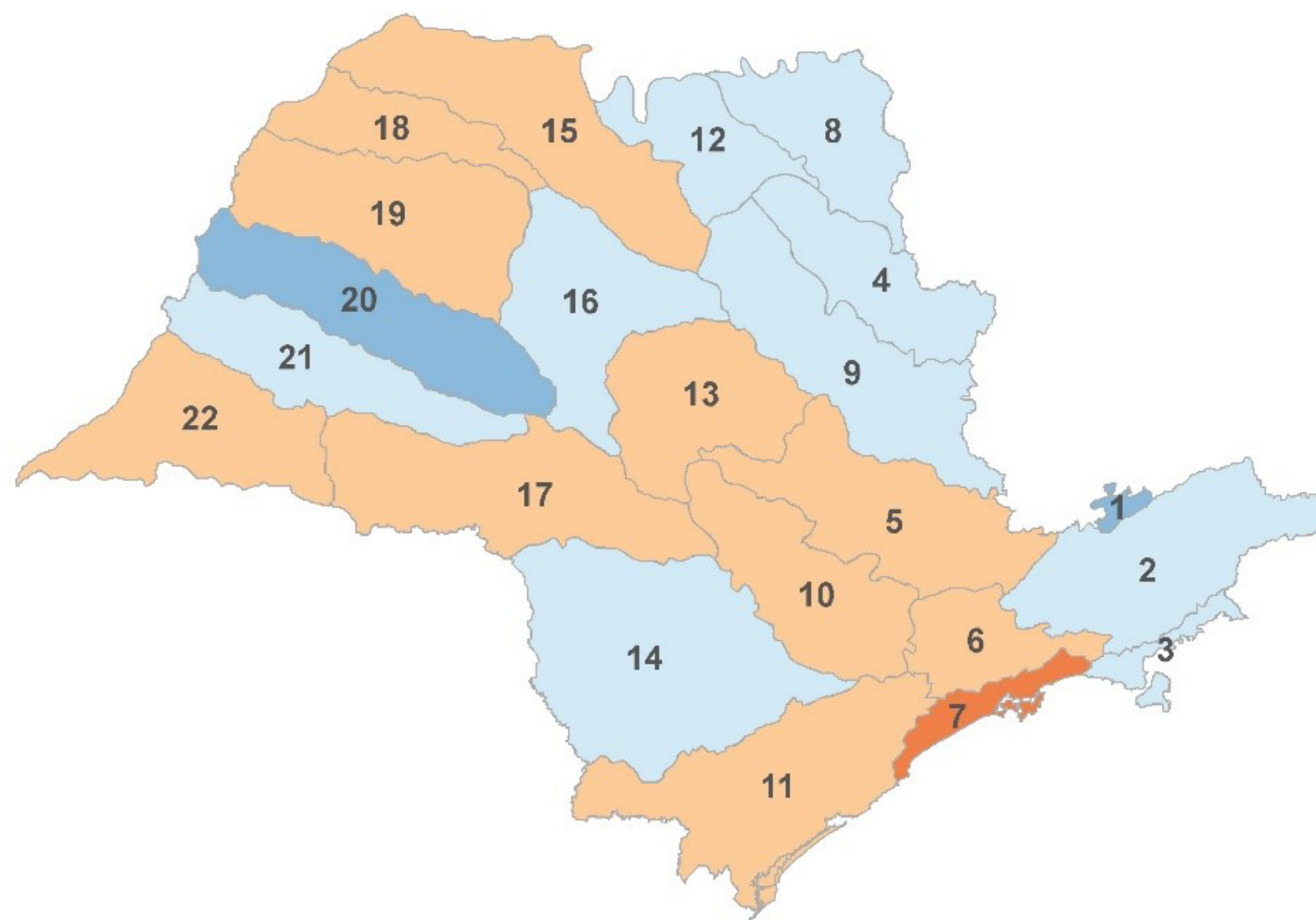
Assim, o distanciamento da linha do eixo zero exprime o quanto as intensidades de chuva observadas se diferenciaram da média histórica. De forma coerente com os resultados apresentados no Gráfico 2.1, a evolução dessa linha, tal como o posicionamento das barras azuis, traduz, ainda que de forma visualmente imperceptível, uma leve tendência ao déficit pluviométrico, o que condiz com o fato de a precipitação acumulada no ano de 2022 ter sido um pouco inferior à média histórica.

Os volumes mensais e anuais precipitados em cada UGRHI podem ser visualizados no **Apêndice G**, que traz também um comparativo entre o volume observado em 2022 e a série histórica de cada bacia. Essas informações foram consolidadas na Figura 2.1, onde se visualiza especialmente a ocorrência de chuvas em 2022 nas 22 UGRHs do estado, comparativamente às médias históricas de cada uma. Nesse mapa, observa-se que, em 2022, metade das UGRHs apresentaram volumes anuais de chuva inferiores às respectivas médias históricas, sendo o maior déficit (16%) correspondente à UGRHI 7. Das 11 UGRHs com chuva superior à média histórica, os maiores superávits observados foram nas UGRHs 1 (13%) e 20 (11%).

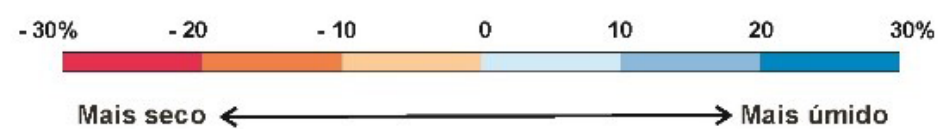
Saliente-se que, para a elaboração do mapa da Figura 2.1, foram consideradas as séries históricas de dados pluviométricos completas de cada UGRHI, sendo que cada uma pode apresentar séries mais ou menos longas. A UGRHI 6, por exemplo, tem a série histórica mais extensa, com dados desde 1879. Em função dessas diferenças, o resultado expresso no mapa pode diferir do que foi apresentado nos Gráfico 2.1 e Gráfico 2.2, cuja elaboração foi baseada apenas em dados desde 1995.

Figura 2.1 – Variação da intensidade de chuva em cada UGRHI em relação às suas respectivas médias históricas

Estado de São Paulo - Variação de Precipitação - Ano 2022



Intensidade de chuva anual em relação à média histórica



3 • Redes de Monitoramento

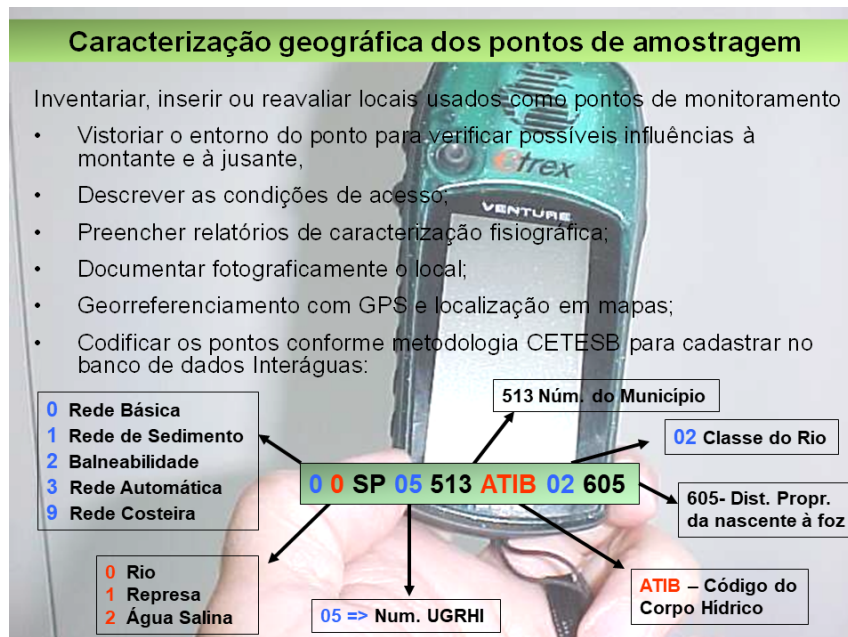
O monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos de água doce, como rios e reservatórios, é constituído pelas redes de amostragem manual e automática, que objetivam um diagnóstico dos usos múltiplos do recurso hídrico. Para o acompanhamento das condições de contato primário das praias de água doce, é realizado um monitoramento específico. A análise das distribuições geográficas dos pontos por UGRHI, município e corpo hídrico constitui-se em ferramenta para subsidiar as redes de monitoramento e avaliação dos rios e reservatórios.

3.1 Caracterização dos Pontos de Amostragem

Os pontos de amostragem, antes de integrar as redes de monitoramento, são vistoriados e caracterizados geograficamente com a finalidade de 1) compilar os dados essenciais ao processo de codificação, 2) identificar possíveis contribuições do uso do solo no entorno do ponto e 3) auxiliar na escolha do conjunto de análises a serem executadas. Na Figura 3.1, apresenta-se um exemplo da codificação utilizada pela CETESB.

O gerenciamento das informações dos pontos de amostragem e das variáveis de qualidade é realizado por meio do Sistema Interáguas, que é um banco de dados relacional, desenvolvido pela CETESB. Externamente, pode-se consultar o Sistema INFOAGUAS.

Figura 3.1 – Processo de codificação e georreferenciamento dos pontos de amostragem.



A caracterização geográfica dos pontos de amostragem é realizada por meio de visitas em campo, com uso de aparelho de georreferenciamento - GPS, auxiliadas se possível por localização prévia de acesso através das plataformas *Google Earth* e/ou *Google Maps* e por consultas a mapas. Após a visita, esses pontos são registrados nas cartas do IBGE que recobrem o estado de São Paulo em escala 1: 50.000, possibilitando a conferência da localização digital. Além disto, é feita a documentação fotográfica dos trechos do entorno.

A Figura 3.2 apresenta um exemplo da localização de pontos:

Figura 3.2 – Exemplo de localização do ponto TIET 04200, no Rio Tietê, para cadastro no Banco Interáguas.



3.2 Rede de Amostragem Manual

A rede de monitoramento de águas manual da CETESB é formada pelas redes: Básica, de Sedimento e de Balneabilidade de águas interiores (em rios e reservatórios).

3.2.1 Rede Básica

Em 2022, a rede retornou a sua normalidade após o período da pandemia, tendo desempenho conforme programado em relação ao número de pontos e quantidade de coletas. Dos 519 pontos planejados para a Rede Básica, 97% deles (501 pontos) foram amostrados com frequência trimestral (4 amostragens) durante o ano e apenas 18 deles operaram com três coletas durante todo o ano. Para efeitos de comparação, a rede de água doce superficial em 2021 foi constituída por 448 pontos de amostragem com 3 ou mais coletas, e em 2022 foram amostrados **519** pontos.

Dos pontos pertencentes ao Projeto FEHIDRO intitulado “Programa: Monitoramento e avaliação da qualidade da água das áreas de proteção e recuperação dos mananciais da bacia hidrográfica do Alto Tietê” executados entre 2019-2021 foram mantidos 14 pontos em 2022 e incorporados à Rede Básica (Tabela 3.1). São eles:

Na Represa Billings foram monitorados 5 pontos nos seguintes afluentes:

- ALVE 02800 (Ribeirão dos Alvarengas), CURU 02800 (Rio Curucutu), GROT 02900 (Ribeirão Grot Funda), RCOL 02500 (Ribeirão Colônia) e REIM 02800 (Córrego Reimberg ou Cocaia).

E na Represa Guarapiranga foram 9 pontos:

- EDRA 00900 (Ribeirão das Pedras/Afluente da Guarapiranga), GVIT 00900 (Córrego Guavirutuba), JOSE 00900 (Córrego São José), NITO 00600 (Rio Bonito), PARE 00600 (Rio Parelheiros), RYTA 00800 (Ribeirão Santa Rita), TANQ 00900 (Córrego Tanquinho/Afluente da Guarapiranga), XPIM 00700 (Córrego do Crispim) e YTAI 00900 Córrego Itaim.

Tabela 3.1 – Tabela dos pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica (continua)

Corpo Hídrico Receptor	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	Código do projeto	Local de Amostragem Projeto FEHIDRO	Município	Latitude S	Longitude W
Represa BILLINGS / Res. Rio Grande (7 afluentes)	Córrego Reimberg ou Cocaia	REIM 02800	B1	Ponte na Av. Dona Belmira Marim, alt. N. 2800, no Bairro Cocaia.(B01- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 45 13	46 41 16
	Ribeirão Colônia	RCOL 02500	B14	Ponte na rua Paulino Gotzfrits alt. num. 1, com acesso ao ponto pelo pelo lava-rápido). (B14 - Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 50 48	46 41 52
	Rio Curucutu	CURU 02800	B15	Ponte na estrada da Água Limpa. (B15 - Programa Mananciais).	SÃO BERNARDO DO CAMPO	23 52 57	46 37 07
	Ribeirão Grot Funda	GROT 02900	B3	Dentro do Parque Ecológico do Eldorado, cerca de 160m a jusante do cruzamento da Ponte na Rua Olária, com a Rua Perobás.(B03- Programa Mananciais).	DIADEMA	23 42 55	46 37 19
	Ribeirão dos Alvarengas	ALVE 02800	B5	A montante da galeria da Rod. dos Imigrantes, próximo da foz do Córrego dos Alvarengas.(B05- Programa Mananciais).	SÃO BERNARDO DO CAMPO	23 44 38	46 35 48

Tabela 3.1 – Tabela dos pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica (conclusão)

Corpo Hídrico Receptor	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	Código do projeto	Local de Amostragem Projeto FEHIDRO	Município	Latitude S	Longitude W
Represa Guarapiranga (9 afluentes)	Rio Bonito	NITO 00600	G1	Ponte na Rua Jaburuna. (G01- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 43 04	46 42 22
	Córrego Guavirutuba	GVIT 00900	G10	Ao lado da ETA da SABESP, na Rua Talamanca. (Ponto G10- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 41 31	46 45 00
	Córrego do Crispim	XPIM 00700	G17	Ponte na SP 124, ao lado da EEE Jacira. (Ponto G17- Programa Mananciais).	ITAPECERICA DA SERRA	23 45 10	46 47 20
	Ribeirão Santa Rita	RYTA 00800	G19	Ponte na Rua Mary Angels V. de Souza, próximo ao entroncamento com a Estrada Embu-Guaçu. (Ponto G19- Programa Mananciais).	EMBU-GUAÇU	23 49 27	46 49 18
	Ribeirão das Pedras/Afl. Guarapiranga	EDRA 00900	G2	Ponte na R. Frederico René De Jaegher (G02- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 43 17	46 42 21
	Córrego São José	JOSE 00900	G3	Ponte ao lado do Parque Linear São José. na R. Frederico René De Jaegher. G03- Mananciais.	SÃO PAULO	23 43 49	46 43 00
	Córrego Tanquinho/Afl. Guarapiranga	TANQ 00900	G4	Ponte na Av. Carlos Oberhuber (G04- Programa Manancial).	SÃO PAULO	23 44 49	46 42 55
	Córrego Itaim	YTAI 00900	G7	Ponte na Av. Sadamu Inoue, altura do num. 900. Cerca de 500m antes da sua foz no Rio Caulim. (Ponto G07- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 46 52	46 43 31
	Rio Parelheiros	PARE 00600	G8	Ponte na Rua José Roschel Rodrigues -Ponto G08- Programa Mananciais).	SÃO PAULO	23 47 35	46 43 50

Em relação ao ano anterior, do total de pontos planejados para 2022 (519) para o total de pontos amostrados pelo menos uma vez em 2021 (520), **houve a inclusão de 1 ponto novo (SAPE 02400), reativação de 2 pontos (TIET 02250 e SAPE 02400) e exclusão de 4 pontos.**

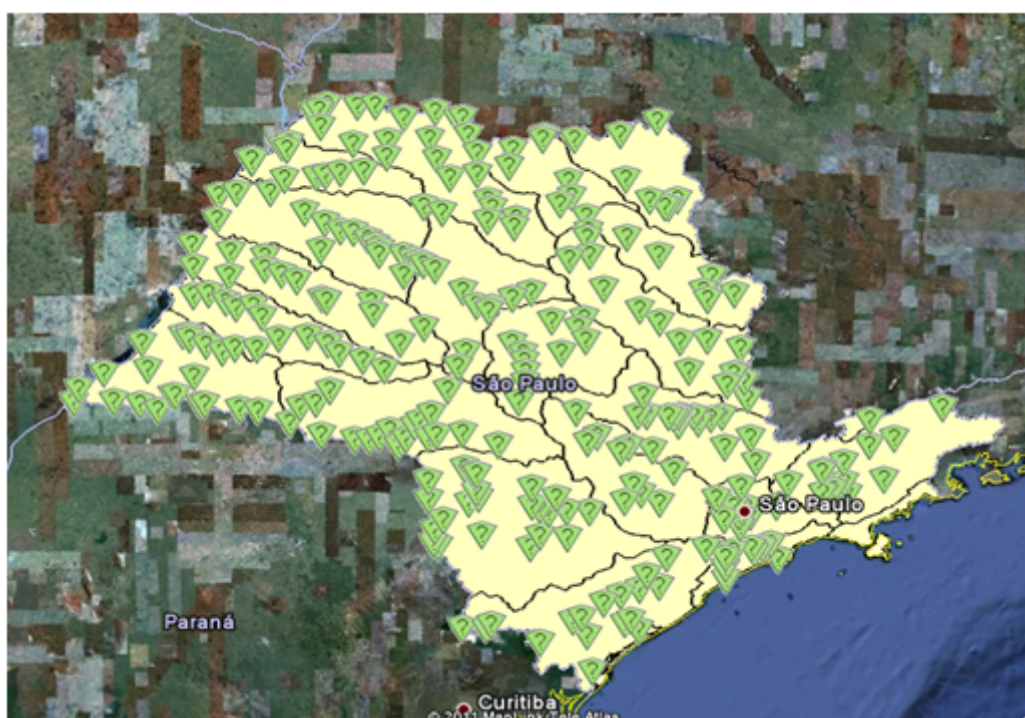
Na Tabela 3.2, são discriminadas as alterações ocorridas na Rede Básica CETESB ao longo de 2022.

Tabela 3.2 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2022

UGRHI	Núm. de Pontos	Situação	Corpo Hídrico / Código CETESB	Motivo
5	1	Recodificado	Ribeirão Caxambu CXBU 02900/ CXBU 02800	Recodificado para CXBU 02800 em função de nova caracterização do ponto e cadastro de ponto reserva a jusante (CXBU 02900).
6	1	Exclusão	Rio Grande GADE 02800	Ponto do Projeto FEHIDRO Mananciais desativado devido à proximidade do ponto CETESB (GADE 02800)
6	1	Exclusão	Ribeirão Pires PIRE 02800	Ponto do Projeto FEHIDRO Mananciais desativado devido à proximidade do ponto CETESB (PIRE 02900)
6	1	Reativado	Rio Tietê TIET 02250	Quantificação da carga orgânica na saída da UGRHI 6
6	1	Exclusão	Ribeirão da Estiva TIVA 02700	O Ponto era específico para o Projeto FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
9	1	Exclusão	Rio Mogi-Mirim MOMI 02400	Ponto substituído pelo MOGU 02180
9	1	Reativado	Rio Mogi-Guaçu MOGU 02180	Ponto reativado para verificar impactos industriais a margem do rio.
20	1	Inclusão	Córrego do Sapé SAPE 02400	Afluente do Rio Aguapeí, com episódios de mortandade de peixes

Em 2013, a CETESB integrou os primeiros pontos provenientes do acordo de Cooperação Técnica firmado, em 2010, com a ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, dentro do PNQA - Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas, programa este que visa ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais em todo o Brasil. A ANA apresentou uma proposta inicial de rede federal com cerca de 275 pontos (de impacto, estratégicos ou de referência) para o estado de São Paulo, muitos deles em rios limítrofes com os estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. A Figura 3.3, mostra um esboço da rede inicialmente proposta para o estado de São Paulo. Após uma série de reuniões realizadas em conjunto com o CTH - Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos e o DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica, optou-se pela exclusão de cerca de 50 pontos propostos inicialmente e integração de muitos pontos em locais já monitorados pela CETESB.

Figura 3.3 – Pontos ANA propostos inicialmente para o estado de São Paulo.



Em 5 de setembro de 2016, o contrato nº 034/2016/ANA foi assinado e publicado no DOU (Diário Oficial da União). O mesmo definiu o Plano de Metas do Contrato onde a rede federal no estado de São Paulo deveria atingir 249 pontos até 2020, inseridos progressivamente ao longo dos 5 anos de vigências do contrato. Além disto, foram estabelecidas metas semestrais de integração progressiva de pontos de quantidade e qualidade no programa de monitoramento da CETESB. Assim dos 249 pontos exigidos, 124 teriam que integrar dados de qualidade com dados de medição de vazão simultânea, gerando informação quali-quantitativa com frequência de 4 vezes por ano, tal como mostrado na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Exemplo de medição de vazão realizada pela CETESB a jusante do ponto integrado da rede CETESB/ANA, UAMA 00600 no Rio Piracuama, em Pindamonhangaba



Foto: Edimar D. Vieira, 2023.

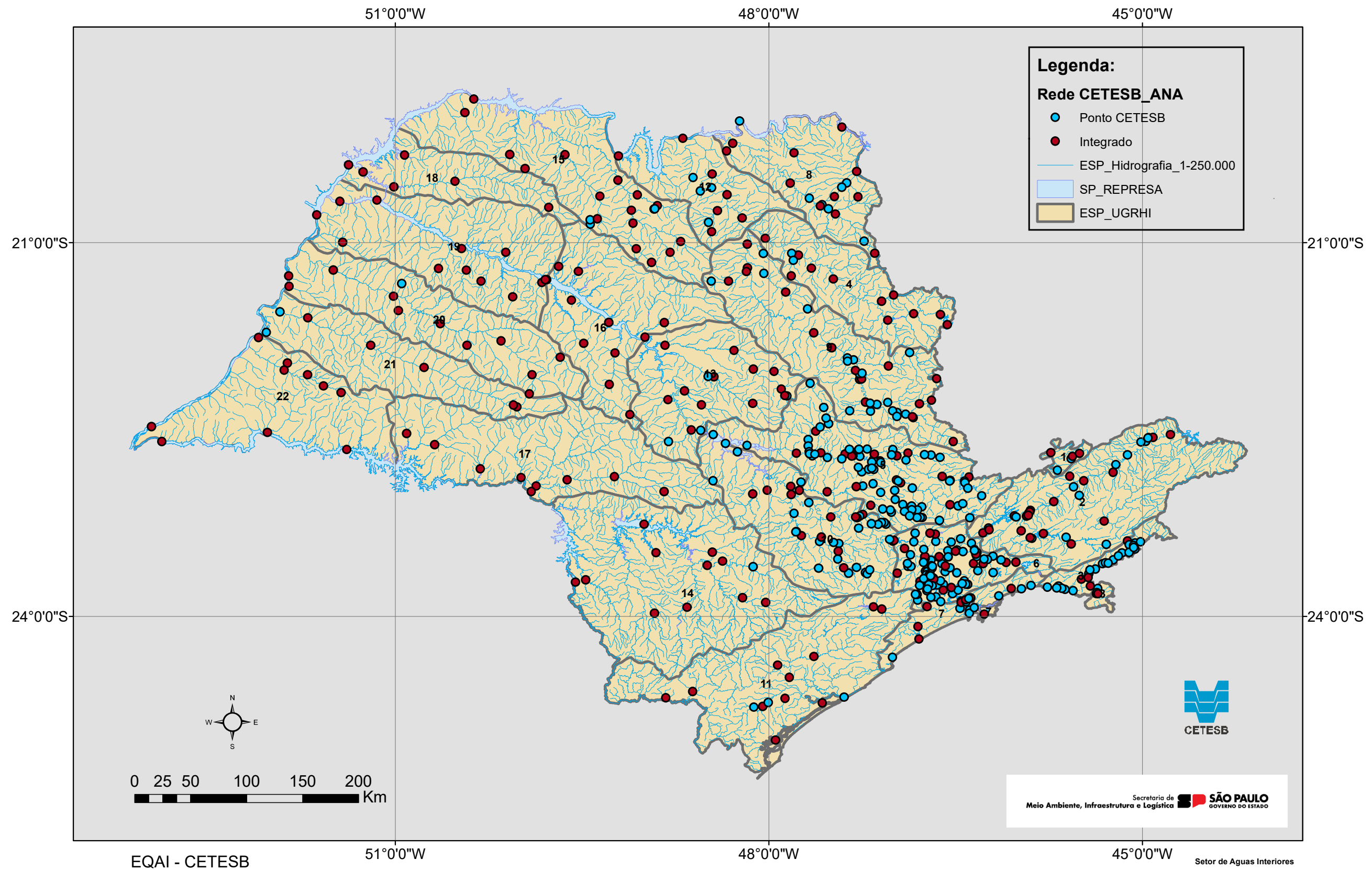
Assim, em 2022, atingido o número de pontos necessários, a CETESB encerrou a inserção de novos pontos e continua executando mudanças pontuais identificadas em processo de visita, caracterização geográfica, codificação e cadastramento de novos locais no Banco Interáguas.

Em 2022 a rede da CETESB possuía 251 pontos integrados, sendo que não houve alteração no número de pontos adicionados/integrados em comparação com a rede planejada de 2021 (251). Em relação aos pontos com medição de vazão de 2022, foram planejados 124 pontos, mas somente 119 tiveram ao menos 2 medidas para serem considerados.

A seguir, o Mapa 3.1 - Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2022, apresenta o resultado do processo de integração dos pontos da rede paulista da CETESB com os pontos integrados da RNQA - Rede Nacional de Qualidade de Água da Agência Nacional de Águas e Saneamento.

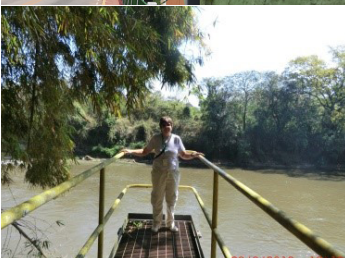
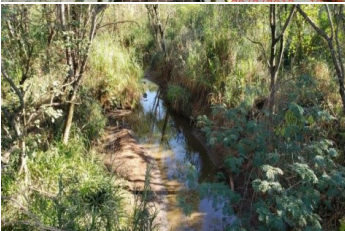
Mapa 3.1 – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2022

Pontos Rede Básica CETESB / Rede Federal ANA 2022



Na Tabela 3.3, são apresentados os registros fotográficos dos pontos novos/alterados da Rede Básica CETESB e da rede conjunta CETESB/ANA, que foram inseridos na Rede Básica em 2022, estando alguns deles, próximos a réguas fluviométricas.

Tabela 3.3 – Registros fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB

UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
5	RIBEIRÃO CAXAMBU CBXU 02900/ CXBU 02800 PONTO CETESB	Ribeirão Caxambu Na captação de Itupeva.		
6	RIO TIETÊ TIET 02250 PONTO CETESB	Rio Tietê Ponte na Av. Maria de Oliveira Bueno, em Pirapora do Bom Jesus.		
9	RIO MOGI-GUAÇU MOGU 02180 PONTO CETESB	Rio Mogi-Guaçu Dentro da International Paper/ Sylvamo, depois da última plataforma, 200 metros a jusante do lançamento do efluente líquido.		
20	RIBEIRÃO DO SAPÉ SAPE 02400 PONTO CETESB	Ribeirão do Sapé Ponte na SP 541, na divisa de Bento de Abreu/ Valparaíso, a jusante da Raízen. Valparaíso		

Fotos: C.L. Midaglia / Fotos do acervo do Banco de Dados Interáguas.

3.2.2 Rede de Sedimentos

Em 2022, foram monitorados 27 pontos na Rede de Sedimento. As coletas ocorreram em 11 diferentes UGRHIs no estado de São Paulo. A maioria dos pontos concentrou-se em UGRHIs com atividade industrial: 17 pontos, sendo 11 deles na Região Metropolitana de São Paulo. Na UGRHI 6-Alto Tietê foram feitas 11 coletas. Alguns pontos estão vinculados aos projetos FEHIDRO intitulados: “Avaliação de risco como ferramenta para o gerenciamento da qualidade de recursos hídricos: Estudo de caso Rio Grande” (PATI 00700, PIRE 02900, RGDE 02030, RGDE 02200, RGDE 02900 e TIVA 02700) e “Aprimoramento da Rede de Monitoramento de Qualidade de Água e Sedimento – Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor do Alto Tietê

– SPAT” (NOVA 00800, PEBA 00200 e PEBA 02900), além dos pontos no Reservatório de Pirapora (TIPI 04850) e no Lago da Vila Galvão (LGAL 02500). A **Figura 3.5** mostra um dos locais amostrados em 2022. Os demais pontos deste grupo foram coletados na UGRHI 2-Paraíba do Sul no Reservatório do Jaguari - UGRHI 02 (JAGJ 00350) e no seu afluente, o Ribeirão Araraquara, QUAR 02900. Outros 3 pontos foram amostrados na UGRHI 5-Piracicaba/Capivari/Jundiaí: um no Rio Piracicaba (PCAB 02600), outro no Ribeirão Pirai (IRIS 02900) e um no Rio Atibaia (ATIB 02065) e, por último, um na UGRHI 10–Sorocaba/ Médio Tiete no Reservatório de Itupararanga (SOIT 02850).

Figura 3.5 – Coleta de sedimentos no Rio Juquiá, no ponto JUQI 00805, próximo do Sítio de Rafting Canoar, na Estrada dos Carmos, em Juquitiba



Foto: R. Lourenço O. SILVA, 2022.

Nas UGRHIs com predominância de atividades em industrialização, na UGRHI 8-Sapucaí/ Grande, foram analisados 2 pontos no Reservatório de Jaguara: GRJA 02500 e GRJA 02650, ambos no município de Rifaina e na UGRHI 9, 2 pontos no Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02180, na antiga Internacional Paper, e MOGU 02200, no Parque Ecológico E.E. Mogi-Guaçu).

Na UGRHI 11-Ribeira do Iguape/Litoral Sul, onde predominam unidades de conservação ambiental, houve coleta em 2 pontos: Rio Juquiá (JUQI 00805) e no Reservatório Cachoeira de França (CAFR 00350).

Ainda em 2022, foram realizadas amostragens de sedimento em quatro diferentes UGRHIs com predominância de atividades agropecuárias no oeste do estado, com um ponto em cada uma: 15- Turvo/Grande, no Braço do Rio Marinheiro (BMAR 02800), 19- Baixo Tietê (BBRA 02700), 20- Aguapeí (AGUA 02800) e 21- Peixe (PEIX 02800).

A coleta de sedimentos, quando em ambientes lênticos tem sido realizada em, pelo menos, uma localidade do corpo central, onde os processos de sedimentação estão mais definidos e estabilizados, preferencialmente à cerca de 2 km da barragem ou em distância tal que receba as influências da maioria de seus contribuintes, sem que os impactos causados pelas regras de operação interfiram diretamente nos resultados da amostragem.

A **Tabela 3.4** apresenta a distribuição, por UGRHI, dos 27 pontos de sedimento amostrados e a justificativa para a sua seleção. Desse total, 9 deles foram coletados em novos locais, indicando uma renovação de cerca de 1/3 da rede em relação ao ano passado. Os pontos identificados como **“frequentes”**, formam um núcleo de locais que já foram sistematicamente amostrados por mais de 15 vezes nos últimos anos e que tiveram o conjunto completo de indicadores realizados ao menos 3 vezes. Os descritos como **“consolidados”**, indicam mais de 15 coletas com 5 conjuntos completos de indicadores (ex-Tríades). No ano de 2022, apenas os pontos RGDE 02900, TIPI 04850 e SOIT 02850 preenchem estes requisitos.

Tabela 3.4 – Pontos de amostragem da Rede de Sedimento em 2022 (continua)

UGRHI	Núm. Pontos	Cód. CETESB	Corpo Hídrico	Justificativa
2- Paraíba do Sul	2	JAGJ 00350	Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	Ponto reavaliado: Ampliar diagnóstico do corpo hídrico junto à Transposição da SABESP do Res. Jaguari-Atibaia.
		QUAR 02900	Ribeirão Araraquara	Ponto novo: Avaliar possível carga de poluentes no formador do Reservatório do Jaguari - UGRHI 02
5 - Piracicaba / Jundiá / Capivari	3	ATIB 02065	Rio Atibaia	Ponto reavaliado: Manancial de abastecimento da cidade de Campinas
		IRIS 02900	Rio Pirai	Ponto novo: Avaliar qualidade do rio antes do início das obras de construção de nova represa para abastecimento na região do manancial
		PCAB 02600	Rio Piracicaba	Ponto reavaliado: Ampliar diagnóstico da possível carga de poluentes próximo da EF06 - Piracicaba de monitoramento automática da CETESB.
6- Alto Tietê	11	LGAL 02500	Lago da Vila Galvão	Ponto novo: Solicitação da Câmara Municipal de Guarulhos para avaliar o corpo hídrico utilizado como local de lazer e recreação no lago devido aos possíveis aportes de nutrientes e esgotos domésticos.
		NOVA 00800	Reservatório da Ponte Nova	Ponto reavaliado: Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor do Alto Tietê-SPAT.
		PATI 00700	Reservatório de Paraitinga - UGRHI 6	Ponto reavaliado: Ponto de referência do Projeto FEHIDRO Rio Grande - Avaliar Sist. Billings- Rio Grande/Taiáçupeba (área da transposição de água)
		PEBA 00200	Reservatório Taiáçupeba	Ponto reavaliado: FEHIDRO - Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor do Alto Tietê-SPAT.
		PEBA 00900		Ponto reavaliado: FEHIDRO - Avaliação de agrotóxicos e toxicidade no Sistema produtor do Alto Tietê-SPAT.
		PIRE 02900	Ribeirão Pires	Ponto novo: FEHIDRO - Rio Grande Avaliar carga de poluentes próximo da foz, junto ao Reservatório do Rio Grande.
		RGDE 02030	Reservatório Rio Grande	Ponto reavaliado: FEHIDRO - Rio Grande Avaliar Sist. Billings- Rio Grande/Taiáçupeba (área da transposição de água)
		RGDE 02200	Reservatório Rio Grande	Ponto reavaliado: Projeto FEHIDRO do Rio Grande.
		RGDE 02900	Reservatório Rio Grande	Ponto frequente/ Ponto consolidado: FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6. Avaliar Sist. Billings- Rio Grande.
		TIPI 04850	Reservatório de Pirapora	Ponto frequente/ Ponto consolidado: Avaliar a carga industrial e doméstica advinda da RMSP.
		TIVA 02700	Ribeirão da Estiva	Ponto reavaliado: FEHIDRO - Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6. Avaliar Sist. Billings- Rio Grande.

Tabela 3.4 – Pontos de amostragem da Rede de Sedimento em 2022 (conclusão)

UGRHI	Núm. Pontos	Cód. CETESB	Corpo Hídrico	Justificativa
8 - Sapucaí/ Grande	2	GRJA 02200	Represa de Jaguará	Ponto novo: Investigar a carga difusa e presença de fósforo a montante de atividades de aquicultura.
		GRJA 02650	Represa de Jaguará	Ponto novo: Investigar a carga difusa e presença de fósforo por atividades de aquicultura.
9 – Mogi-Guaçu	2	MOGU 02180	Rio Mogi Guaçu	Ponto reavaliado: impactos da carga difusa e industrial na região do entorno da indústria de celulose
		MOGU 02205	Rio Mogi Guaçu	Ponto novo: Avaliar possíveis impactos ecológicos nas proximidades do Parque Ecológico E.E. Mogi Guaçu.
10 – Sorocaba / Médio Tietê	1	SOIT 02850	Reservatório Itupararanga	Ponto frequente/ consolidado: Avaliar impactos do uso do solo no entorno da represa de múltiplo uso.
11-Ribeira de Iguape/ Litoral Sul	2	CAFR 00350	Reservatório Cachoeira do França	Ponto reavaliado: Manancial de transposição para a RMSP
		JUQI 00805	Rio Juquiá	Ponto reavaliado: Avaliar a qualidade da água bruta antes da transposição da SABESP.
15-Turvo/Grande	1	BMAR 02800	Braço do Ribeirão do Marinheiro	Ponto novo: Investigar possíveis causas do episódio de mortandade de peixes.
19- Baixo Tietê	1	BBRA 02700	Braço do Rib. Santa Bárbara - UGRHI 19	Ponto reativado: Complementar diagnósticos de acompanhamento de episódios de floração de algas.
20- Aguapeí	1	AGUA 02800	Rio Aguapeí	Ponto reativado: Avaliar as condições da vida aquática na região do Parque Estadual do Aguapeí.
21-Peixe	1	PEIX 02800	Rio do Peixe	Ponto novo: Avaliar carga de poluentes próximo do Parque estadual do Rio do Peixe.

3.2.3 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios

Em 2022, o programa de balneabilidade de rios e reservatórios foi executado em 33 pontos/praias em 9 diferentes UGRHIs, conforme inicialmente previsto.

Foram excluídos do programa 3 pontos, 2 deles na UGRHI 13- Tietê/ Jacaré, TIBI 02451, na Prainha da Arealva e TIET 02491, Prainha de Iguaraçu do Tietê e um ponto na UGRHI 6- Alto Tietê, RGDE 02701, no Clube de Campo Sind. Metal. do ABC.

Em 2021, somente 25 dos 36 pontos planejados foram classificados/monitorados. Em 2022 todos os 33 pontos planejados foram classificados/monitorados em, no mínimo, 79% do tempo.

O Mapa 5.5 - Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2022 contendo todos os resultados dos pontos da rede de 2022 consta no Capítulo 5. Semanalmente, são divulgados boletins de qualidade para o público externo, na página da CETESB (<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/praias/excel/boletim-represas.pdf>) indicando as condições de balneabilidade.

Portanto, a Rede de Balneabilidade operou em toda a sua capacidade em 2022, sendo os 33 pontos descritos por UGRHI, a seguir:

Na UGRHI 2 – Paraíba do Sul, os 2 pontos sendo RIBG 02352 na prainha do Ribeirão Grande e UAMA 00501 próxima a estação Centenário, monitorados, em pelo menos, 96% do tempo.

Na UGRHI 5 – Piracicaba/ Capivari/ Jundiá, todos os 6 pontos foram monitorados em 100% do tempo: RAIN 00402, RAIN 00802 e RAIN 00901 (no Reservatório de Atibainha); JCRE 00521 e JCRE 00701 (no Reservatório Jaguari/Jacareí); e CACH 00902 (no Reservatório Cachoeira).

Na UGRHI 6 – Alto Tietê: O monitoramento esteve ativo em 14 praias. A Represa de Guarapiranga (Figura 3.6) foi o corpo hídrico com maior número de pontos (10) de balneabilidade monitorado em 2022, seguida pelo Reservatório do Rio Grande, com 3 pontos e o 1 ponto no Reservatório Billings. Todos foram monitorados em, pelo menos, 94% do tempo.

Figura 3.6 – Coleta em frente ao Pier do Yacht Club Paulista (GUAR 00751), na Represa Guarapiranga



Foto: C.L. Midaglia 2022.

Represa de Guarapiranga com 10 pontos:

- GUAR 00051 - Na Praia do Bairro do Crispim; GUAR 00101 - Praia Dedo de Deus, em M'Boi Mirim; GUAR 00301 - Praia Miami Paulista (Aracati); GUAR 00401 - Na Marina Guaraci; GUAR 00452 - Prainha do Jardim Represa / Hidroavião; GUAR 00502 - Clube de Campo Castelo; GUAR 00602 - Praia no Restaurante Interlagos/ Guarujapiranga; GUAR 00611 - No Pier da Escola de Esportes Náuticos Wind Clube; GUAR 00702 – Marina Guarapiranga/ Praia do Sol; GUAR 00751 - Em frente ao Pier do Yacht Club Paulista.

Reservatório do Rio Grande, 3 pontos:

- RGDE 02301 – Clube Prainha Tahiti; RGDE 02851 – Próxima ao Zoológico do Parque Municipal; RGDE 02901 – Prainha do Parque Municipal do Estoril.

Reservatório Billings, 1 ponto:

- BILL 02801 – Na Prainha do Riacho Grande, próxima à barragem do Rio Grande.

Na UGRHI 7 – Baixada Santista: 1 ponto no Rio Perequê (PERE 02601), com 100% do tempo monitorado.

Na UGRHI 8 – Sapucaí/ Grande: 2 pontos no Rio Grande, GRDE 02271 e GRDE 02273, ambos monitorados em 100% do tempo.

Na UGRHI 9 – Mogi-Guaçu: 3 pontos, o LVEN 02501 localizado na prainha do parque ecológico de Sertãozinho, monitorado em 92% do tempo; MOGU 02351 na Cachoeira das Emas, monitorado em 94% do tempo; e QUEM 02700 na Praia em frente à Rua Vereador Carlos Ravanini, 336, com 94% do tempo monitorado.

Na UGRHI 10 – Sorocaba / Médio Tietê: 2 pontos BPRU 02301 (Figura 3.7) e SOIT 02601, ambos com 100% do tempo monitorado.

Figura 3.7 – Vista aérea da Prainha em frente ao Píer São Francisco, BPRU 02301 a partir de imagem com drone, em Piedade, UGRHI 10-Sorocaba/ Médio Tietê



Foto: Vinicius Vidal, 2023.

Na UGRHI 13 – Tietê/ Jacaré: Represa do Broa, com dois pontos: BROA 02701 e BROA 02703, com 100 % do tempo monitorado.

E por fim, a UGRHI 16 – Tietê/ Batalha: com 1 ponto no Córrego do Esgotão, em frente à praia municipal de Sabino, ESGT 02252, monitorado em 90% do tempo.

3.3 Rede Automática

A Rede Automática monitora a qualidade das águas de rios e reservatórios através da medição contínua/ *online* dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, pH, Condutividade Elétrica, Temperatura da Água e Turbidez. Em 2022, a Rede de Monitoramento Automática contabilizou 16 estações no programa (15 estações com dados gerados em pelo menos 50% do tempo e 1 nova estação).

Dentre essas estações de monitoramento automático, 9 delas são coincidentes com pontos de amostragens manuais da Rede Básica: ACLA 00500, BILL 02900, BITQ 00100, GUAR 00900, PEBA 00900, RGDE 02900, TIET 02090, TIET 02450 e TIRG 02900.

Das estações automáticas da CETESB em operação, 10 situam-se em rios, a saber: quatro no Rio Tietê, três no Rio Paraíba do Sul, e uma em cada dos seguintes corpos hídricos: Piracicaba, Pinheiros e Ribeirão Pires. As outras 7 estão nos seguintes reservatórios: Reservatório Águas Claras, Represa Billings, Reservatório

do Guarapiranga, Reservatório do Rio Grande, Braço do Ribeirão Taquacetuba, Reservatório de Rasgão e Reservatório do Taiacupeba, onde observam constantemente a condição da qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento público de parte da RMSP.

O tempo de operação das estações da rede de monitoramento automática consideradas em 2022 está descrito em porcentagem conforme a Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados anuais de 2018 a 2022

UGRHI	Nome da Estação	Código CETESB	% dados válidos / ano				
			2018	2019	2020	2021	2022
2	EF25 – Santa Branca	PARB 02040	82,65	97,76	99,61	83,95	93,84
	EF24 – Pindamonhangaba	PARB 02530	-	-	-	-	46,97
	EF26 – Queluz	PARB 02870	93,61	96,19	80,69	50,71	88,6
5	EF06 – Piracicaba	PCAB 02600	89,39	96,28	92,46	83,94	95,66
6	EF09 – Águas Claras	ACLA 00500	90,75	86,58	94,14	94,09	98,3
	EF11 – Summit Control	BILL 02900	96,95	97,2	94,41	94,13	94,05
	EF10 – Taquacetuba	BITQ 00100	89,82	92,15	92,41	88,13	98,96
	EF08 – Guarapiranga	GUAR 00900	81,06	90,97	97,67	85,74	100
	EF20 – Taiacupeba	PEBA 00900	59,55	49,3	84,88	99,7	98,13
	EF14 – Pedreira	PINH 04105	91,95	90,01	97,23	82,95	99,76
	EF19 – Ribeirão Pires	PIRE 02800	-	68,16	73,67	93,16	65,83
	EF07 – Rio Grande	RGDE 02900	94,95	93,86	100	79,62	100
	EF01 – Mogi das Cruzes	TIET 02090	89,32	96,59	94,32	93,49	99,97
	EF29 – Penha	TIET 04160	78,74	96,91	98,68	95,65	48,66
10	EF28 – Itu	TIET 02300	-	67,56	82,63	71,26	83,97
	EF03 – Laranjal Paulista	TIET 02450	59,79	50,11	61,62	69,99	88,21
	EF02 – Rasgão	TIRG 02900	91,1	83,65	93,84	89,44	92,59

Na UGRHI 2, duas estações do Rio Paraíba do Sul funcionaram acima de 50% do tempo, gerando 93,84% dos dados válidos na EF25 - Santa Branca e 88,60% na estação EF26 – Queluz. Uma nova estação, EF24 - PARB 02530, situada junto a captação de água da SABESP, na margem direita do Rio Paraíba do Sul e à montante da ponte Pindamonhangaba-Piracuama foi inaugurada em 24 de junho de 2022 (Figura 3.8) e, desde a inauguração operou em 46,97% do tempo dentro do ano, por isto foi contabilizada neste ano.

Figura 3.8 – Vista da nova estação EF 24 – Pindamonhangaba- PARB 02530 e do acesso a sua sonda, situada na margem direita do Rio Paraíba



Fotos: C.L. Midaglia, 2022.

Na UGRHI 5, a EF-06 PCAB 02600, situada na margem esquerda do Rio Piracicaba, funcionou 95,66% do tempo.

Na UGRHI 6, a maioria das 9 estações esteve com ótima performance sendo que, 2 delas conseguiram atingir 100% de tempo de funcionamento: EF08 – Guarapiranga e EF07 – Rio Grande. A EF19 – Ribeirão Pires esteve com variados problemas de leitura da sonda devido a muitos detritos no corpo do rio e, por esse motivo, gerou dados 65,83% do tempo.

A EF29 – Penha não atingiu o mínimo de 50% do tempo de monitoramento em 2022 por motivos de obras na região próxima da barragem e, dessa forma, não foi contabilizada este ano.

Na UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, todas as 3 estações operaram o ano todo, sendo que a estação EF02 - Rasgão, TIRG 02900, situada no Reservatório de Rasgão obteve 92,59% de tempo de funcionamento, e a TIET 02300 – EF28 – Itu, que em 2022, gerou um volume de dados válidos de 83,97%. Ainda na UGRHI 10, a estação EF03 - Laranjal Paulista operou 88,21 do tempo.

3.4 Distribuição dos Pontos de Amostragem

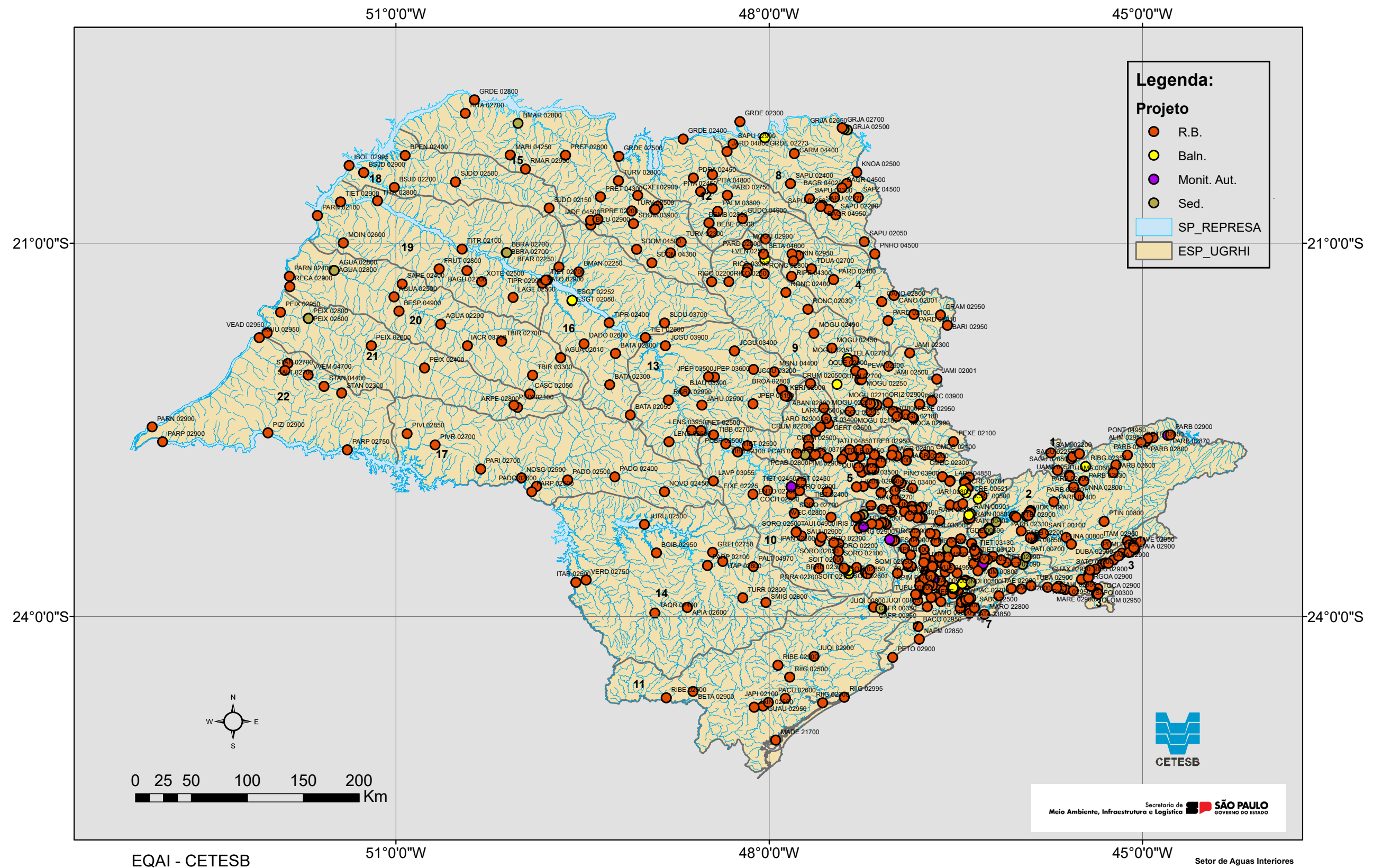
A descrição dos pontos de amostragem das redes de monitoramento em 2022 com informações referentes ao código e a descrição dos locais dos 595 pontos de amostragem pertencentes às 4 redes de monitoramento da CETESB de água bruta, a saber: 519 da Rede Básica, 33 da Rede de Balneabilidade, 27 da Rede de Sedimento e 16 Estações Automáticas, estão disponibilizadas no **Apêndice A** - Aspectos descritivos e qualitativos da rede de monitoramento 2022. Esse apêndice também inclui os pontos que foram integrados a rede estadual CETESB solicitados pela ANA para fazer parte da RNQA – Rede Nacional de Qualidade de Água.

A distribuição espacial dos pontos citados por tipo de projeto (Rede Básica, Monitoramento Automático, Sedimento e Balneabilidade), pode ser observada no Mapa 3.2 - Pontos por projeto de monitoramento da rede CETESB 2022.

Já os mapas individuais por projeto de monitoramento de cada uma das UGRHIs estão no **Apêndice H**.

Mapa 3.2 – Pontos por projeto de monitoramento da rede CETESB 2022

Pontos CETESB por projeto de monitoramento 2022



3.4.1 Distribuição por UGRHI

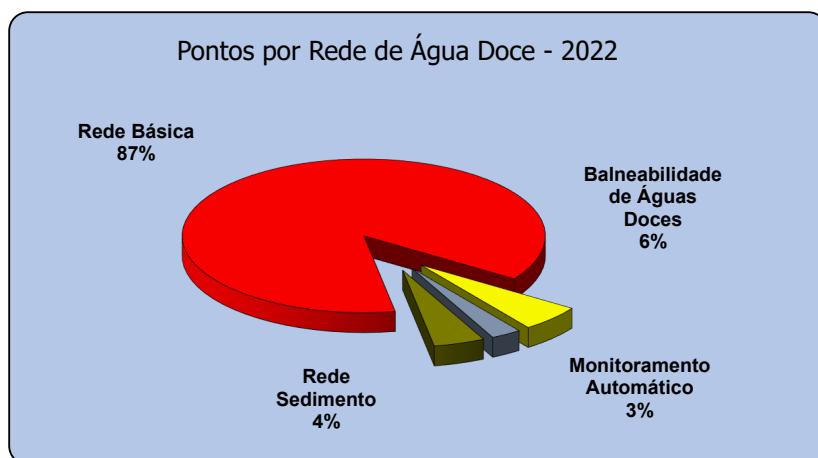
Em 2022, a Rede Básica da CETESB operou com 519 pontos, perfazendo uma densidade média de 2 pontos por 1.000 km². Incluindo-se os 16 pontos do monitoramento automático, atinge-se a densidade média de 2,16 pontos por 1.000 km². Com os 33 pontos do programa de balneabilidade de rios e reservatórios, alcança-se uma densidade de 2,29 pontos por 1.000 km².

Dentre os 519 pontos contabilizados na Rede Básica em 2022, 90 deles já possuem mais de 30 anos de atividade na rede de monitoramento.

Os monitoramentos de água doce superficial totalizaram 568 pontos. Dentro desse grupo, 105 pontos são coincidentes com captações superficiais ou com sistemas de transferência de água para mananciais de abastecimento público, permitindo à CETESB, dessa forma, acompanhar a qualidade da água bruta para cerca de 26 milhões de habitantes.

Somando-se os 27 pontos da Rede de Sedimento, a CETESB totalizou 595 pontos de amostragem e uma densidade total de monitoramento (todos os tipos) de 2,40 pontos por 1.000 km². No Gráfico 3.1, apresenta-se a relação com a distribuição dos números de pontos de amostragem por tipo de projeto de monitoramento.

Gráfico 3.1 – Distribuição dos pontos de amostragem por tipo de monitoramento em 2022



A Tabela 3.6 mostra um resumo da quantidade de pontos por UGRHI, a área de drenagem em território paulista (km²), o total de pontos por tipo de monitoramento pela CETESB e o total de pontos integrados à rede federal por UGRHI, com suas respectivas densidades.

Tabela 3.6 – Resumo de pontos monitorados por UGRHI, tipo de projeto e densidade da rede em 2022

Número da UGRHI	São Paulo 2022 / Nome das UGRHIs	Área em Km² (PERH)	Rede Básica 2022	Monit. Autom.	Baln. Águas Doces	Mon. Total Água 2022	Rede Sedim.	Rede ANA em SP	Monit. Total 2022	N. Total Ptos Água 2022 / 1.000 km²	Dens.Total Ptos. 2022 /1.000 km²	DENS. Rede Federal 2022
1	Mantiqueira	675	5	0	0	5	0	3	5	7,41	7,41	4,44
2	Paraíba do Sul	14.444	33	3	2	38	2	19	40	2,63	2,77	1,32
3	Litoral Norte	1.948	31	0	0	31	0	5	31	15,91	15,91	2,57
4	Pardo	8.993	13	0	0	13	0	11	13	1,45	1,45	1,22
5	Piracicaba, Capivari e Jundiaí	14.178	91	1	6	98	3	24	101	6,91	7,12	1,69
6	Alto Tietê	5.868	100	9	14	123	11	21	134	20,96	22,84	3,58
7	Baixada Santista	2.818	19	0	1	20	0	8	20	7,10	7,10	2,84
8	Sapucaí / Grande	9.125	18	0	2	20	2	11	22	2,19	2,41	1,21
9	Mogi-Guaçu	15.004	38	0	3	41	2	17	43	2,73	2,87	1,13
10	Sorocaba / Médio Tietê	11.829	31	3	2	36	1	11	37	3,04	3,13	0,93
11	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	17.068	14	0	0	14	2	11	16	0,82	0,94	0,64
12	Baixo Pardo / Grande	7.239	10	0	0	10	0	6	10	1,38	1,38	0,83
13	Tietê / Jacaré	11.779	16	0	2	18	0	12	18	1,53	1,53	1,02
14	Alto Paranapanema	22.689	12	0	0	12	0	11	12	0,53	0,53	0,48
15	Turvo / Grande	15.925	21	0	0	21	1	17	22	1,32	1,38	1,07
16	Tietê / Batalha	13.149	11	0	1	12	0	11	12	0,91	0,91	0,84
17	Médio Paranapanema	16.749	9	0	0	9	0	9	9	0,54	0,54	0,54
18	São José dos Dourados	6.783	6	0	0	6	0	6	6	0,88	0,88	0,88
19	Baixo Tietê	15.588	12	0	0	12	1	12	13	0,77	0,83	0,77
20	Aguapeí	13.196	12	0	0	12	1	11	13	0,91	0,99	0,83
21	Peixe	10.769	7	0	0	7	1	5	8	0,65	0,74	0,46
22	Pontal do Paranapanema	12.395	10	0	0	10	0	10	10	0,81	0,81	0,81
22 UGRHIs		248.211	519	16	33	568	27	251	595	2,29	2,40	1,01

Obs.: Houve reproprocessamento dos valores das áreas territoriais que foi atualizado de acordo com a estrutura político-administrativa vigente em 30 de abril de 2019, conforme publicado no Diário Oficial da União nº 94, de 19 de maio de 2020 que indicou que a nova área do Estado de São Paulo, passando de 248.222 km² para 248.219,481 km². <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=acesso-ao-produto&c=35>

3.5 - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM

O IAEM, Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento, faz uma análise multicriterial composta basicamente por dois grupos de variáveis: antrópicas e ambientais. A correlação espacial é baseada em cinco fatores e abrange uma análise integrada, indo, portanto, além do critério de referência da densidade de pontos de cada UGRHI, que se baseia apenas na extensão territorial. O cenário anual é resultado da correlação dos dados de população total por UGRHI, advindos da estimativa da população residente em 2012 e 2022 (IBGE, 2022) e da densidade de população por UGRHI com a evolução do monitoramento da Rede Básica, a média do IQA por UGRHI e a densidade de pontos da Rede Básica da CETESB por UGRHI.

Dentro do critério antrópico são analisados dois fatores: a pressão populacional (estimada pela densidade populacional/km² de cada ano) e pelos macroúso do solo, conforme a classificação das ex-principais vocações das UGRHIs, que fornecem uma ideia da pressão antrópica existente em cada unidade. Entretanto, o art. 28 da Lei nº 16.337/2016 revogou a Lei nº 9.034/1994, onde constava essa classificação por “vocação” e na Lei nº 16.337/2016 não existe mais essa classificação, mas sim aquela dada pelo Anexo III da mesma, que é uma caracterização geral, atualizada por meio dos Relatórios de Situação. Para manter o critério de comparação à ponderação original, a vocação quanto ao macroúso do solo permanecerá sendo usada, pois a vocação ainda reflete o uso do solo preponderante, variando seus pesos de 1 a 4 como originalmente delineado (Apêndice I).

O critério ambiental é baseado no monitoramento de água da Rede Básica da CETESB, o qual correlaciona as informações sobre monitoramento superficial das águas interiores, a saber: número de pontos com IQA calculado; densidade de pontos por UGRHI e a qualidade média da água (média anual do IQA por UGRHI). Assim, a partir da análise multicriterial, os dados ficam sintetizados e disponíveis para a gestão das águas paulista facilitando, dessa forma, a comparação da abrangência espacial da rede de monitoramento entre as UGRHIs para cada ano analisado.

A matriz para geração do índice IAEM divide os dois grupos em custos (antrópicos) e benefícios (ambientais), conforme a Tabela 3.7. O grupo de variáveis antrópicas é considerado como custo, pois no cálculo do índice IAEM influenciam negativamente no ambiente, ou seja, podem causar degradação nos corpos hídricos. Com isto, podem somar até 0,45 da nota máxima do índice que varia de 0 a 1 (sendo 1 a melhor nota). O grupo das variáveis ambientais associado à gestão do monitoramento é considerado como benefício, uma vez que estes fatores influenciam positivamente, ou seja, quanto maior sua presença, melhor será a gestão do território e sua contribuição positiva para o índice. Essas variáveis, equivalem a uma parcela de 0,55 da composição da nota do índice IAEM.

Tabela 3.7 – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério do IAEM

Critérios	Variável	Peso
Antrópico (Dens. Pop. e Macro Uso do Solo da UGRHI)	Dens. Populacional.	0,25
	Macro Uso do solo da UGRHI	0,2
Custos	Σ Impactos Ambientais	0,45
Ambiental (Monitoramento de Água)	Média Anual do IQA	0,30
	Num. Pontos Monitorados	0,10
	Densidade de Pontos	0,15
Benefícios	Σ Gestão do Monitoramento da Água	0,55
	Total	1

Portanto, o resultado não é um índice de qualidade de água, mas sim um índice que avalia a sustentabilidade de cada UGRHI através da abrangência e a da vulnerabilidade espacial da rede de monitoramento dentro do universo amostral de cada ano. Uma vez que a qualidade de água é um de seus componentes principais, bons resultados da qualidade da água contribuem favoravelmente para a melhora do índice. O delineamento metodológico está descrito no Apêndice I.

O intervalo de tempo ideal de comparação do índice IAEM é geralmente de 5 a 10 anos, mas, excepcionalmente, esse ano, será comparado ao ano anterior. De forma complementar, a comparação entre os anos de 2012 e 2022 estará no Apêndice I. Com isto na Tabela 3.8 são apresentados os dados originais para os anos de 2021 (ainda com alguma influência da pandemia no monitoramento) e 2022 (sem influência da pandemia no monitoramento), com a somatória do IAEM calculado para as 22 UGRHIs, em que se divide o estado de São Paulo.

Tabela 3.8 – Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2021 e 2022

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2021								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/UGRHI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGRHIs	Área Km²	POP. IBGE 2021	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2021
1	675	70.463	104,39	1	59,09	5	7,41	0,69
2	14.444	2.271.905	157,29	4	62,59	31	2,15	0,47
3	1.948	345.844	177,54	1	64,85	31	15,91	0,80
4	8.993	1.275.223	141,80	3	61,52	7	0,78	0,50
5	14.178	5.972.714	421,27	4	49,83	66	4,66	0,48
6	5.868	21.857.224	3.724,82	4	37,12	101	17,21	0,36
7	2.818	1.897.551	673,37	4	54,70	19	6,74	0,44
8	9.125	750.037	82,20	3	64,89	2	0,22	0,51
9	15.004	1.647.517	109,81	3	58,92	21	1,40	0,52
10	11.829	2.177.771	184,10	4	56,03	30	2,54	0,46
11	17.068	381.848	22,37	1	68,79	14	0,82	0,67
12	7.239	363.816	50,26	3	57,36	9	1,24	0,50
13	11.779	1.676.436	142,32	3	61,79	15	1,27	0,52
14	22.689	785.962	34,64	1	71,23	12	0,53	0,68
15	15.925	1.385.672	87,01	2	58,88	21	1,32	0,58
16	13.149	572.261	43,52	2	70,31	11	0,84	0,61
17	16.749	731.474	43,67	2	73,05	9	0,54	0,61
18	6.783	240.282	35,42	2	78,75	6	0,88	0,63
19	15.588	843.277	54,10	2	72,39	12	0,77	0,61
20	13.196	391.779	29,69	2	62,29	10	0,76	0,58
21	10.769	490.809	45,58	2	68,81	6	0,56	0,60
22	12.395	519.267	41,89	2	66,68	10	0,81	0,60
SP	248.219,5	46.649.132	187,94	3	62,72	448	1,80	12,42
Σ IAEM 2021								

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2022								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/UGRHI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGRHIs	Área Km²	POP. IBGE 2022	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2022
1	675	65.791	97,47	1	59,99	5	7,41	0,69
2	14.444	2.180.343	150,95	4	58,64	33	2,28	0,46
3	1.948	344.329	176,76	1	65,34	31	15,91	0,80
4	8.993	1.220.603	135,73	3	62,96	13	1,45	0,51
5	14.178	5.804.349	409,39	4	51,83	91	6,42	0,52
6	5.868	20.565.456	3.504,68	4	36,42	100	17,04	0,36
7	2.818	1.805.451	640,69	4	55,84	19	6,74	0,44
8	9.125	710.610	77,88	3	64,65	18	1,97	0,53
9	15.004	1.536.548	102,41	3	57,49	38	2,53	0,54
10	11.829	2.138.641	180,80	4	54,94	31	2,62	0,45
11	17.068	369.859	21,67	1	68,95	14	0,82	0,67
12	7.239	343.385	47,44	3	57,53	10	1,38	0,50
13	11.779	1.606.394	136,38	3	61,04	16	1,36	0,51
14	22.689	750.777	33,09	1	68,03	12	0,53	0,66
15	15.925	1.366.892	85,83	2	60,95	21	1,32	0,59
16	13.149	547.309	41,62	2	65,16	11	0,84	0,59
17	16.749	697.166	41,62	2	68,85	9	0,54	0,59
18	6.783	232.027	34,21	2	77,76	6	0,88	0,62
19	15.588	796.172	51,08	2	69,69	12	0,77	0,60
20	13.196	372.700	28,24	2	64,26	12	0,91	0,59
21	10.769	474.685	44,08	2	63,40	7	0,65	0,58
22	12.395	490.972	39,61	2	67,05	10	0,81	0,59
SP	248.219,5	44.420.459	178,96	3	61,85	519	2,09	12,39
Σ IAEM 2022								

Na Tabela 3.9 estão descritos os intervalos do índice, que variam de 1 (melhor situação) até 0 (pior situação), distribuídos em 5 faixas e duas classes com as respectivas denominações. O nível de pressão antrópica exercida na UGRHI sofreu alteração na denominação das classes referentes aos termos utilizados na coluna “Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água”, em relação aos anos anteriores.

Tabela 3.9 – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM)

IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
Classes	Muito Abrangente	1	0,756	Não Vulnerável	Não Vulnerável
	Abrangente	0,755	0,606	Boa Sustentabilidade	
	Suficiente	0,605	0,506	Sustentável	
	Pouco Abrangente	0,505	0,356	Vulnerabilidade Significativa	Vulnerável
	Insuficiente	0,355	0	Alta vulnerabilidade à pressão antrópica	

Cenário do IAEM para o ano de 2022 em comparação com o IAEM 2021

Em 2022, segundo os resultados preliminares do IBGE, (<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>), a população do estado de São Paulo atingiu 44.420.459 habitantes, aumentando em cerca de 2,5 milhões durante o período 2012-2022. Somente nas UGRHIs com macro-uso do solo industrial, notadamente com maior pressão antrópica, houve um incremento de 1,9 milhões de pessoas neste intervalo. Já no período entre 2021 e 2022, a variação da projeção estimada e a levantada pelos resultados preliminares apontaram uma redução da população estadual de 2.228.673 habitantes.

Com o fim das anormalidades causadas pela pandemia em 2020 e 2021 e a decorrente redução de pontos na rede de monitoramento básica (na qual o IQA é calculado), o IAEM 2022 vai referir-se ao ano de 2021 para fins de comparação. Diferente da redução do monitoramento ocorrida em anos anteriores, em 2022 a rede voltou com frequência trimestral em 96% dos pontos da Rede Básica. Com isto, o estado de São Paulo passa de uma densidade de 2 pontos/1.000 km² em 2022, ou seja, com o dobro do da densidade recomendada.

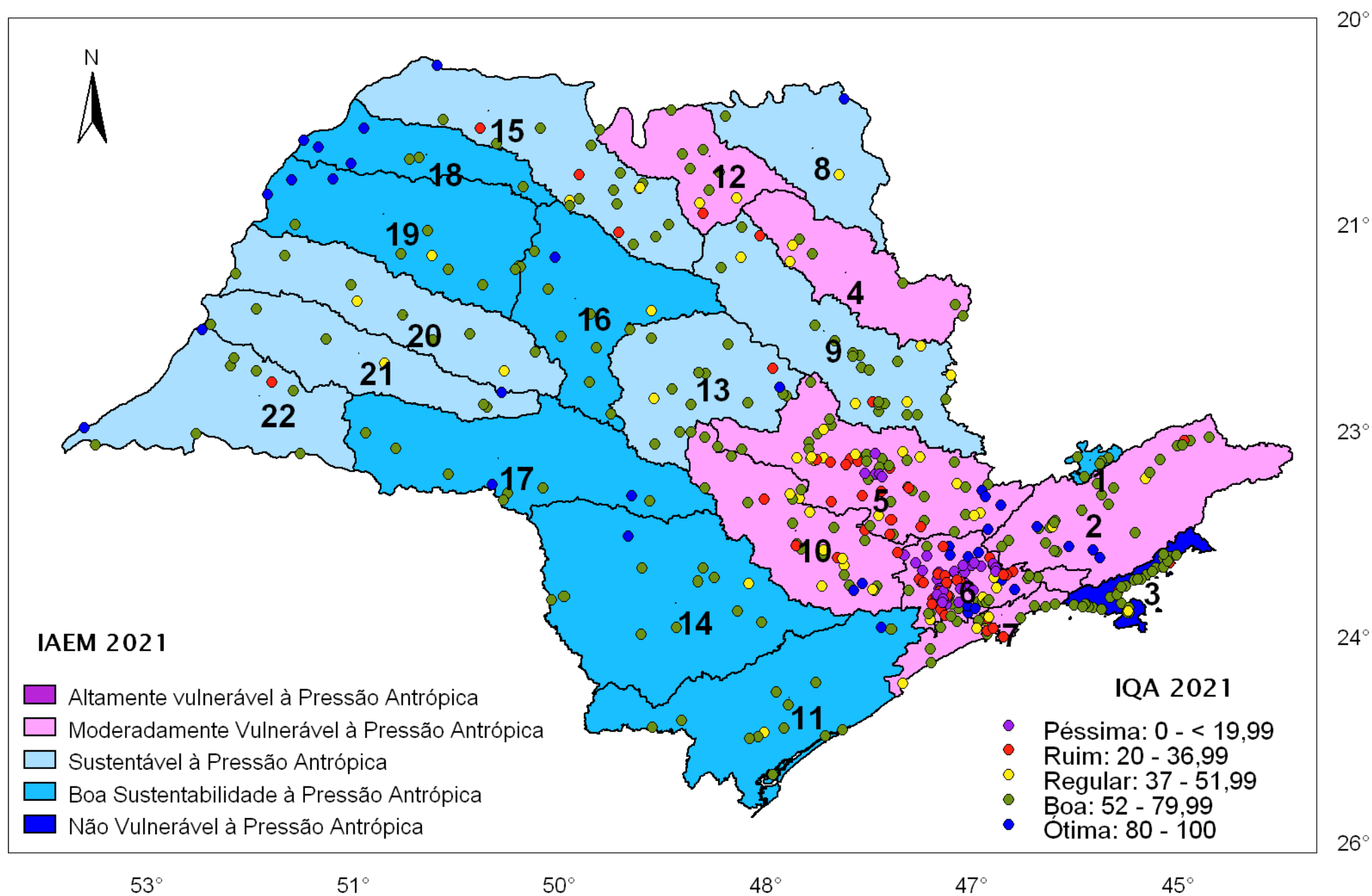
Dentro do conjunto das 22 UGRHIs, o maior número de pontos do monitoramento previstos da Rede Básica em todas as UGRHIs em 2022 fez a amplitude da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km² aumentar novamente. Em 2021, a amplitude foi de 16,99 variando a densidade de 0,22 pontos/1.000 km² na UGRHI 08-Sapucai/ Grande a 17,21 pontos/1.000 km² na UGRHI 6- Alto Tietê. Já em 2022 a amplitude foi de 16,51. Variou de 0,53 pontos/1.000 km² na UGRHI 14- Alto Paranapanema até 17,04 pontos/1.000 km² na UGRHI 6- Alto Tietê. Isto mostra que ainda existem em ambas as comparações grandes desigualdades espaciais no monitoramento entre as UGRHIs, quando somente o fator densidade de pontos é considerado.

Em termos de mudança de classes do índice multicritério do IAEM, entre 2021-2022, verificam-se 5 alterações na classificação das UGRHIs: duas melhoraram e três pioraram, são elas: UGRHI 16 Tietê / Batalha, UGRHI 17- Médio Paranapanema e UGRHI 19- Baixo Tietê, que pioraram. E as unidades UGRHI 4 – Pardo, UGRHI 5 – Piracicaba/ Capivari/ Jundiaí, que melhoraram.

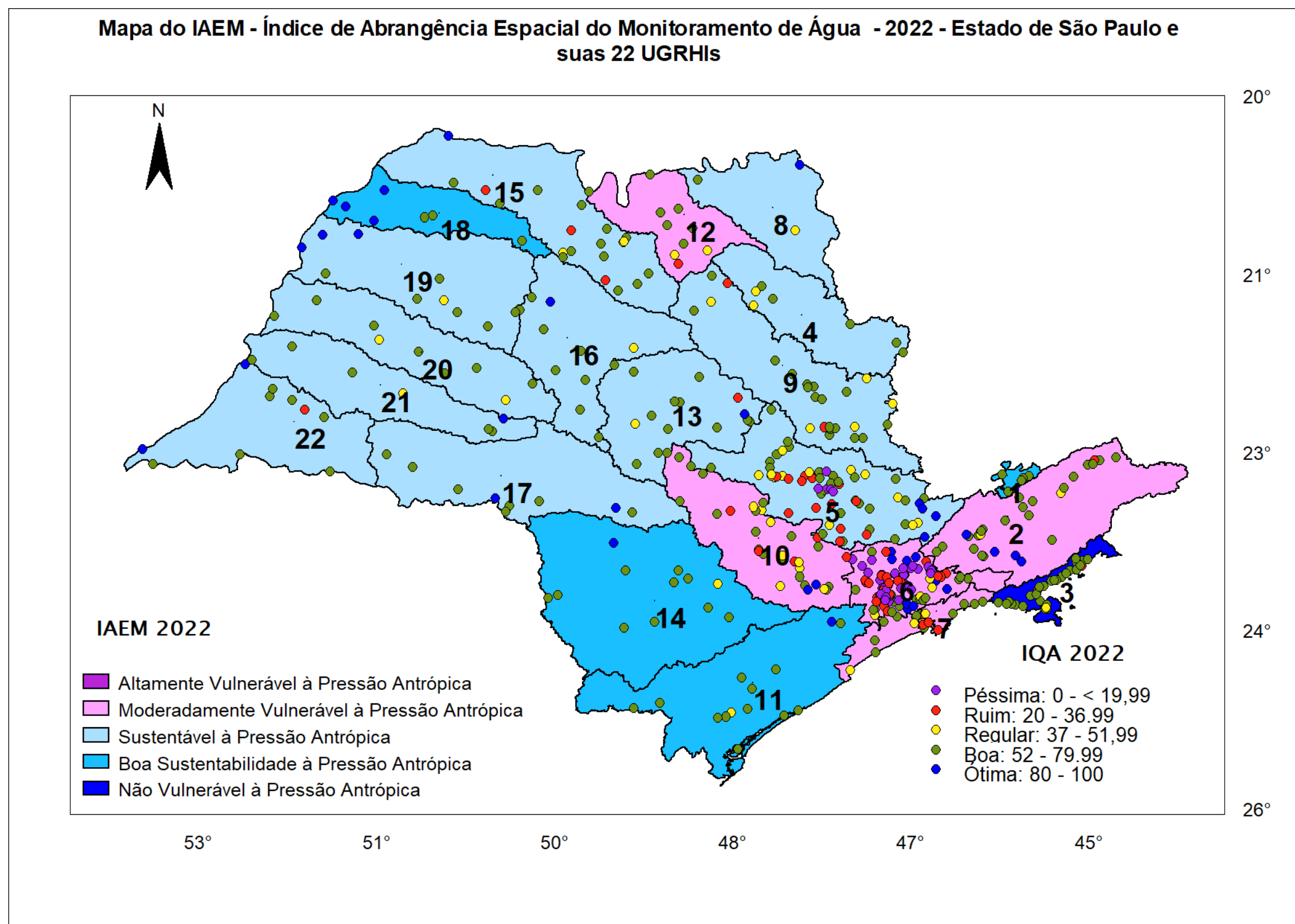
Os Mapas 3.3 e 3.4 resumem a situação das UGRHIs em relação ao IAEM em 2021 e 2022, respectivamente.

Mapa 3.3 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2021

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2021 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



Mapa 3.4 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2022



De forma resumida, analisando a variação da abrangência do monitoramento, somente com o critério territorial – um dos fatores para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento – obteve-se o seguinte cenário: em 2021, metade das 22 UGRHs estavam dentro do índice de densidade mínima de 1 ponto/1.000 km²; já em 2022 a densidade mínima foi atingida por 13 das 22 UGRHs. De acordo com os cenários do índice de abrangência espacial do monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHs classificadas com o monitoramento “**Não vulnerável à pressão antrópica**” que era de 7, em 2021, caiu para 5, em 2022. Dessa forma, pode-se concluir que a rede de monitoramento de 2022 já se recuperou dos impactos das restrições de coletas e análises laboratoriais e houve diminuição de unidades classificadas como vulneráveis. Porém, houve pequena diminuição na somatória geral do estado, passando de 12,42 em 2021 para 12,39 em 2022.

A análise comparativa completa por UGRH dos cenários de 2012, 2021 e 2022 consta no **Apêndice I**.

4 • Saneamento e Enquadramento dos Corpos de água

Este capítulo subdivide-se em dois itens. No primeiro, é apresentada uma visão geral do saneamento no estado de São Paulo, indicando a evolução dos índices de tratamento dos esgotos domésticos para o período compreendido entre 2017 e 2022, bem como uma visão do saneamento nas 22 UGRHIs do estado de São Paulo. A avaliação dos serviços de coleta e tratamento de esgotos não levou em consideração outras fontes potenciais de impactos à qualidade das águas, tais como os sistemas de drenagem urbana e de coleta e disposição de resíduos sólidos, uma vez que se constituem em fontes de poluição difusa de difícil quantificação, mas que podem influenciar significativamente na qualidade das águas. Destaca-se ainda que essa poluição difusa é afetada pelos hábitos da população, entre os quais o descarte inadequado de resíduos no ambiente ou o lançamento indevido de esgotos no sistema de drenagem e a eventual ocupação em áreas irregulares, que não dispõem da infraestrutura adequada para coleta e tratamento de esgotos.

O segundo item analisa a porcentagem de resultados desconformes em relação aos padrões da **Resolução CONAMA nº 357/2005** para as principais variáveis que podem estar contribuindo para a degradação dos corpos hídricos. Primeiramente, objetivando verificar a situação geral da qualidade das águas do estado, avaliou-se os resultados em relação ao atendimento dos padrões da Classe 2 em todos os corpos hídricos. Em seguida, foram calculadas as porcentagens de atendimento em relação aos padrões de qualidade para a classe atual de enquadramento de cada corpo de água, assim como para os padrões legais de classes de qualidade mais exigentes. Estas comparações objetivam subsidiar futuras ações dos órgãos competentes, visando uma recuperação progressiva da qualidade dos corpos de água, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005.

4.1 Coleta e Tratamento de Esgotos no estado de São Paulo

As porcentagens da população atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos municipais são geradas pela Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB, sendo esses dados armazenados no Sistema Infoáguas e disponíveis para consulta no sítio da CETESB por meio do link <https://cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>.

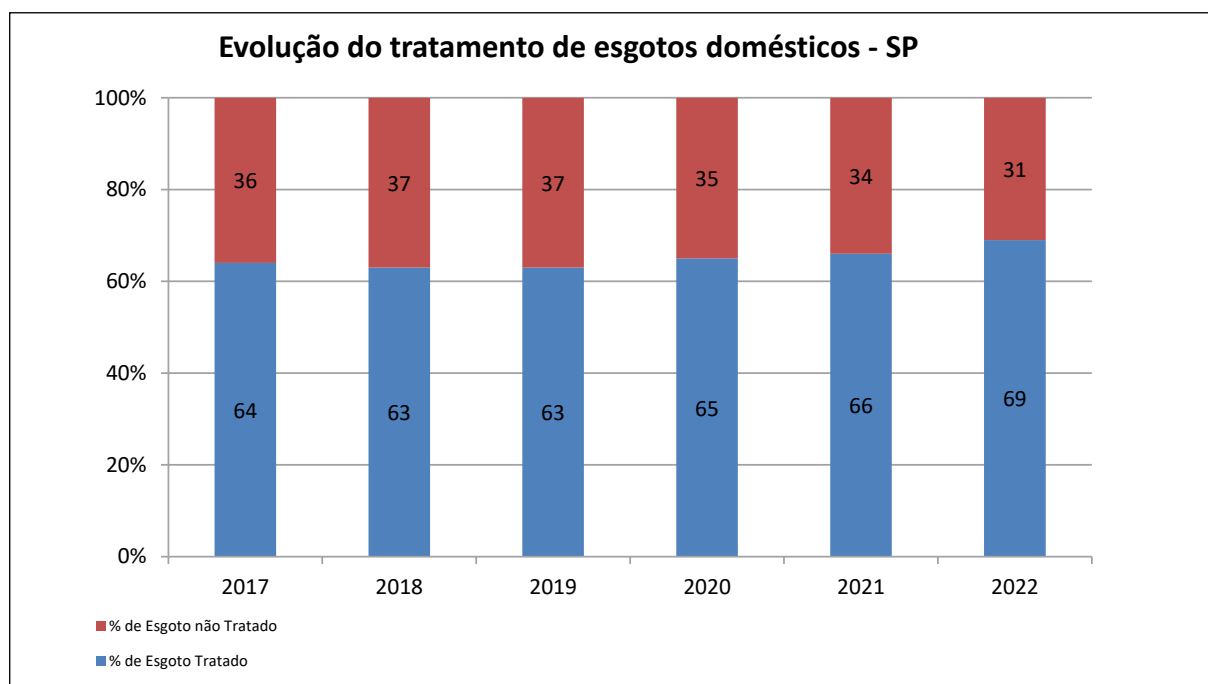
O índice de tratamento de esgoto doméstico no estado de São Paulo atingiu 69% em 2022, indicando um aumento progressivo no saneamento em nível estadual na comparação com os últimos 5 anos (Gráfico 4.1).

Embora o estado de São Paulo possua um dos melhores índices de saneamento básico da federação, ainda existe um déficit em relação à universalização, sendo necessária a aceleração do ritmo de investimentos, de forma a obter impactos positivos com relação às questões de saúde pública e de meio ambiente.

O aumento da porcentagem da população atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos é fundamental para a melhoria da qualidade das águas e o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo.

Para tanto, são necessárias ações integradas relacionadas ao uso e ocupação do solo envolvendo municipalidades e estado, de forma a equacionar problemas decorrentes das ocupações irregulares e do crescimento desordenado das cidades, além de intensificar as ações de educação sanitária e ambiental junto à população para conexão ao sistema público de esgotos e uso correto dos serviços de saneamento disponibilizados. O lançamento dos esgotos domésticos sem tratamento nas águas dos rios, reservatórios, estuários e regiões costeiras reduz a qualidade da água, restringindo os múltiplos usos e contribuindo para o aumento da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, causadas pelo contato primário ou pela ingestão de água contaminada.

Gráfico 4.1 – Evolução do tratamento de esgotos domésticos no estado de São Paulo – 2017 a 2022



Um dos principais parâmetros que indica o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é o aumento da presença da bactéria *Escherichia coli* na água. Outro indicador da presença de lançamento de esgotos é a redução nos níveis de Oxigênio Dissolvido no meio aquático, causada pelo aumento da concentração da matéria orgânica e respectiva decomposição pelos microrganismos. Dependendo das características do lançamento e do rio, a depleção de Oxigênio Dissolvido pode resultar em condições de anoxia.

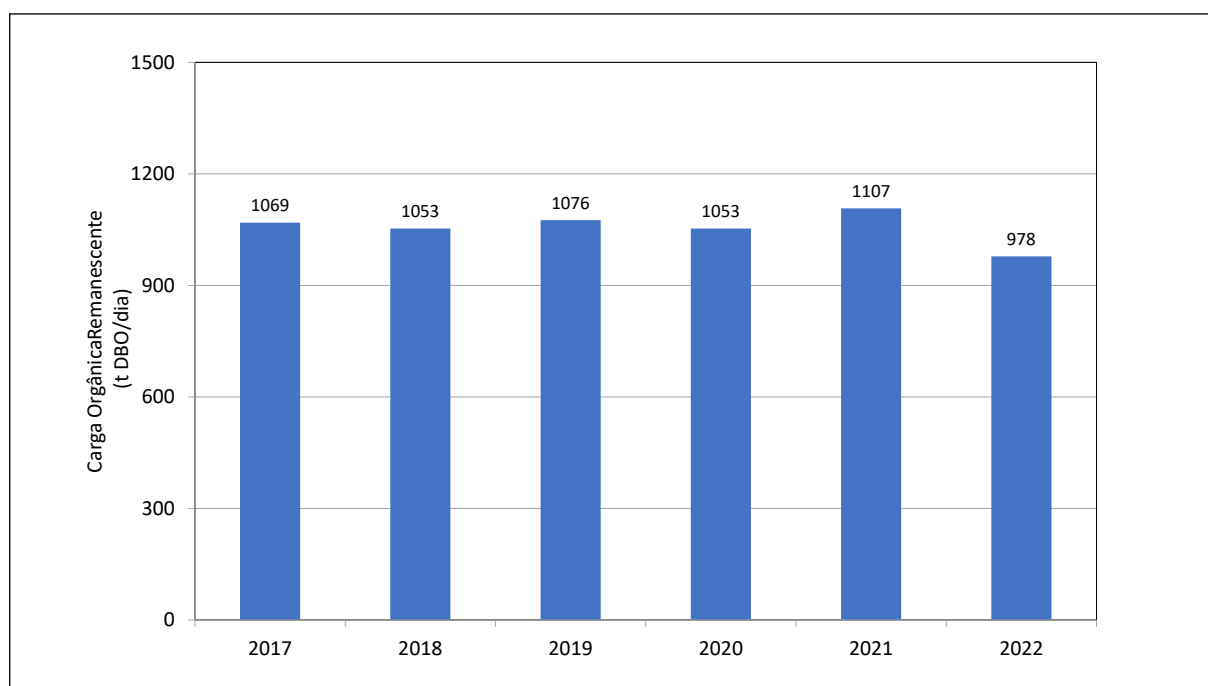
Quando os níveis de Oxigênio Dissolvido tendem a zero, a decomposição da matéria orgânica ocorre em meio anaeróbio, o que causa a emissão de subprodutos voláteis odoríferos dos corpos de água, causando incômodos à população e danos aos materiais e à flora. Em meio aeróbio, por outro lado, ocorre a decomposição da matéria orgânica carbonácea e da matéria orgânica nitrogenada, esta última convertida em nitrato. Ambos, fósforo e nitrato, são nutrientes essenciais para a atividade biológica, sendo o fósforo considerado como fator limitante. Quando em excesso, esses nutrientes provocam o crescimento excessivo de algas e macrófitas aquáticas, provocando a ocorrência do fenômeno denominado de eutrofização. Com o lançamento indevido de esgotos domésticos também aumentam a Turbidez e as concentrações de Surfactantes e de Sólidos Totais.

4.4.1 Carga Orgânica Potencial e Remanescente

A carga orgânica potencial de cada município é calculada a partir da população urbana e do índice de carga de matéria orgânica gerada diariamente por habitante, representada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO. O valor obtido da literatura é de 54 g/hab.dia. Com a carga potencial gerada pela população do município e as porcentagens de coleta e tratamento, bem como a eficiência do sistema de tratamento dos esgotos, calcula-se a carga orgânica remanescente, ou seja, aquela que é lançada nos corpos hídricos receptores.

Nas estações de tratamento de esgotos monitoradas pela CETESB, as eficiências dos processos de tratamento são calculadas por meio dos resultados das análises de DBO no efluente bruto e no tratado. Nos outros casos, adotam-se eficiências esperadas em função do tipo de tratamento, de acordo com a literatura técnica. A eficiência média das estações de tratamento de esgotos no Estado de São Paulo em 2022, foi de 86%. A somatória da carga orgânica remanescente dos 645 municípios do estado em 2022 foi de 978 t DBO por dia, a menor registrada nos últimos 5 anos (Gráfico 4.2).

Gráfico 4.2 – Evolução da carga remanescente no estado de São Paulo – 2017 a 2022



4.1.2 Porcentagens de Coleta e Tratamento por UGRHI

Na Tabela 4.1, é apresentada a população atendida por coleta e tratamento de esgotos por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI. Também são apresentadas as somatórias das cargas orgânicas remanescentes e o ICTEM para cada UGRHI.

Tabela 4.1 – Porcentagem da população atendida pela coleta e pelo tratamento de esgotos e ICTEM nas áreas urbanas das 22 UGRHs – 2022

UGRHI		População Urbana (2021)	Atendimento (%)		Carga Remanescente t DBO dia ⁻¹	ICTEM 2022
Número	Descrição		Coleta	Tratamento		
1	Mantiqueira	61.702	56	56	2	6,22
2	Paraíba do Sul	2.124.413	94	83	37	7,97
3	Litoral Norte	337.159	54	49	N.D	5,55
4	Pardo	1.215.586	99	85	17	8,64
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	5.737.151	94	86	80	8,41
6	Alto Tietê	21.626.154	85	58	557	6,22
7	Baixada Santista	1.893.370	78	20	N.D	4,26
8	Sapucaí/Grande	707.923	99	99	5	9,56
9	Mogi Guaçu	1.542.781	98	79	34	7,21
10	Sorocaba/Médio Tietê	1.937.230	90	83	29	8,42
11	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	273.446	71	70	6	7,21
12	Baixo Pardo/Grande	346.186	99	75	7	7,41
13	Tietê/Jacaré	1.608.773	99	73	38	6,79
14	Alto Paranapanema	631.467	90	90	8	8,5
15	Turvo/Grande	1.289.129	99	97	11	9,4
16	Tietê/Batalha	520.262	99	89	7	8,73
17	Médio Paranapanema	666.615	98	94	8	8,79
18	São José dos Dourados	212.661	98	98	2	9,1
19	Baixo Tietê	772.089	98	98	10	8,46
20	Aguapeí	348.271	95	95	5	8,63
21	Peixe	444.578	89	48	15	5,09
22	Pontal de Paranapanema	470.161	97	97	3	9,32
Estado de São Paulo		44.767.107	89	69	978	7,06

ND: Não Determinado. As UGRHs 3 e 7 possuem municípios com sistema de emissário submarino precedido de Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto - EPC, não havendo atribuição legal para redução de matéria orgânica de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011, de forma que não foram determinadas as porcentagens de tratamento e de carga remanescente para estas UGRHs.

A avaliação dos sistemas de saneamento básico dos 645 municípios paulistas é uma ferramenta importante para explicar o diagnóstico obtido pelo monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

Os dados relativos ao saneamento dos 645 municípios do estado de São Paulo, que compõem o retrato estadual, onde constam os percentuais de coleta e tratamento de esgoto, bem como a carga orgânica potencial e remanescente para cada um dos municípios encontram-se no [Apêndice J](#).

A CETESB aplica o Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios (ICTEM) para avaliar as condições de saneamento dos municípios do estado de São Paulo. O ICTEM retrata uma situação que leva em consideração a efetiva remoção da carga orgânica gerada pela população urbana sem deixar, entretanto, de observar a importância de outros elementos que compõem um sistema de tratamento de esgotos, como a coleta, o afastamento e o tratamento. Além disso, considera também o atendimento à legislação quanto à eficiência de remoção da carga orgânica, que deve ser superior a 80%, e a conformidade com os padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes. O indicador permite transformar os valores nominais de carga orgânica em valores de comparação entre situações distintas dos vários municípios,

refletindo a evolução ou estado de conservação de um sistema público de tratamento de esgotos.

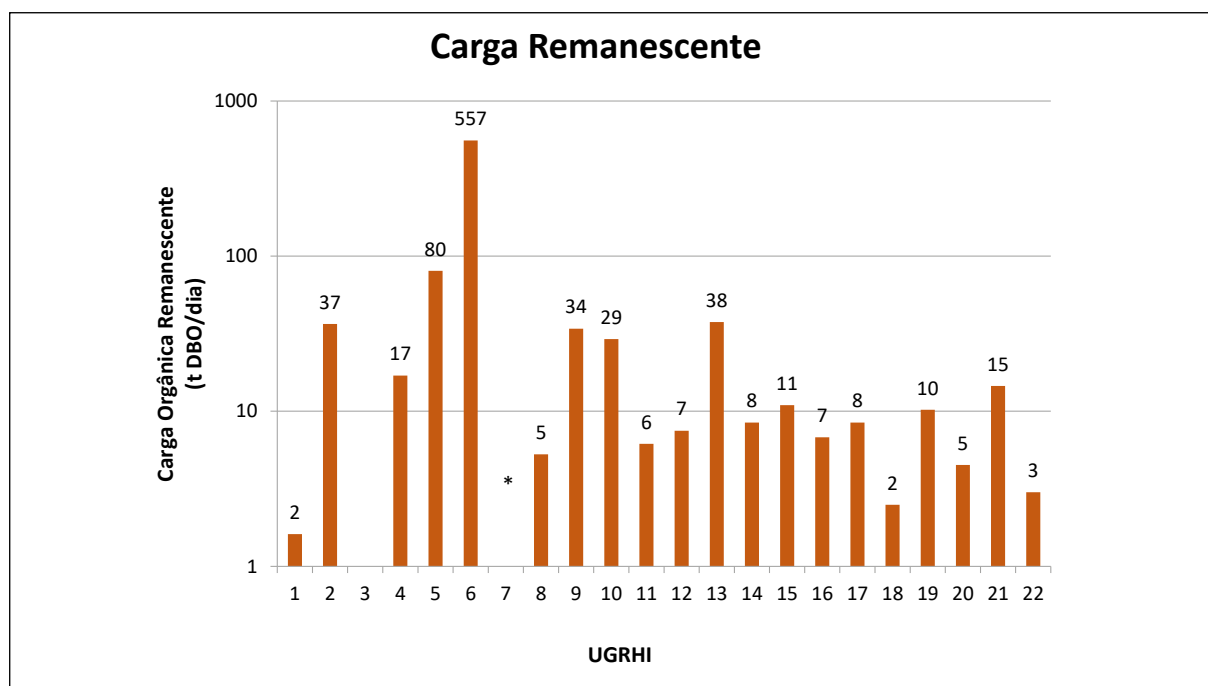
Os detalhes técnicos do cálculo do ICTEM dos municípios litorâneos e a sua metodologia de cálculo podem ser consultados no [Apêndice E](#).

Em 2022, dezesseis UGRHIs, que concentram uma população próxima a 18 milhões de pessoas, mantiveram a nota de ICTEM superior a 7, com destaque para as UGRHIs 15 – Turvo Grande, 18 – São José dos Dourados e 22 – Pontal do Paranapanema, que quase atingiram a nota máxima, com índices de coleta e tratamento de esgotos superiores a 97%. A UGRHI 21 – Peixe, apresentou o segundo menor ICTEM do estado, influenciado pelo índice nulo para o tratamento de esgotos do município de Marília.

Quanto à melhora na infraestrutura do saneamento municipal, cabe ressaltar as ETEs dos municípios de Descalvado (UGRHI 9), Cordeirópolis (UGRHI 5), Sarapuí (UGRHI 10), Paraibuna (UGRHI 2), que entraram em operação recentemente.

Contudo, ainda existem, no estado de São Paulo, 29 municípios com porcentagem nula de tratamento de esgoto, que são: Américo Brasiliense, Aparecida, Areias, Barrinha, Caconde, Cajamar, Cosmópolis, Estiva Gerbi, Francisco Morato, Franco da Rocha, Ipiguá, Iracemápolis, Jardinópolis, Lindóia, Mairinque, Marília, Monte Alegre do Sul, Orlândia, Pedra Bela, Piquete, Pirajuí, Ribeirão Bonito, Rincão, Rio das Pedras, Santa Cruz das Palmeiras, São José do Barreiro, São Simão, Tejupá e Tuiuti. Estes municípios totalizam uma população urbana de, aproximadamente, 1,1 milhão de habitantes.

No Gráfico 4.3, são apresentadas as cargas remanescentes de DBO para cada UGRHI em que se divide o estado de São Paulo. Em função da alta concentração de população na RMSP e dos seus índices de saneamento, a carga remanescente do Alto Tietê (UGRHI 6) de 557 t DBO/dia, é responsável por 57% da carga lançada nos corpos hídricos do estado de São Paulo. Vale destacar que a população urbana desta bacia corresponde a cerca de 48% da população urbana total do estado, motivo pelo qual o trecho superior do Rio Tietê, concentra uma carga expressiva de DBO. Cabe destacar o aumento do tratamento de esgoto no município de São Paulo (73% em 2021 para 81% em 2022) e melhoria na eficiência das ETEs da RMSP, que colaboraram para a redução da carga remanescente na UGRHI 6 em relação aos últimos anos, quando obtiveram-se valores acima de 600 t DBO/dia. A segunda UGRHI com maior carga remanescente é a do Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ (UGRHI 5), com 80 t DBO/dia, representando uma porcentagem de cerca de 8% da carga remanescente gerada no estado de São Paulo. No entanto, a carga remanescente gerada nesta UGRHI distribui-se pelos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

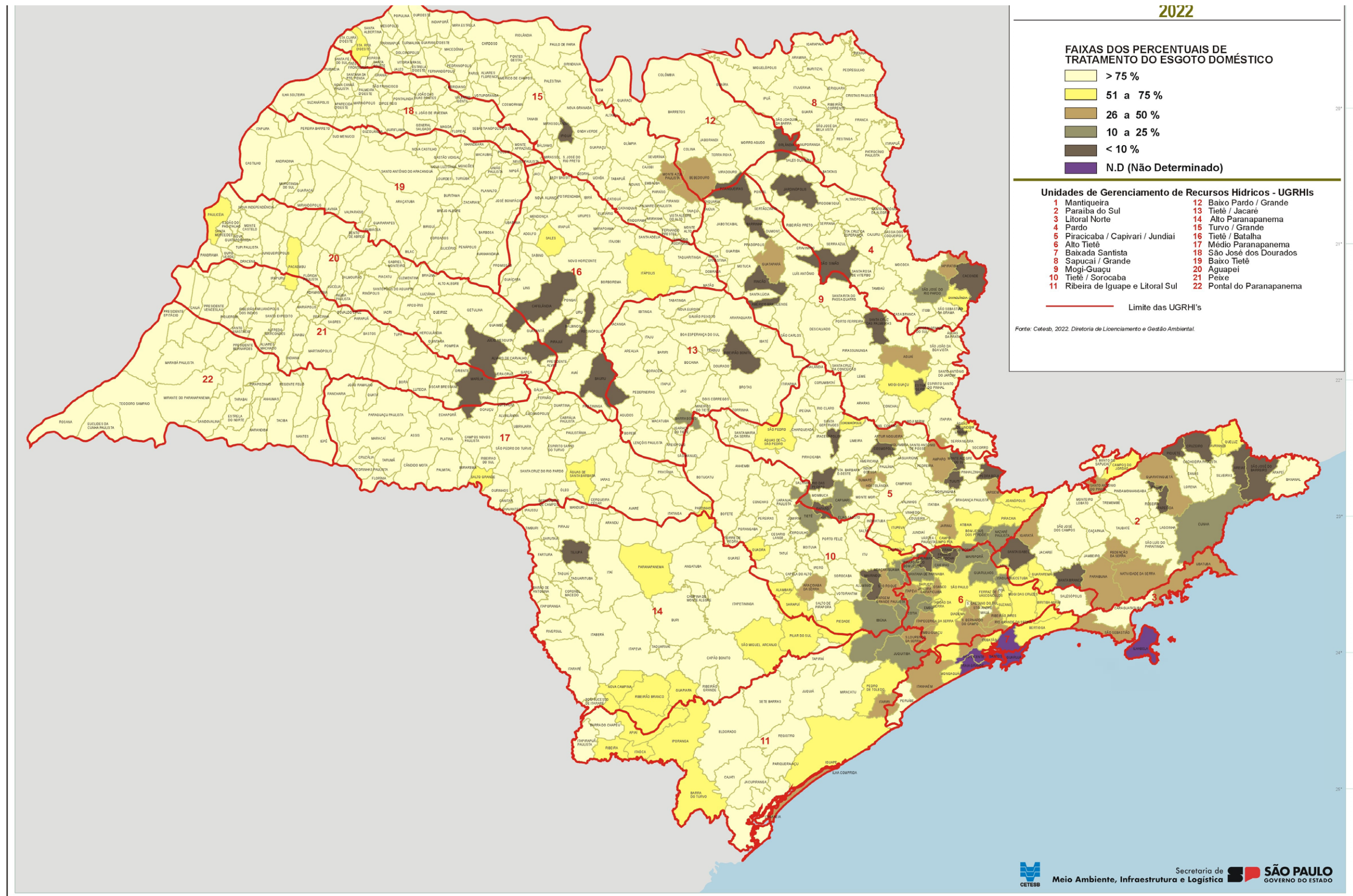
Gráfico 4.3 – Carga remanescente de DBO por UGRHI – 2022

* As UGRHIs 3 e 7 possuem municípios com sistema de emissário submarino precedido de EPC, não havendo atribuição legal para redução de matéria orgânica, de forma que não foram determinadas as porcentagens de tratamento e de carga remanescente para estas UGRHIs.

Outros fatores importantes que afetam diretamente o planejamento e disponibilidade dos serviços de saneamento são os problemas associados às ocupações irregulares e ao crescimento desordenado das cidades. Além disso, também deve ser considerado a importância da ligação dos esgotos, por parte do município, à rede coletora, quando esta estiver disponível. No Município de São Paulo, o Decreto nº 57.776/2017, tornou essa ação obrigatória.

A visualização geográfica das porcentagens de tratamento encontra-se no Mapa 4.1, onde é apresentada a situação dos 645 municípios do estado de São Paulo.

Mapa 4.1 – Porcentagem de tratamento de esgoto doméstico por município – 2022



4.2 Enquadramento dos Corpos de Água

A **Resolução CONAMA nº 357/2005** estabelece as classes de qualidade para enquadramento dos corpos hídricos, os usos preponderantes e as condições e padrões de qualidade que devem ser atendidos em cada classe de qualidade. O **Decreto Estadual nº 10.755/1977 e, em caso de alterações, as deliberações do Conselho de Recursos Hídricos** definem o enquadramento dos corpos hídricos no estado de São Paulo.

De forma a se obter uma visão geral da qualidade, adotaram-se os padrões da Classe 2, para todos os corpos hídricos monitorados, cujos usos previstos na Resolução CONAMA no 357/2005 incluem a proteção da vida aquática e o abastecimento público após tratamento convencional. Desta forma, é possível subsidiar futuras ações dos órgãos competentes, visando uma recuperação progressiva da qualidade dos corpos de água, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005. Destaca-se que para a variável *Escherichia coli*, os resultados são comparados aos padrões da Classe 2 estabelecidos na Decisão de Diretoria nº 112/2013/E, de 09/04/2013, publicada no Diário Oficial Estado de São Paulo, em 12/04/2013.

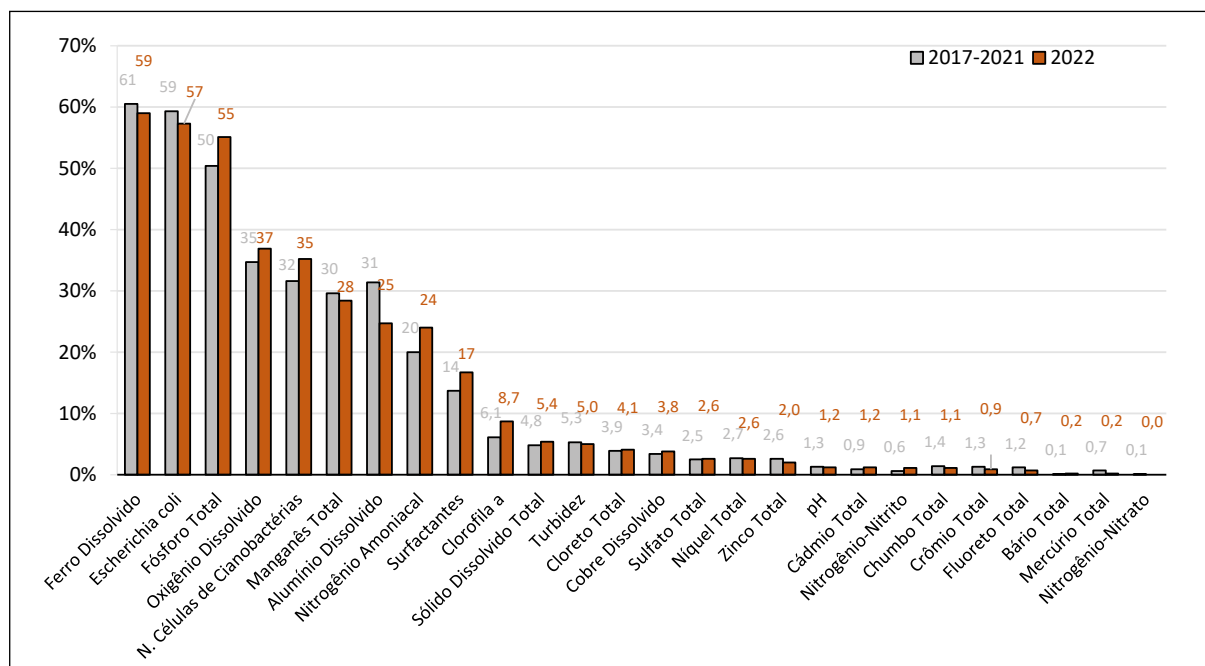
Reforça-se que para quantificação da matéria orgânica nos corpos hídricos do estado, a CETESB vem executando, desde 2020, o monitoramento das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) em substituição à variável DBO. Em razão da impossibilidade de realizar uma avaliação das desconformidades para COT é realizada uma análise específica para presença de matéria orgânica nos corpos hídricos paulistas (item 4.2.3).

Em função de imprecisões na metodologia analítica utilizada para determinação de fenóis totais, principalmente para valores próximos aos padrões para Classe 1 e Classe 2, não foi possível avaliar as desconformidades em relação a este parâmetro.

O Gráfico 4.4 apresenta as principais variáveis de qualidade desconformes em relação aos padrões de qualidade da Classe 2 estabelecidos pela Resolução CONAMA no. 357/2005. Os resultados estão expressos em porcentagem de não atendimento para o ano de 2022 e para a média dos últimos cinco anos (período de 2017 a 2021).

Para confecção do Gráfico 4.4 foram selecionadas as variáveis monitoradas em mais de 90% dos 519 pontos da Rede Básica, exceto as variáveis Clorofila *a* e Número de Células de Cianobactérias, que foram monitoradas em 86% e 14% dos pontos dessa rede, respectivamente. Para cada variável, foram considerados os pontos com pelo menos três resultados relativos às campanhas executadas em 2022. Para os resultados do período de 2017 a 2021, também foram considerados os resultados desses 519 pontos com pelo menos três resultados na série histórica. As desconformidades por variável e por ponto de coleta podem ser consultadas no Apêndice K.

Gráfico 4.4 – Porcentagens de resultados da Rede Básica que não atendem os padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2022 e no período de 2017 a 2021.



De um modo geral, as maiores porcentagens de não atendimento referem-se às variáveis sanitárias (*E. coli*, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amoniacal), aos metais Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total e ao Número de Células de Cianobactérias (Gráfico 4.4).

Dentre as variáveis que indicam a presença de efluentes domésticos no corpo hídrico, a *E. coli* apresentou a maior porcentagem de resultados em desacordo com os padrões da Classe 2 da Resolução CONAMA no.357/2005 (57%), seguida pelo Fósforo (55%), Oxigênio Dissolvido (37%) e Nitrogênio Amoniacal (24%). Na comparação com a média histórica, constata-se que essas variáveis apresentaram ligeira piora em 2022, exceto *E. coli*, cuja porcentagem decresceu de 59 para 57%.

Na comparação com o período histórico, observa-se aumento de desconformidades quanto às variáveis Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal, as quais estão associadas aos lançamentos de fontes pontuais. O aumento das desconformidades para o Oxigênio Dissolvido em relação aos últimos 5 anos está correlacionado com as desconformidades associadas ao aporte de matéria orgânica.

Para atendimento à legislação, é primordial a continuidade nos investimentos para atingir a universalização da coleta e do tratamento de esgoto no estado. Para o Fósforo, a implantação do tratamento terciário é uma solução adequada, onde for necessário e sob condições específicas, ressaltando que as contribuições de fósforo oriundas das atividades agrícolas e pecuárias devem ser consideradas. A diminuição da carga de fósforo nos corpos hídricos também resultará na diminuição dos eventos de florações de algas e cianobactérias. Observa-se que, nos ambientes lênticos (reservatórios) a porcentagem de resultados desconformes de Fósforo Total para os padrões da Classe 2 da Resolução CONAMA no.357/2005, é de 43%, ao passo que em ambientes lóticos (rios) é de 63%.

Em relação aos metais Alumínio, Ferro e Manganês, abundantes nos solos do estado de São Paulo e que constituem uma fonte potencial para os corpos hídricos a partir de processos erosivos, as porcentagens de não atendimento aos padrões da Classe 2 em 2022 mantiveram-se praticamente estáveis no caso do Ferro

Dissolvido (59%) e do Manganês Total (28%) ou decresceram em relação à média histórica, como é o caso do Alumínio Dissolvido (de 31 para 25%). Ressalta-se que esses metais também podem estar associados a efluentes de ETAs e a fontes industriais, em áreas mais urbanizadas.

O carreamento de solo aos corpos hídricos, principalmente em eventos de alta intensidade de chuvas, acarreta o aumento da Turbidez e de Sólidos Dissolvidos, entre outros fatores. Essas variáveis tiveram 5,0 e 5,4% de resultados não conformes, respectivamente.

Em relação às variáveis hidrobiológicas, houve aumento de 2,6 e 3 pontos percentuais de desconformidades para a Clorofila *a* e para o Número de Células de Cianobactérias, respectivamente, em relação à média histórica.

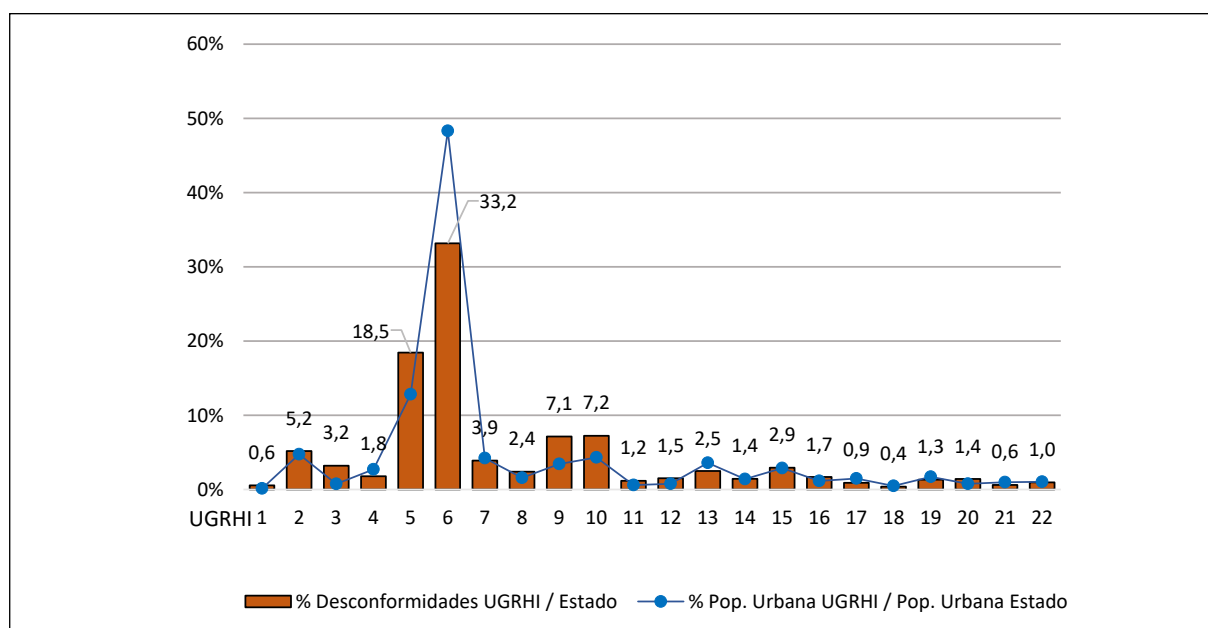
Semelhante ao constatado nos anos anteriores, os metais Níquel, Zinco, Cádmio, Chumbo, Cromo, Cobre Dissolvido e Mercúrio, associados intrinsecamente aos lançamentos de efluentes industriais, vem mantendo baixa porcentagem de resultados que não atendem ao padrão de Classe 2, refletindo o controle de efluentes a partir de fontes industriais.

A próxima seção abordará os resultados desconformes por UGRHI para as principais variáveis sanitárias.

4.2.1 Porcentagem de resultados desconformes das principais variáveis para a Classe 2 por UGRHI

Nas UGRHIs mais populosas verificaram-se as maiores quantidades de resultados desconformes com a Classe 2 (Gráfico 4.5). Na UGRHI 6, que possui 48% da população do estado, registraram-se cerca de 33,2% dos resultados desconformes da Rede Básica em 2022, considerando-se todas as variáveis medidas, e na UGRHI 5, que corresponde a 13% da população do estado, 18,5% dos resultados desconformes. As UGRHIs 2, 7, 9, 10 e 13, que possuem cerca de 4% da população do estado cada, tiveram entre 2,5% e 7,2% dos resultados desconformes do estado.

Gráfico 4.5 – Porcentagem de resultados desconformes para a Classe 2 das variáveis monitoradas na Rede Básica por UGRHI em relação ao total de desconformidade no estado em 2022 e a porcentagem da população urbana da UGRHI em relação a população do estado.



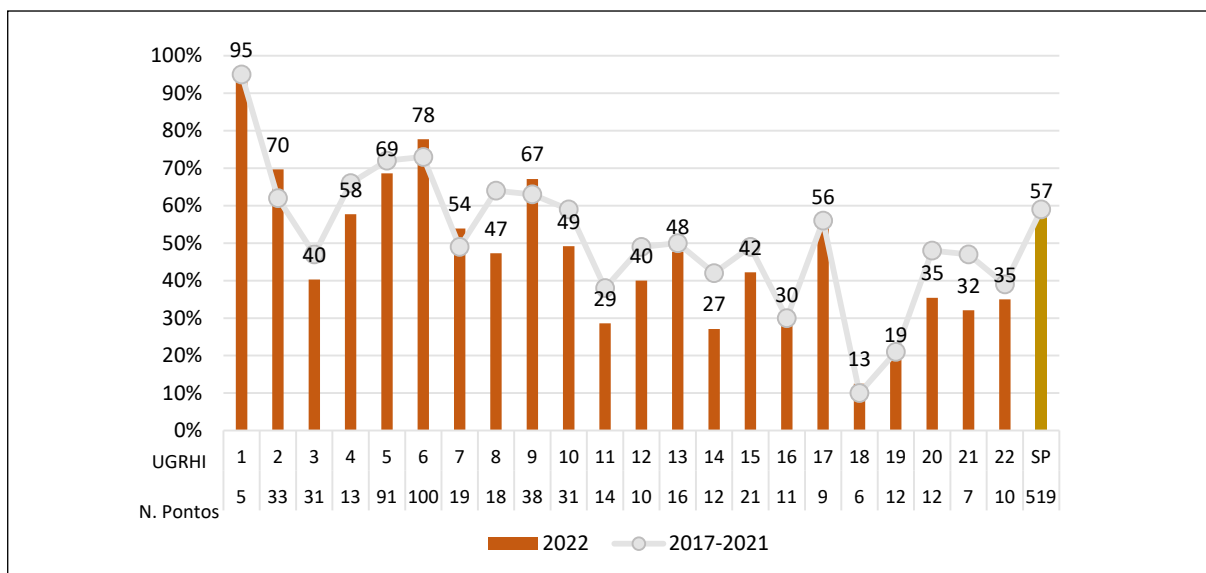
Para avaliação da qualidade da água das variáveis que impactaram negativamente a qualidade dos corpos hídricos no estado em 2022, realizou-se a comparação das porcentagens de resultados desconformes de cada UGRHI em 2022 e dos últimos 5 anos em relação aos padrões da Classe 2 (Gráfico 4.6 a Gráfico 4.12).

4.2.1.1 Escherichia coli

Em relação à distribuição de resultados não conformes para *E. coli*, a UGRHI 1 teve 95% dos seus resultados desconformes, indicando a necessidade de aprimoramento do sistema de saneamento da região, que atualmente trata 56% do esgoto gerado, ao passo que as UGRHIs 11, 14, 18 e 19 tiveram menos de 30% de resultados desconformes para essa variável (Gráfico 4.6).

Em relação à média histórica, destacam-se as UGRHIs 8, 14, 20 e 21, que apresentaram diminuição da porcentagem de resultados desconformes (de redução de 13 a 17 pontos percentuais). A média do estado se manteve virtualmente igual à média histórica.

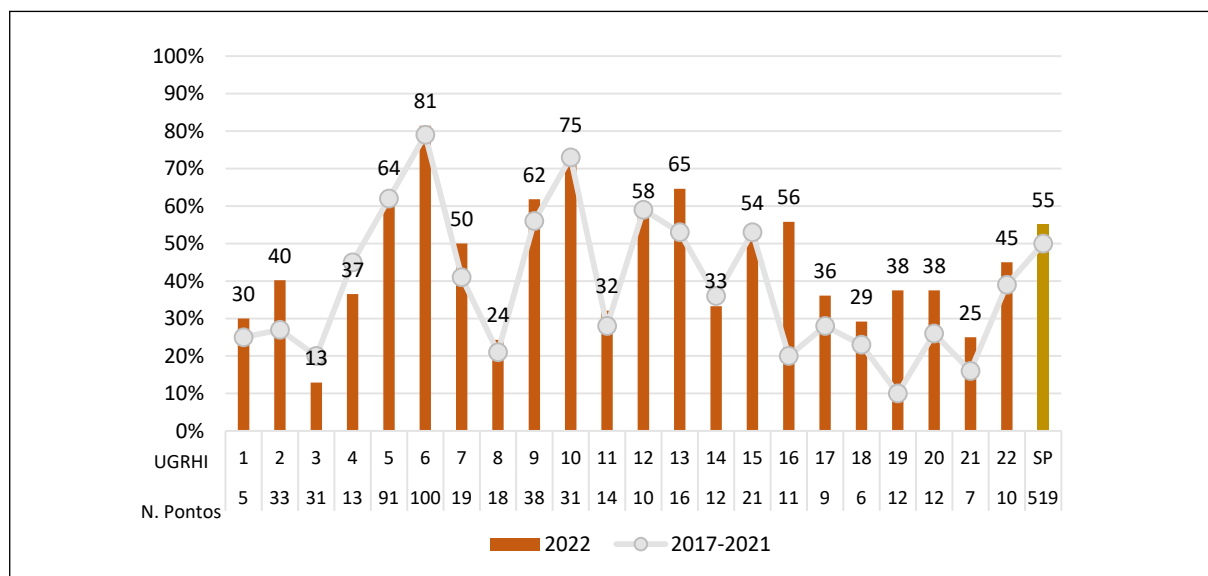
Gráfico 4.6 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Escherichia coli por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos.



4.2.1.2 Fósforo Total

Notou-se, em 2022, um incremento da porcentagem de resultados desconformes na maioria das UGRHIs, em relação à média histórica. Consequentemente, a média do estado foi superior à média histórica. Cinco UGRHIs tiveram mais de 60% dos resultados de fósforo total desconformes para Classe 2, ao passo que duas (UGRHIs 6 e 10) tiveram mais de 70% dos seus resultados desconformes com o padrão de qualidade. Assim, evidencia-se a necessidade de medidas de controle das fontes pontuais e difusas desse nutriente para os corpos hídricos (Gráfico 4.7).

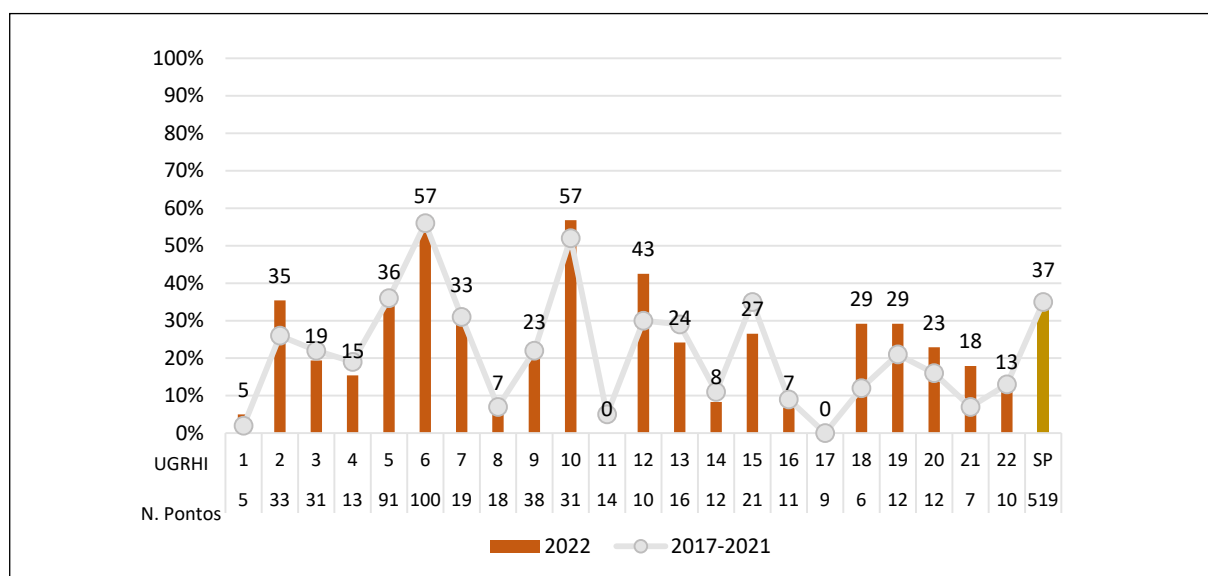
Gráfico 4.7 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Fósforo Total por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos.



4.2.1.3 Oxigênio Dissolvido

As UGRHIs 6 e 10 evidenciaram a situação histórica mais crítica, com 57 % de seus resultados desconformes com o padrão da Classe 2 no estado. As demais UGRHIs tiveram menos de 45% de seus resultados desconformes. Destacam-se as UGRHIs 11 e 17, nas quais todos os resultados de Oxigênio Dissolvido atenderam ao padrão da Classe 2. A média de desconformidades no estado em 2022 manteve-se similar à média histórica dos últimos 5 anos (Gráfico 4.8).

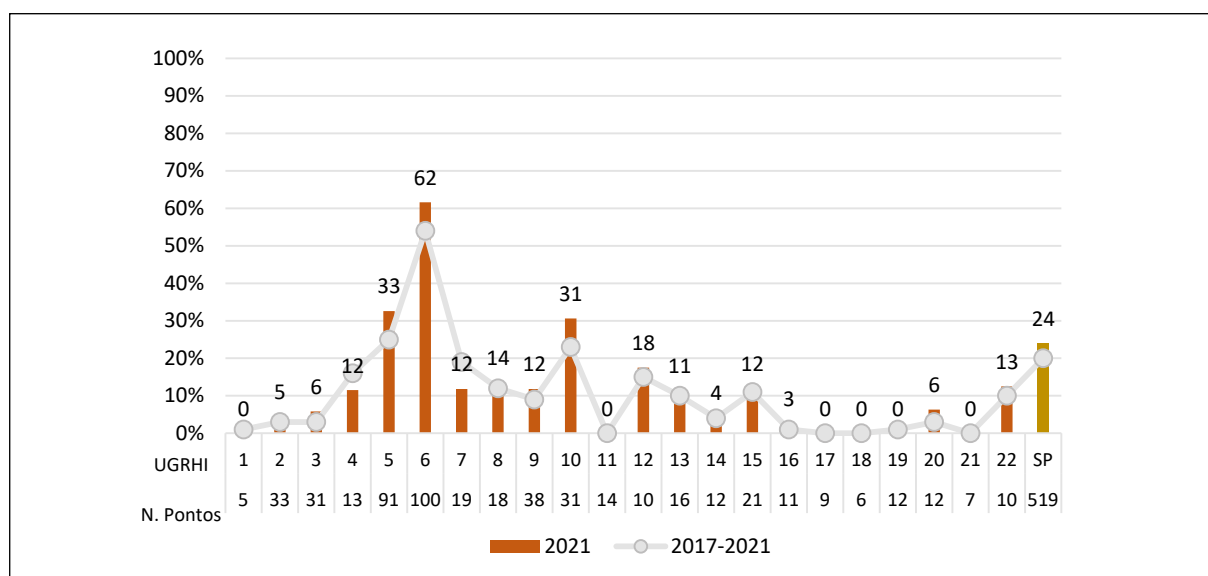
Gráfico 4.8 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Oxigênio Dissolvido por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos. Os valores mostrados correspondem ao ano de 2022.



4.2.1.4 Nitrogênio Amoniacal

Em relação ao Nitrogênio Amoniacal, a maior porcentagem de resultados desconformes foi observada na UGRHI 6 (62%), ao passo que as demais UGRHIs mostraram porcentagens inferiores a 20%, com exceção das UGRHIs 5 (33%) e da UGRHI 10 (31%). As UGRHIs 5, 6 e 10 também se destacaram por apresentar um maior aumento das porcentagens de resultados desconformes em relação à média histórica, o que alavancou a média do estado para um valor um pouco acima da média histórica (Gráfico 4.9).

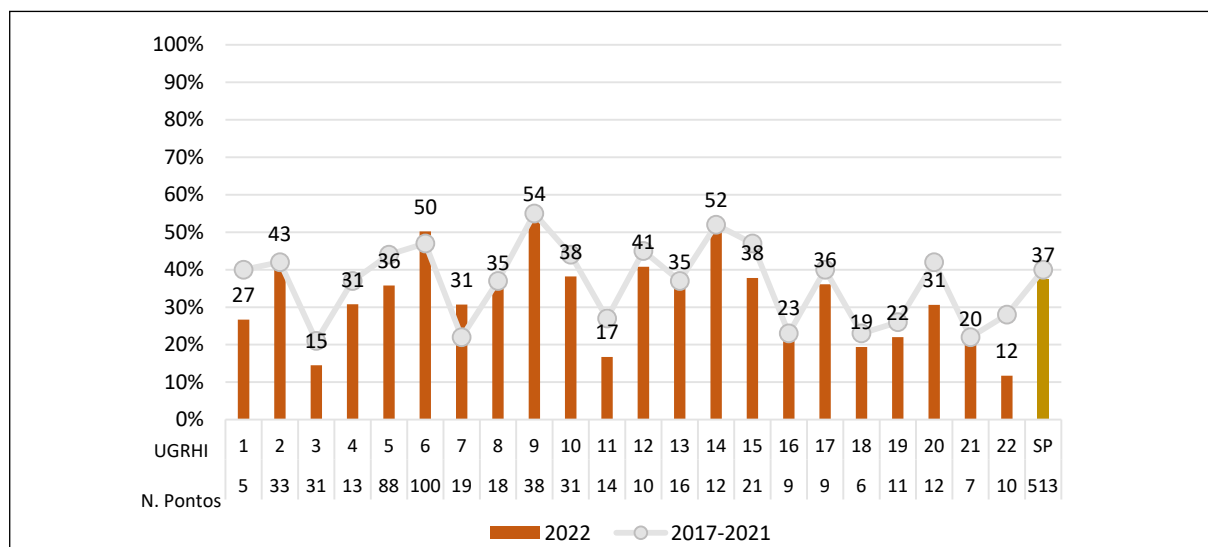
Gráfico 4.9 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Nitrogênio Amoniacal por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos.



4.2.1.5 Ferro, Alumínio e Manganês

Em 2022, a porcentagem de resultados desconformes para essas três variáveis oscilou entre 20 e 54% para a maioria das UGRHIs. No entanto, dezessete UGRHIs tiveram uma menor porcentagem de desconformidades em relação à média histórica. As maiores porcentagens de resultados desconformes foram registradas nas UGRHIs 6, 9 e 14 com 50, 54 e 52%, respectivamente. A média do estado, em 2022, foi praticamente a mesma da média histórica (Gráfico 4.10).

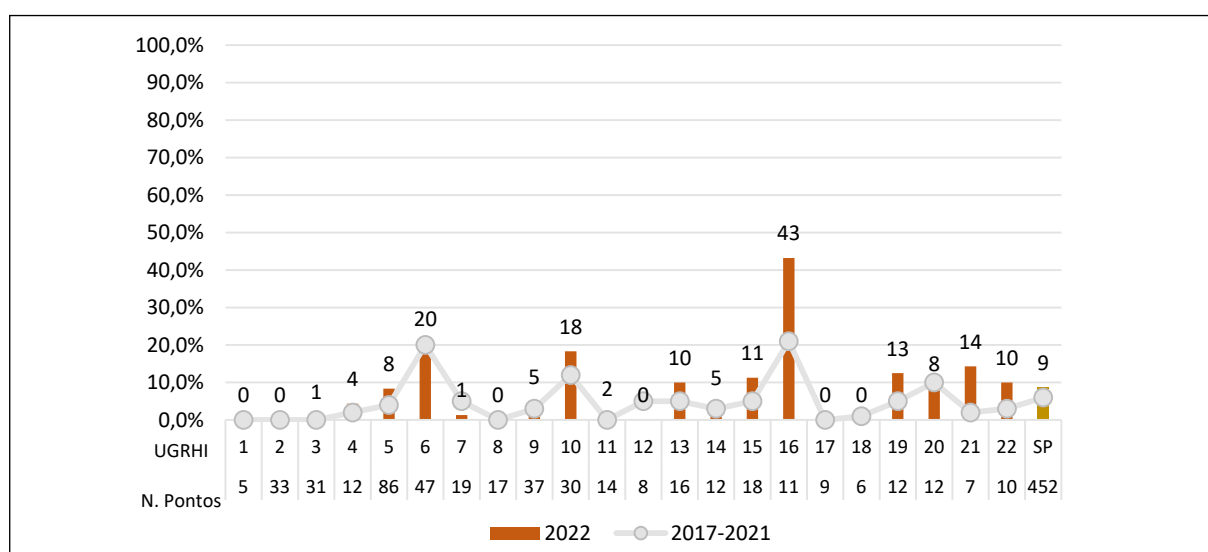
Gráfico 4.10 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Alumínio, Ferro e Manganês por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos.



4.2.1.6 Clorofila a

A UGRHI 16 registrou 43% dos resultados para a Clorofila *a* em desconformidade ao padrão da Classe 2 em 2022, a maior dentre todas as UGRHIs e bem acima do total do estado (Gráfico 4.11). Essa UGRHI também registrou em 2022 um aumento de 22 pontos percentuais de resultados desconformes na comparação com a média histórica, sendo esses resultados em pontos localizados no trecho do médio Tietê e nos seus principais afluentes, aonde tem sido constatada uma piora no estado trófico nos últimos anos. Nas UGRHIs 7, 12, 18 e 20 houve ligeiras reduções nas desconformidades identificadas, de até 5% de redução quando comparado ao período histórico de 5 anos. As UGRHIs 1, 2, 8, 12, 17 e 18 não apresentaram nenhuma desconformidade no ano de 2022, sendo que dessas nas UGRHIs 1, 8 e 17 também não foram identificadas desconformidades no período histórico dos últimos 5 anos.

Gráfico 4.11 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Clorofila *a* por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos.

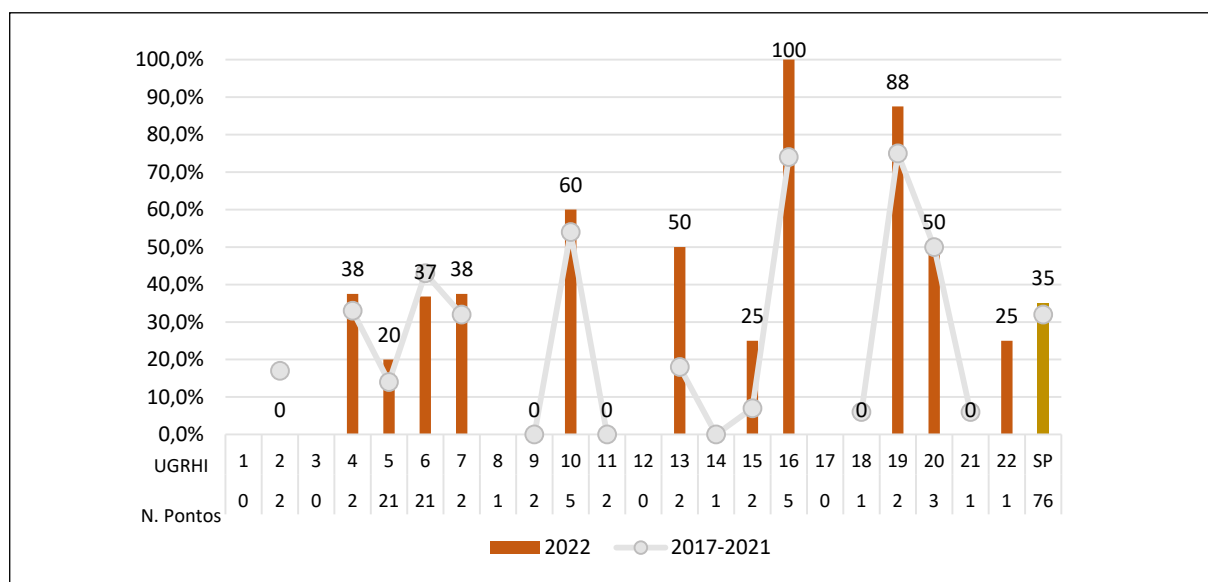


4.2.1.7 Número de Células de Cianobactérias

Em 2022, as maiores porcentagens de desconformidade para o número de células de cianobactérias foram registradas nas UGRHIs 10, 16 e 19, que registraram desconformidades em 60, 100 e 88%, respectivamente, das amostras coletadas de pontos localizados nessas UGRHIs. Essas UGRHIs também registraram aumento nas porcentagens de resultados desconformes em relação à média histórica, principalmente na UGRHI 16, no trecho do médio Tietê e nos seus principais afluentes, aonde tem sido constatada uma piora no estado trófico nos últimos três anos.

Por outro lado, destacam-se as UGRHIs 2, 8, 9, 11, 14, 18 e 21 que não apresentaram desconformidades em 2022. Dessas, a UGRHI 14 é composta por pontos de monitoramento em ambiente exclusivamente lótico e as UGRHIs 2, 8, 11, 18 e 21, exclusivamente lênticos. O valor médio de desconformidades no estado para essa variável em 2022 em relação à média histórica permaneceu estável (Gráfico 4.12).

Gráfico 4.12 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Número de Células de Cianobactérias por UGRHI em 2022 e nos últimos 5 anos.



4.2.2 Porcentagem de resultados desconformes por classe de enquadramento

De acordo com os usos preponderantes de um corpo hídrico, o mesmo é enquadrado numa determinada classe de qualidade, devendo atender às condições e padrões determinados para esta classe (Resolução CONAMA nº 357/2005). No estado de São Paulo, o enquadramento de cada corpo hídrico foi estabelecido pelo **Decreto Estadual nº 10.755/1977 e, alterações são definidas por meio de deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH)**. Cabe destacar a Deliberação CRH nº 202/2017 que referendou a proposta de reenquadramento dos trechos da Classe 4 do Rio Jundiá para Classe 3.

Neste item, são apresentados os resultados de uma análise específica, por meio da qual foram verificadas as porcentagens de atendimento das variáveis monitoradas em relação aos padrões de qualidade para a classe de qualidade de enquadramento atual do corpo hídrico. De forma a subsidiar uma eventual

proposta de reequadramento, a análise foi estendida para verificar o atendimento aos padrões legais de classes de qualidade mais exigentes.

4.2.2.1 Pontos enquadrados na Classe Especial

Os pontos enquadrados na Classe 1 do Decreto Estadual nº 10.755/1977 correspondem a Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005, devendo atender às condições estabelecidas nessa resolução. Assim, para fins de avaliação da qualidade dos trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial, para os quais devem ser mantidas as condições naturais do corpo de água, optou-se pela comparação dos resultados das variáveis monitoradas aos padrões da Classe 1 desta resolução.

Em 2022, foram monitorados 49 pontos em trechos de corpos de água enquadrados na Classe Especial, os quais estão localizados principalmente nos reservatórios de abastecimento público e nos seus formadores. Na Tabela 4.2 são apresentadas as porcentagens de atendimento ao padrão da Classe 1 calculadas a partir dos resultados das variáveis obtidos em 2022 e dos últimos 5 anos (2017 a 2021) a partir de pontos localizados em trechos de rios e reservatórios da Classe Especial.

Tabela 4.2 – Porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2022 e nos últimos 5 anos

Variável	N. Pontos 2022	% Atendimento Classe 1	
		2022	2017-2021
Cobre Dissolvido	49	92	94
Turbidez	49	84	91
Alumínio Dissolvido	49	82	82
Nitrogênio Amoniacal	49	81	90
Subst. Tensoat. reagem c/ Azul Metileno	49	80	98
Clorofila-a	40	72	73
Ens. Ecotoxic. C/ Ceriodaphnia dubia	38	72	72
Manganês Total	49	72	84
Número de Células de Cianobactérias	22	63	55
Fósforo Total	49	59	62
Oxigênio Dissolvido	49	56	59
Ferro Dissolvido	49	55	66
Escherichia coli**	49	48	54

Nos pontos enquadrados na Classe Especial, as menores porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 são relacionadas às variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico direta ou indiretamente (*E. coli*, Fósforo Total e Oxigênio Dissolvido), de floração de algas (Número de Células de Cianobactérias) e de Ferro Dissolvido. Na comparação com os últimos 5 anos (2017 a 2021), o parâmetro Número de Células de Cianobactérias foi o único com aumento da porcentagem de atendimentos de acordo com o padrão da Classe 1.

Em relação às variáveis relacionadas com a presença de esgotos domésticos, notadamente *Escherichia coli*, a UGRHI 6 se destacou com 14 sistemas hídricos da Classe Especial que não atenderam ao padrão Classe 1 em nenhuma das amostragens realizadas durante o ano de 2022, majoritariamente localizados nos afluentes

do Reservatório Guarapiranga. Esses resultados do monitoramento reforçam a necessidade de melhorias ou ampliações nas ETEs visando a redução da carga orgânica remanescente nos recursos hídricos dessa UGRHI. Ainda nessa UGRHI, estão pontos de monitoramento localizados nos Reservatórios Guarapiranga e Taiaçupeba, onde são verificados valores elevados das variáveis hidrobiológicas (Número de Células de Cianobactérias e Clorofila *a*), reforçando a alteração da qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes. Também, seguindo a tendência histórica, nos Reservatórios Guarapiranga e Taiaçupeba são quantificadas concentrações de Cobre Dissolvido acima do padrão de qualidade, podendo estar relacionado ao uso de algicidas para controle de florações de algas.

Desconformidades para as variáveis Alumínio e Ferro Dissolvido e Manganês Total foram verificadas, sobretudo na UGRHI 6, nos afluentes das Represas Billings e Guarapiranga, na represa Taiaçupeba e afluentes, entre outros. Na UGRHI 5, no Reservatório Jaguari e afluentes, além do Rio Jundiá-Mirim e Represa Atibainha, na UGRHI 5. Tais parâmetros acima dos padrões podem indicar a ausência de cobertura de matas ciliares, que auxiliam na estabilidade do solo contra processos erosivos e na retenção de partículas, impedindo o seu aporte para os corpos d'água.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.2 atenderam aos padrões de qualidade entre 99% e 100% das amostras.

4.2.2.2 Pontos enquadrados na Classe 2

Em 2022, foram monitorados 348 pontos em trechos de corpos de água enquadrados na Classe 2. Na Tabela 4.3 são apresentadas as porcentagens de atendimento ao padrão das Classes 1 e 2 desses pontos.

Tabela 4.3 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2022 e nos últimos 5 anos.

Variável	N. Pontos 2022	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2	
		2022	2017-2021	2022	2017-2021
Sulfato Total	348	96	97	96	97
Cloreto Total	348	95	95	95	95
Turbidez	348	85	83	95	95
Sólido Dissolvido Total	348	94	95	94	95
Surfactantes	344	94	97	94	97
Clorofila-a	341	81	86	92	95
Nitrogênio Amoniacal	348	88	92	88	92
Cor Verdadeira	170	-	-	79	79
Manganês Total	344	79	79	79	79
Ens. Ecotoxic. C/ Ceriodaphnia dubia	239	78	84	78	84
Alumínio Dissolvido	344	75	67	75	67
Oxigênio Dissolvido	348	56	60	68	72
Número de Células de Cianobactérias	50	48	57	59	67
Fósforo Total	348	52	58	53	59
Escherichia coli	348	27	24	52	48
Ferro Dissolvido	344	43	40	43	40

Na Classe 2 estão enquadrados a maior parte dos corpos hídricos monitorados no estado (67%). Dessa forma, prevaleceram em 2022 e nos últimos 5 anos, menores porcentagens de atendimento para as variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico (*Escherichia coli*, Oxigênio Dissolvido, Fósforo Total), dos metais de origem edáfica Ferro e Alumínio Dissolvido e da variável Número de Células de Cianobactérias, que está associada ao enriquecimento por Fósforo Total, principalmente em pontos localizados em ambientes lênticos.

Em relação à média histórica, destacou-se uma maior porcentagem de atendimento para as variáveis Alumínio Dissolvido, *Escherichia coli* e Ferro Dissolvido, em 2022 e uma menor porcentagem para as variáveis Nitrogênio Amoniacal e ensaio ecotoxicológico com *C. dubia*, o que merece atenção nas próximas campanhas de monitoramento.

Desconformidades para Cloreto, Sulfato e Sólidos Dissolvidos foram verificadas em pontos de rios litorâneos (UGRHIs 3, 7 e 11), principalmente onde há influência da maré, porém também foram verificados valores elevados de Sulfato e Sólidos Dissolvidos no ribeirão São Bento (UGRHI 10), de Sulfato no Rio Claro na UGRHI 5 e de Sólidos Dissolvidos no Rio Pirajibú (UGRHI 10).

Em relação ao Número de Células de Cianobactérias, as menores porcentagens de atendimentos para o ano 2022, de acordo com o padrão estabelecido para a Classe 2, foram identificadas em ambientes lênticos, com destaque para pontos de monitoramento localizados no Reservatório de Salto Grande, na UGRHI 5, nos reservatórios de Barra Bonita e de Itupararanga, na UGRHI 10, na Represa do Broa, na UGRHI 13, no braços do Ribeirão da Fartura e do Rio Barra Mansa, no Córrego do Esgotão e no Reservatório de Promissão, na UGRHI 16, no Braço do Ribeirão Santa Bárbara, na UGRHI 19 e no Reservatório Cascata, na UGRHI 20.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.3 atenderam ao padrão de qualidade da Classe 2 entre 98 e 100% das amostras.

4.2.2.3 Pontos enquadrados na Classe 3

Em 2022, foram monitorados 47 pontos em trechos de rios enquadrados na Classe 3. As porcentagens de atendimento aos padrões de qualidade das Classes 1, 2 e 3 de pontos localizados em trechos de rios e reservatórios da Classe 3 constam na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005. (Continua)

Variável	N. Pontos 2022	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2		% Atendimento Classe 3	
		2022	2017-2021	2022	2017-2021	2022	2017-2021
Cobre Dissolvido	45	96	94	96	94	97	96
Manganês Total	45	54	50	54	50	97	98
Níquel Total	45	97	96	97	96	97	96
Nitrogênio-Nitrito	47	97	99	97	99	97	99
Cloreto Total	47	96	97	96	97	96	97
Clorofila-a	45	74	81	91	95	96	99
Sólido Dissolvido Total	47	96	95	96	95	96	95
Ens. Ecotoxic. C/ Ceriodaphnia dubia	29	78	81	78	81	93	95
Turbidez	47	77	75	93	93	93	93

Tabela 4.4 – Percentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005. (Conclusão)

Variável	N. Pontos 2022	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2		% Atendimento Classe 3	
		2022	2017-2021	2022	2017-2021	2022	2017-2021
Alumínio Dissolvido	45	72	62	72	62	83	78
Cor Verdadeira	19	-	-	78	79	78	79
Nitrogênio Amoniacal	47	50	56	50	56	73	82
Surfactantes	45	66	70	66	70	66	70
Oxigênio Dissolvido	47	43	42	53	53	59	62
Escherichia coli	47	2	4	11	13	22	23
Fósforo Total	47	16	18	16	18	18	25

Os rios de Classe 3 monitorados pela CETESB localizam-se predominantemente nas UGRHIs 6 (afluentes do Rio Tietê e na bacia do Rio Cotia), 5 (Rio Jundiá e Rio Quilombo) e 13 (nas bacias dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu).

Destacaram-se as variáveis e Fósforo Total e *Escherichia coli*, com baixa percentagem de atendimento aos padrões da Classe 3 (18 e 22%, respectivamente) e a diminuição da percentagem de atendimento aos padrões da Classe 3, de Fenóis Totais, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total em relação à média histórica.

Dentre as não conformidades associadas à variável Fósforo Total, destacam-se as concentrações acima do padrão em todos os pontos de monitoramento inseridos no trecho Classe 3 do Rio Jundiá (com máximo de 5 mg/L no JUNA 03200).

As demais variáveis monitoradas e que possuem padrão de qualidade atenderam entre 98% e 100% aos padrões de qualidade da Classe 3.

4.2.2.4 Pontos enquadrados na Classe 4

Em 2022 foram monitorados 71 pontos em trechos de rios enquadrados na Classe 4. As percentagens de atendimento aos padrões de qualidade das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos localizados em trechos de rios da Classe 4 constam na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Percentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nos últimos 5 anos. (Continua)

Variável	N. Pontos 2022	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2		% Atendimento Classe 3		% Atendimento Classe 4	
		2022	2017-2021	2022	2017-2021	2022	2017-2021	2022	2017-2021
Cor Verdadeira	1	-	-	100	93	96	95	-	-
Ens. Ecotoxic. C/ Ceriodaphnia dubia	12	57	76	57	76	96	95	-	-
Nitrogênio-Nitrito	71	95	97	95	97	95	97	-	-
Turbidez	71	68	65	95	94	95	94	-	-
Crômio Total	71	94	94	94	94	94	94	-	-
Cobre Dissolvido	71	84	89	84	89	88	97	-	-
Alumínio Dissolvido	71	74	73	74	73	87	88	-	-

Tabela 4.5 – Percentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nos últimos 5 anos. (Conclusão)

Variável	N. Pontos 2022	% Atendimento Classe 1		% Atendimento Classe 2		% Atendimento Classe 3		% Atendimento Classe 4	
		2022	2017-2021	2022	2017-2021	2022	2017-2021	2022	2017-2021
Níquel Total	71	86	88	86	88	86	88	-	-
Fenóis Totais	60	46	55	46	55	80	81	99	100
Nitrogênio Amoniacal	71	31	31	31	31	60	59	-	-
Oxigênio Dissolvido	71	24	22	32	31	45	40	61	58
Surfactantes	71	44	48	44	48	44	48	-	-
Escherichia coli	71	1	1	9	5	14	11	-	-
Fósforo Total	71	10	11	10	11	11	15	-	-
Escherichia coli	47	2	4	11	13	22	23		
Fósforo Total	47	16	18	16	18	18	25		

As variáveis monitoradas em 2022 e que possuem padrão de qualidade para a Classe 4 são Oxigênio Dissolvido, pH e Fenóis Totais. Os pontos enquadrados na Classe 4 atenderam ao padrão da Classe 4 em 100% das amostras para o pH, em 99% das amostras para Fenóis e em 61% das amostras para Oxigênio Dissolvido. Comparados aos últimos cinco anos (2017-2021), não foram verificadas alterações para a porcentagem de atendimentos do parâmetro pH. Entretanto, uma ligeira redução no atendimento de Fenóis Totais foi identificada (três pontos com uma das amostragens trimestrais em desconformidade no ano 2022: CORU 04950, NINO 04900 e TAMT 04600), ao passo que constatou-se um aumento de três pontos percentuais no atendimento ao padrão de Oxigênio Dissolvido.

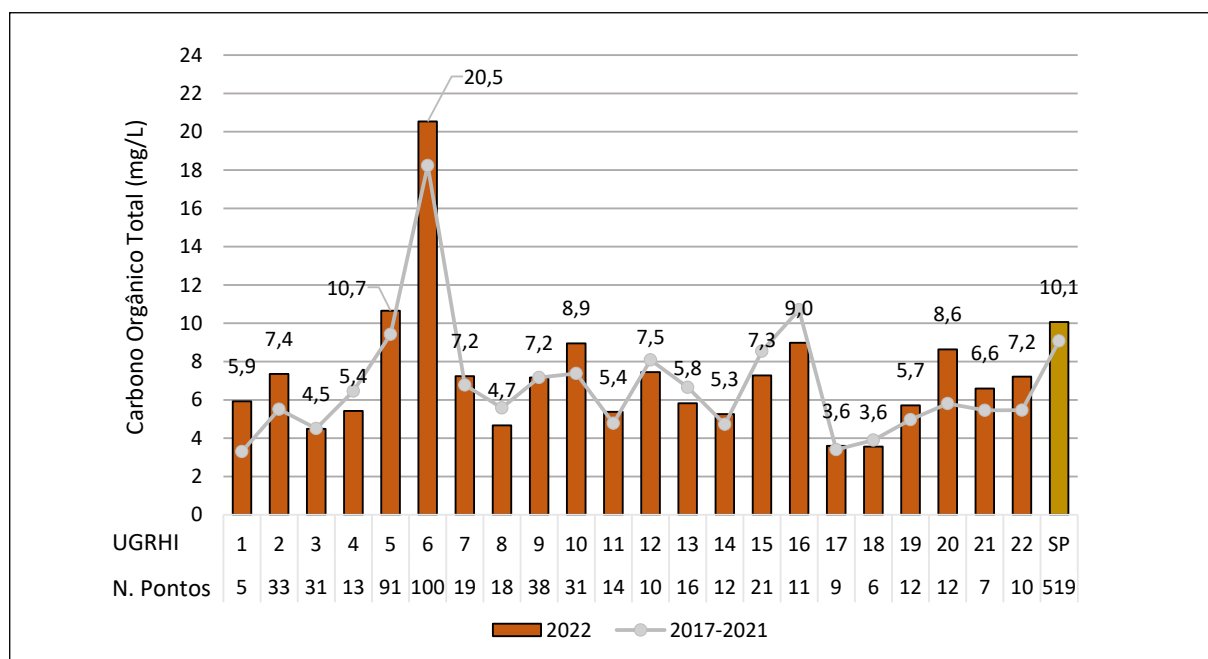
Cabe comentar que a porcentagem de Oxigênio Dissolvido diminuiu para 45 e 32% se comparado aos padrões das Classes 2 e 3, respectivamente, indicando que a maioria dos rios Classe 4 no estado não são adequados para a proteção da vida aquática.

As demais variáveis não possuem padrão para a Classe 4, mas verifica-se a qualidade comprometida, principalmente pela presença de variáveis associadas ao lançamento de esgotos domésticos. Constata-se que o atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 é muito baixo para as variáveis *E. coli* e Fósforo Total.

Todos os quatro pontos de monitoramento nos trechos Classe 4 do Rio Tietê (TIET 04150, TIET 04170, TIET 04180 e TIET 04200) não apresentaram nenhum valor de Oxigênio Dissolvido em conformidade com o padrão da Classe 4 (mínimo de 2,0 mg/L).

4.2.3 Avaliação dos teores de COT nos Corpos de Água

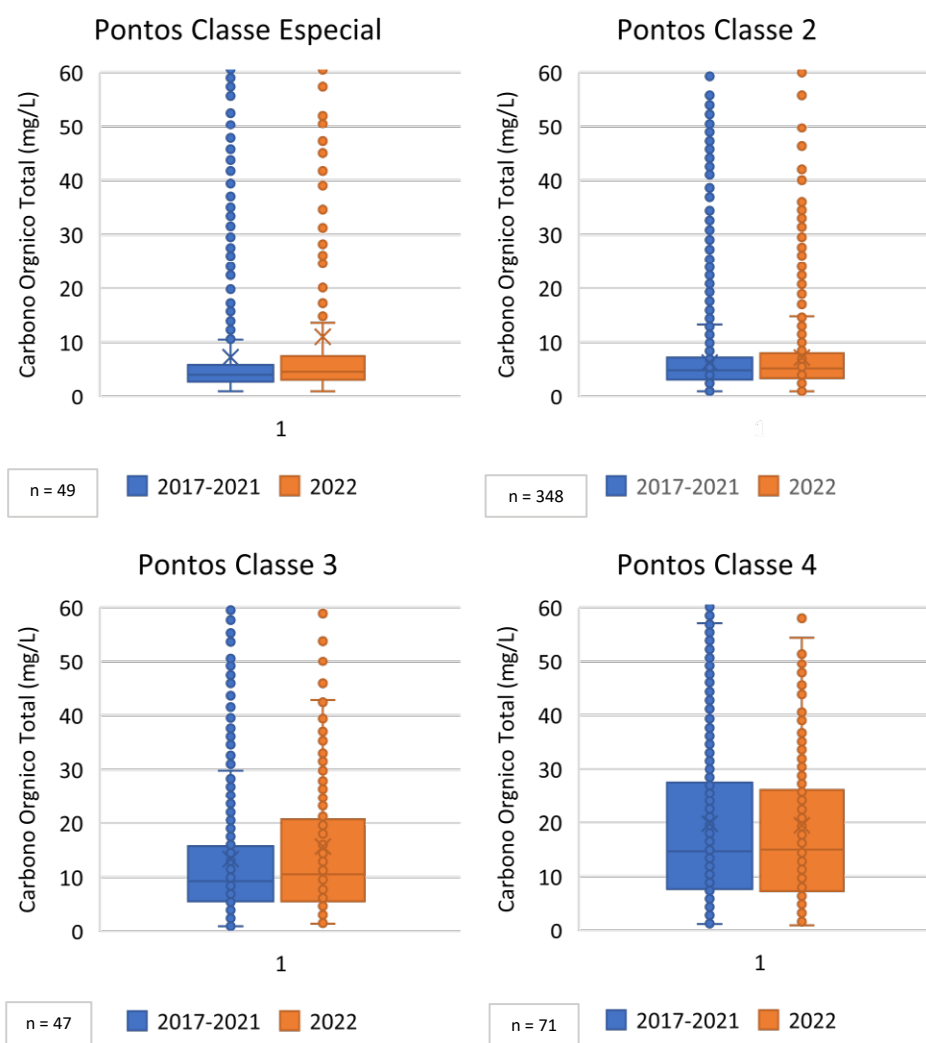
O Gráfico 4.13 apresenta a concentração média de COT por UGRHI em 2022 em comparação com os últimos 5 anos (2017 a 2021) e a Figura 4.1, contendo a distribuição das concentrações de COT dos corpos hídricos, agrupados por sua respectiva classe de enquadramento.

Gráfico 4.13 – Concentração média de COT por UGRHI em 2022 e no período de 2017 a 2021

A UGRHI 6 apresentou a maior média para a concentração de COT, seguida pelas UGRHIs 5, 10 e 16, que abrangem a vertente do Rio Tietê. As menores concentrações médias foram observadas nas UGRHIs 3, 8, 17 e 18, que obtiveram concentração média abaixo de 5 mg/L.

Em 13 das 22 UGRHIs as médias de COT foram superiores às médias dos últimos 5 anos, o que influenciou na concentração média de COT no Estado, que em 2022 também ficou acima dos últimos 5 anos.

A Figura 4.1 apresenta um diagrama Box-Plot, que permite visualizar a distribuição das concentrações de COT dos corpos hídricos, agrupados por sua respectiva classe de enquadramento. O Box-plot ou diagrama de caixa, é uma ferramenta na qual é possível visualizar a distribuição de dados com a indicação do mínimo, primeiro quartil (25% dos dados), mediana, terceiro quartil (75% dos dados), máximo, média e os valores atípicos (outliers).

Figura 4.1 – Box-plot dos resultados de COT por classe de enquadramentos em 2022 e nos últimos 5 anos

Constata-se que as medianas das concentrações de COT são mais elevadas em rios das Classes 3 e 4. Em rios das Classes Especial e 2, as medianas são inferiores a 10 mg/L.

Nota-se que a mediana das concentrações de COT em rios de Classe 3 em 2022 foram mais elevadas do que nos últimos 5 anos.

5 • Índices de Qualidade das Águas

Nesse capítulo é apresentada uma síntese da qualidade das águas no estado de São Paulo a partir dos índices de qualidade. A metodologia de cálculo dos índices de qualidade de água encontra-se no Apêndice D. Os resultados são apresentados por meio de mapas, o que permite uma avaliação da distribuição espacial da qualidade, incluindo um agrupamento por UGRHI. A avaliação temporal é realizada por meio da comparação do resultado de 2022 com a média histórica, permitindo estabelecer as áreas prioritárias e constatar possíveis tendências ocorridas nos últimos 5 anos.

Os resultados do monitoramento e dos índices de qualidade podem ser consultados no **Apêndice L**, que contém:

- Médias de 2022 e de 2017 a 2021 das principais variáveis de qualidade;
- Porcentagem dos resultados não conformes em 2022 e de 2017 a 2021;
- Resultados mensais e média anual do IQA – 2022;
- Resultados mensais e média anual do IAP – 2022;
- Resultados mensais e média anual do IET – 2022;
- Resultados mensais e média anual do IVA – 2022;
- Resultados mensais e média anual do ICF – 2022;
- Valores mensais de microcistina e saxitoxina – 2022;
- Resultados mensais e média anual do ICZ – 2022;
- Resultados mensais e média anual do IB – 2022;
- Qualidade do sedimento por UGRHI e pontos de coleta – 2022;
- Porcentagem de operação das Estações Automáticas – 2022;
- Porcentagem de atendimento das médias horárias das Estações Automáticas – 2022, e
- Registros mensais de mortandade de peixes por UGRHI – 2022.

Outros resultados podem ser consultados nos demais apêndices desse relatório:

- Apêndice B – Dados brutos das variáveis de qualidade por ponto de amostragem
- Apêndice M – Médias anuais dos índices de qualidade de água de 2017 a 2022
- Apêndice O – Perfis de Oxigênio Dissolvido e Temperatura - 2022.

No cálculo das médias anuais dos índices de qualidade, foram considerados os pontos que dispuseram de, pelo menos, 3 resultados em 2022.

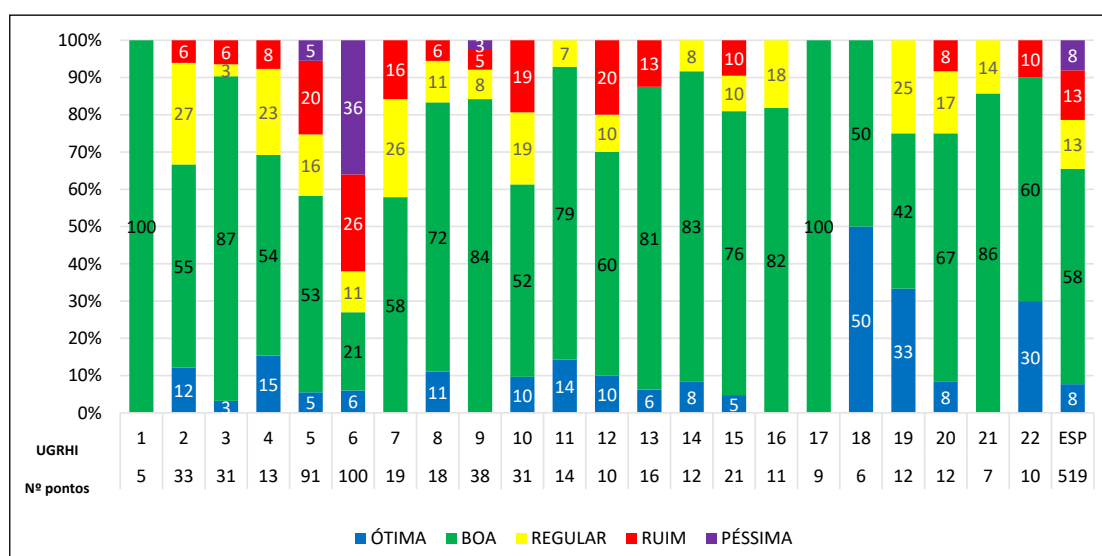
Não se utilizou os resultados dos índices de 2020 na análise de evolução temporal por ano, uma vez que a quantidade de pontos foi bem inferior ao total de pontos de monitoramento da Rede Básica na série histórica.

5.1 Índice de Qualidade das Águas – IQA

5.1.1 Distribuição percentual das categorias do IQA

O Gráfico 5.1 exibe a distribuição percentual das categorias do IQA, em cada uma das 22 UGRHs do estado de São Paulo, calculados a partir da distribuição de suas médias anuais, para cada ponto de amostragem, em 2022. Foram considerados os 519 pontos da Rede Básica em 2022.

Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2022



As categorias Ótima, Boa e Regular contabilizaram 79% dos pontos monitorados no estado. Na Ótima, correspondente a 8% dos pontos, classificaram-se aqueles localizados nos braços e reservatórios, rios de divisa do estado e foz do Rio Tietê. Destacam-se a UGRHI 18, com todos os seus pontos classificados apenas nas categorias Ótima e Boa (50% em cada uma dessas categorias) e as UGRHs 1 e 17, com 100% de seus pontos classificados na categoria Boa.

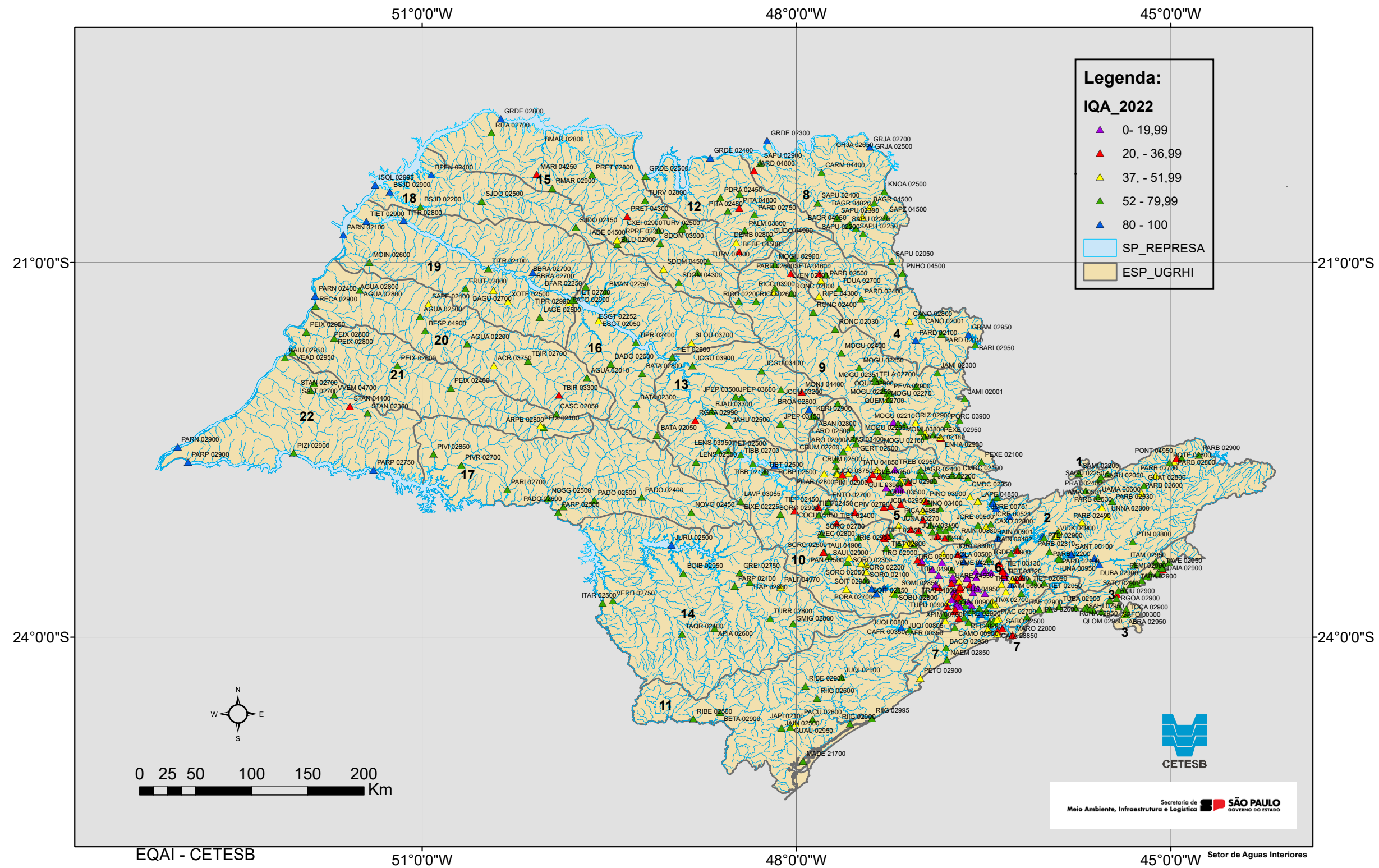
Nas categorias Ruim e Péssima foram catalogados 21% dos pontos. Destaca-se a UGRHI 6, com 62% de seus pontos nessas categorias. Essa UGRHI engloba o Rio Tietê, na RMSP e seus afluentes diretos e indiretos – bacias dos rios Pinheiros, Tamanduateí e Cotia – e tributários dos mananciais das represas Billings e Guarapiranga.

Nas UGRHs 5, 10 e 7, com classificação Ruim e Péssima, a maioria dos pontos encontra-se em trechos e afluentes dos rios Capivari, Jundiá e Piracicaba e afluentes do Rio Atibaia (UGRHI 5), no Rio Tietê e no Rio das Conchas (UGRHI 10), além dos rios Catarina Moraes, Santo Amaro e Saboó, na UGRHI 7. Tal classificação foi influenciada, principalmente, pela elevada carga orgânica remanescente decorrente principalmente da presença de efluentes domésticos. Ressalta-se que outros lançamentos, carências nos sistemas de saneamento municipais e cargas difusas também impactam negativamente a qualidade da água. É necessária especial atenção à qualidade da água nos formadores dos mananciais utilizados para abastecimento.

Além dos pontos das UGRHs 1, 17 e 18, nenhum ponto das UGRHs 11, 14, 16, 19 e 21 classificou-se nas categorias Ruim ou Péssima.

Mapa 5.1 – Médias anuais do IQA para o ano de 2022

IQA-Índice de Qualidade de Água-Média 2022 (519 pontos)

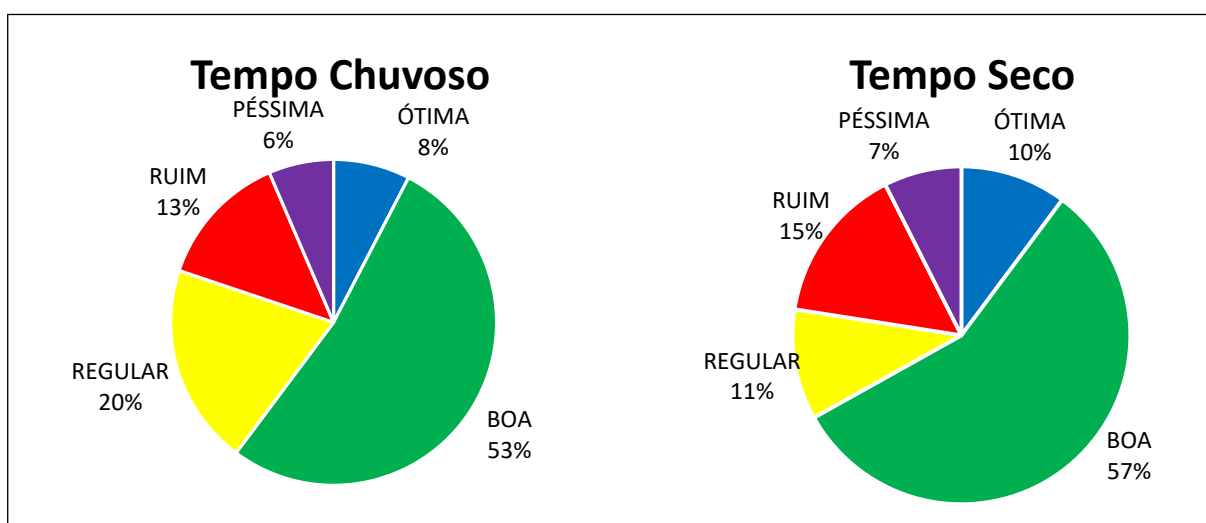


5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IQA

A influência da sazonalidade na classificação do IQA é mostrada na Figura 5.1, por meio das comparações da distribuição nas faixas de qualidade do IQA, nos períodos de maior (outubro a março) e menor (abril a setembro) precipitação.

Em 2022, a precipitação anual mostrou-se mais similar à média histórica (1.370 mm em 2022, frente à uma média histórica de 1.392 mm). Nota-se que o verão e a primavera de 2022 foram bastante chuvosos, com valores de chuva acima da média histórica nos meses de janeiro e dezembro (verão) e agosto e setembro (primavera), com exceção de fevereiro, abaixo da média. Ao mesmo tempo, percebe-se que o outono e inverno foram mais secos, com chuvas abaixo da média de abril a julho, sendo julho muito mais seco.

Figura 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA em função da época do ano (2022)



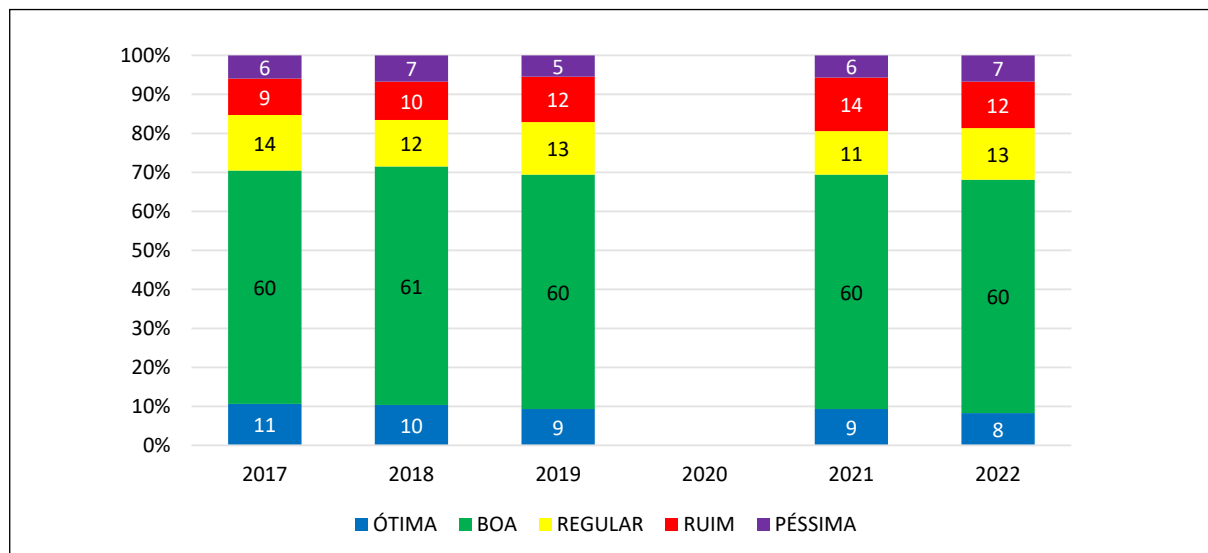
As alterações de qualidade da água relativas à sazonalidade indicam a influência das cargas difusas com aporte de poluentes, em intervalos intermitentes, relacionados primariamente à ocorrência da pluviometria. Entretanto, em bacias com corpos hídricos muito poluídos, a carga difusa exerce pouca influência, sendo a chuva um fator de diluição dos contaminantes. Em 2022, a distribuição do IQA entre os períodos seco e chuvoso foi muito semelhante, sendo observado um aumento da categoria Regular no período chuvoso, o que pode estar relacionado ao aporte de carga orgânica de origem difusa.

O **Apêndice P** formula uma análise mais específica do comportamento da qualidade com a vazão nos principais corpos hídricos em 2022.

5.1.3 IQA entre 2017 e 2022

O Gráfico 5.2 mostra a evolução anual do IQA por categoria (2017 a 2022). Para o cálculo da média anual, computou-se os 386 pontos com dados disponíveis.

Gráfico 5.2 – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2017 a 2022



* Excluiu-se a classificação de 2020 em função do reduzido número de pontos válidos (apenas 179) para o cálculo do IQA, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19.

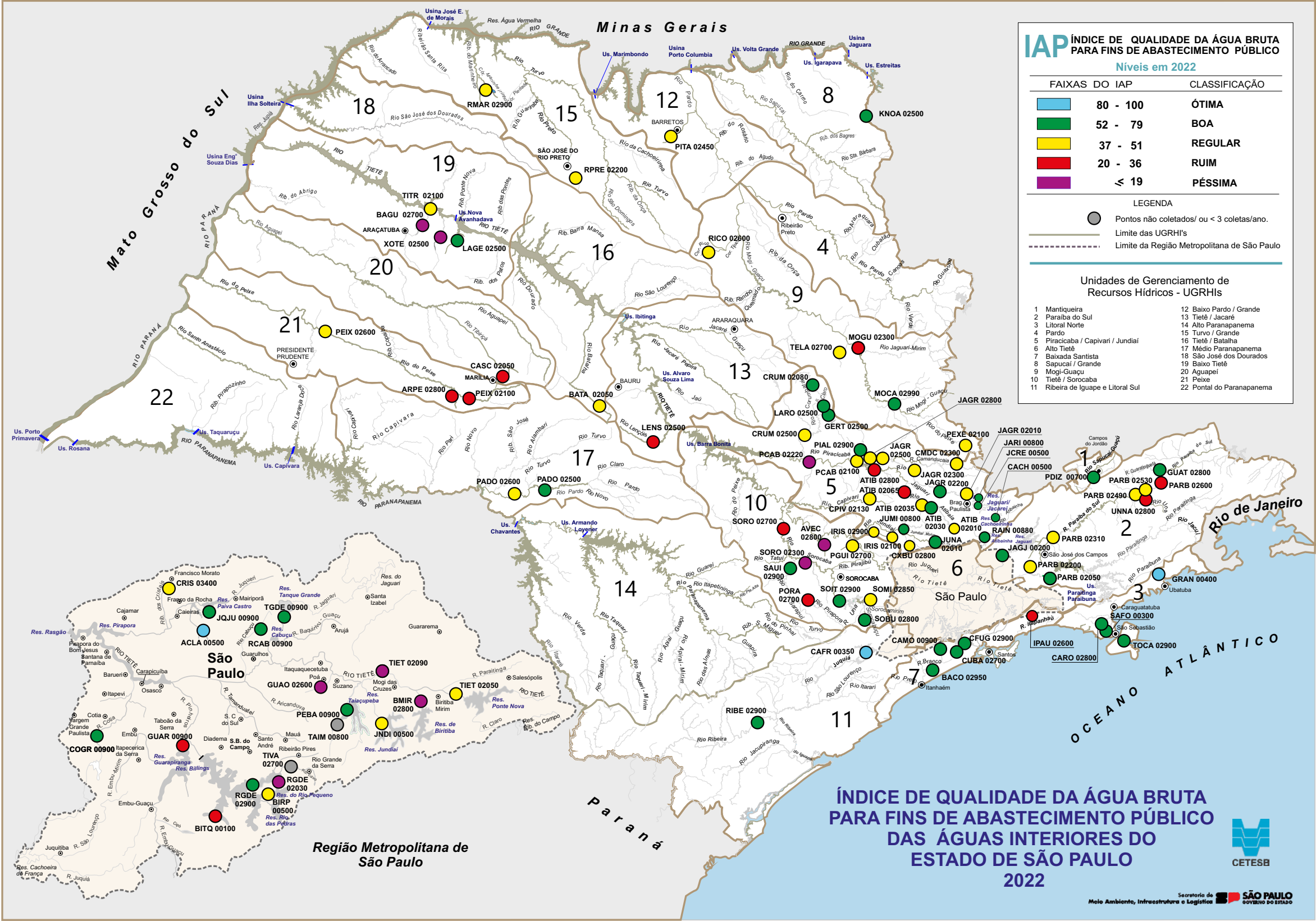
A distribuição do IQA em 2022, por categoria, mostra porcentagem semelhante de classificação Boa e Ótima (68%), na comparação com os últimos 5 anos (entre 69 e 71%).

5.2 Índice de Qualidade de Água para fins de Abastecimento Público – IAP

O IAP foi calculado em todos os 96 pontos da Rede Básica coincidentes com captações para abastecimento público, incluindo também os pontos de transferência para outros mananciais.

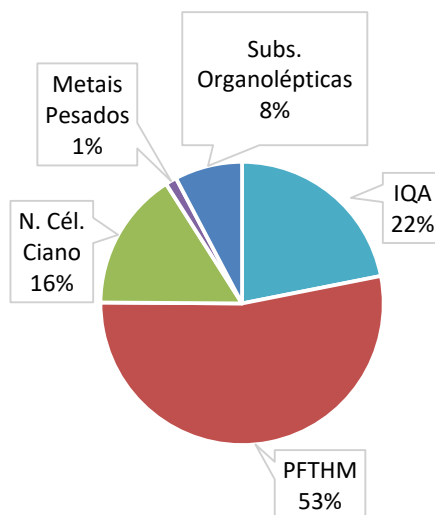
O Mapa 5.2 aponta a localização dos pontos e a classificação anual do IAP em 2022.

Mapa 5.2 – Médias anuais do IAP em 2022



O Gráfico 5.3 mostra as variáveis que mais influenciaram o resultado do IAP em 2022. Constatou-se uma maior influência do Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM), seguido pelo IQA e pelo Número de Células de Cianobactérias.

Gráfico 5.3 – Influência das variáveis na classificação do IAP - 2022



Os resultados do PFTHM associam-se ao carreamento de matéria orgânica (particulada ou dissolvida) para os corpos hídricos, principalmente na época chuvosa (outubro a março). Em 2022, o PFTHM influenciou negativamente 66 captações em ao menos uma campanha, totalizando 124 resultados mensais do IAP. Desses, 30 foram classificados na categoria Ruim e 86 na Péssima. As captações que tiveram a classificação do IAP negativamente influenciada pelo PFTHM, em todas as campanhas, constam na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo PFTHM em todas as campanhas

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
5	Rio Piracicaba	PCAB 02220	Piracicaba
6	Rio Biritiba-Mirim	BMIR 02800	Biritiba Mirim
6	Rio Guaió	GUAO 02600	Transposição Alto Tietê
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00900	São Paulo
6	Reservatório do Rio Grande	RGDE 02030	Transposição Rio Grande
10	Rio Sorocaba	SORO 02300	Cond. Faz. Boa Vista
19	Ribeirão Baguaçu	BAGU 02700	Araçatuba
19	Córrego do Baixote	XOTE 02500	Birigui
21	Reservatório do Arrependido	ARPE 02800	Marília

O Número de Células de Cianobactérias (NCC) foi medido em 41 pontos de captação. Em 15 pontos mensurou-se valores de NCC acima de 50.000 céls/mL em, pelo menos, uma campanha, o que influenciou negativamente a qualidade da água para fins de abastecimento.

Na Tabela 5.2 estão assinalados os mananciais cuja classificação do IAP foi influenciado negativamente pelo NCC.

Tabela 5.2 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo Número de Células de Cianobactérias – NCC, em pelo menos uma campanha

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO	Núm.*	Máx. NCC (cél mL ⁻¹)
5	Reservatório do Rio Cachoeira	CACH 00500	Sistema Cantareira	2	101.062
5	Reservatório Jaguari - UGRHI 05	JARI 00800	Sistema Cantareira	2	133.432
5	Reservatório do Rio Jacaré-UGRHI 05	JCRE 00500	Sistema Cantareira	3	130.867
5	Ribeirão Jundiá-Mirim	JUMI 00800	Jundiá	1	52.304
5	Rio Piracicaba	PCAB 02220	Piracicaba	2	75.885
5	Represa do Rio Atibainha	RAIN 00880	Nazaré Paulista / Sistema Cantareira	1	54.052
6	Braço do Rio Pequeno	BIRP 00500	Transposição Rio Grande	4	150.783
6	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ 00100	Transposição Guarapiranga	4	284.666
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00900	Manancial RMSP	1	58.503
6	Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro	JQUJ 00900	Mairiporã / Sistema Cantareira	1	50.903
7	Canal de Fuga II da UHE Henry Borden	CFUG 02900	Afluência do Rio Cubatão (Baixada Santista)	3	90.381
10	Reservatório Itupararanga	SOIT 02900	Votorantim e Região	4	210.854
15	Reservatório do Córrego Marinheirinho	RMAR 02900	Votuporanga	2	473.716
19	Reservatório de Três Irmãos	TITR 02100	Araçatuba	3	362.307
20	Reservatório Cascata	CASC 02050	Marília	4	563.441

* Núm. - Número de amostras com contagem do NCC acima de 50.000 cél/mL

O aumento da densidade desses organismos relaciona-se, entre outros, aos fatores abióticos, tais como nutrientes Fósforo e Nitrogênio, temperatura e luminosidade.

A qualidade da água para fins de abastecimento público relaciona-se ao IQA, através de possíveis contaminações por matéria orgânica. Dessa forma, 31 captações, predominantemente localizadas em rios, classificaram-se na categoria Regular em, pelo menos, uma campanha. A Tabela 5.3. mostra, 3 pontos coincidentes com captações com IQA classificados na categoria Regular em mais da metade das campanhas.

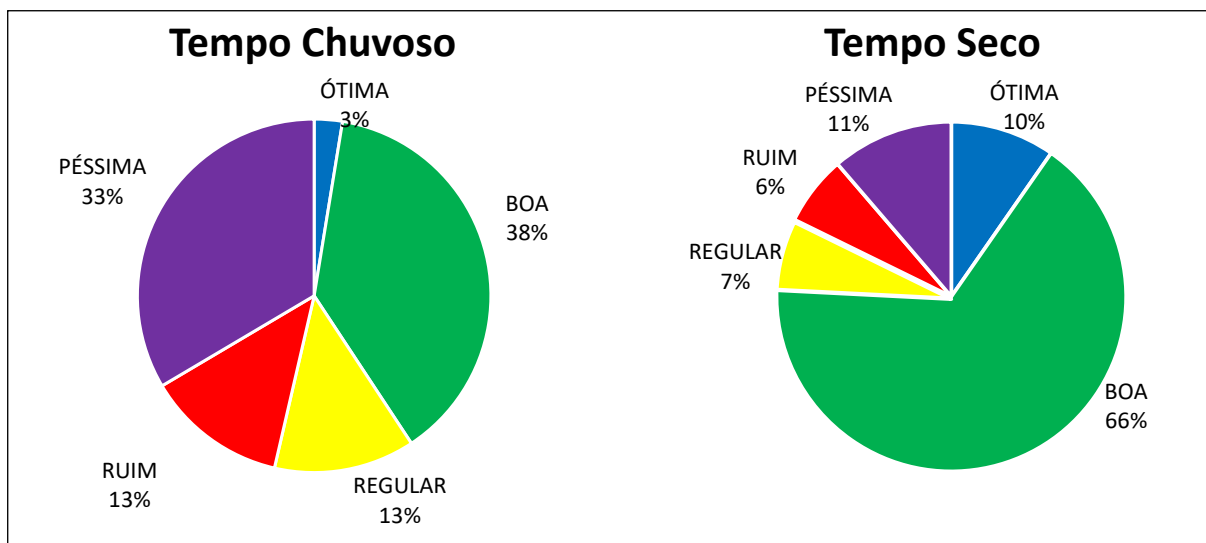
Tabela 5.3 – Mananciais classificados na categoria Regular do IQA em mais da metade das campanhas

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
2	Rio Paraíba do Sul	PARB 02600	Aparecida
10	Rio Pirapora	PORA 02700	Araçoiaba da Serra
10	Rio Sorocaba	SORO 02300	Faz. Boa Vista
19	Ribeirão Bagaçu	BAGU 02700	Araçatuba
21	Rio do Peixe	PEIX 02100	Marília

O grupo das substâncias organolépticas influenciou o resultado em 17 captações, predominantemente no período chuvoso. Destaca-se o Rio Atibaia na captação de Valinhos (ATIB 02035), influenciado em duas campanhas.

5.2.1 Influência da sazonalidade na distribuição porcentual das categorias do IAP

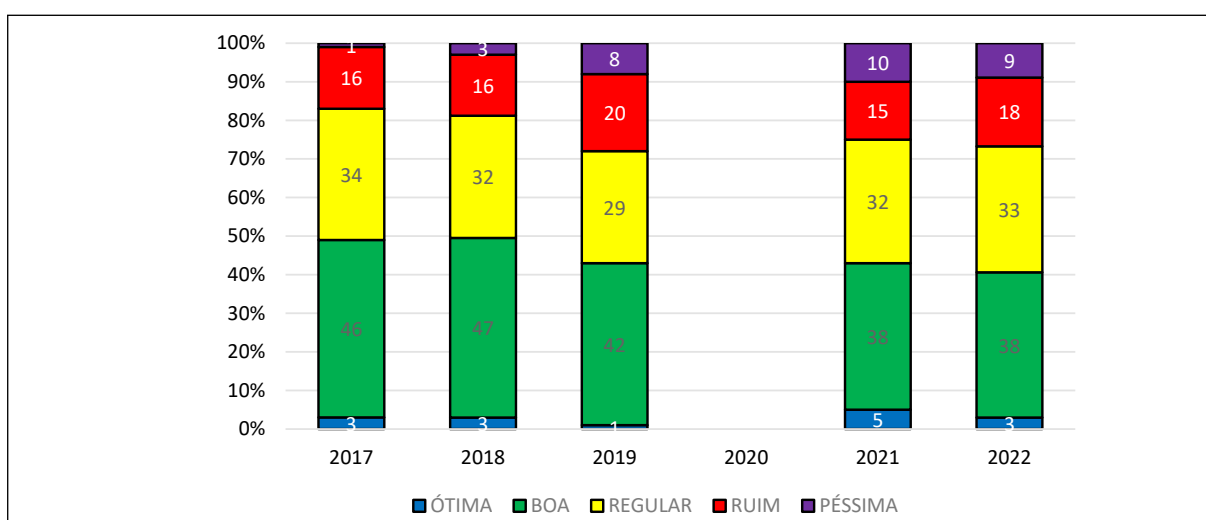
A influência da sazonalidade na classificação do IQA é mostrada na Figura 5.2, por meio das comparações da distribuição nas faixas de qualidade do IAP, nos períodos de maior (outubro a março) e menor (abril a setembro) precipitação.

Figura 5.2 – Distribuição porcentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2022

No geral, evidenciou-se melhor qualidade da água bruta, destinada ao abastecimento público, no período seco, com 76% dos pontos classificados como Boa e Ótima. A piora da qualidade no tempo chuvoso, evidenciado pelo aumento significativo das categorias Ruim e Péssimo, relaciona-se, principalmente, com o Potencial de Formação de Trihalometanos (PFTHM) e com as variáveis Ferro, Alumínio e Manganês, os quais estão associados com o carreamento de material edáfico para os corpos hídricos em eventos de precipitações, processo intensificado pela ausência de mata ciliar.

5.2.2 IAP entre 2017 e 2022

O Gráfico 5.4 exibe a distribuição do IAP no período de 2017 a 2022, para 79 pontos de captação, onde foi possível o cálculo desse índice.

Gráfico 5.4 – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2017 a 2022

* Excluiu-se a classificação em 2020 em função do reduzido número de pontos válidos (apenas 49) para o cálculo do IAP, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19.

Em 2022, entre as 79 captações monitoradas, 74% classificaram-se nas categorias Regular, Boa e Ótima do IAP. Essa distribuição é semelhante a 2021 e 2019, com 72 e 75% dos pontos classificados nas três categorias, respectivamente. Considerando o período de 5 anos, observa-se um maior número de pontos na categoria Péssima do IAP em 2021 e 2022 (Gráfico 5.4), influenciada principalmente pelo aporte de precursores do THM em eventos chuvosos.

Destacam-se 16 captações classificadas nas categorias Ótima e Boa no período de 2017 a 2022:

- Captação de Guaratinguetá (GUAT 02800),
- Reservatório do Jaguari - UGRHI 02 (JAGJ 00200) em Santa Isabel,
- Captação de Santa Branca (PARB 02050),
- Captação de Ubatuba (GRAN 00400),
- Captação de São Sebastião (SAFO 00300),
- Captação de Ilhabela (TOCA 02900),
- Reservatório do Rio Cachoeira (CACH 00500),
- Captação de Santa Gertrudes (GERT 02500),
- Reservatório do Rio Jacaré (JCRE 00500),
- Reservatório Atibainha, no Sistema Cantareira (RAIN 00880),
- Reservatório Águas Claras (ACLA 00500),
- Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro (JQJU 00900),
- Reservatório do Cabuçu (RCAB 00900),
- Reservatório do Rio Grande (RGDE 02900),
- Reservatório do Tanque Grande (TGDE 00900) e
- Captação de Itanhaém (BACO 02950).

Quatro captações foram classificadas como Ruim ou Péssima, em todo tempo entre 2017 e 2022:

- Rio Piracicaba (PCAB 02220), devido ao Número de Células de Cianobactérias e Potencial de Formação de Trihalometanos,
- Braço do Taquacetuba (BITQ 00100), devido ao Número de Células de Cianobactérias e Potencial de Formação de Trihalometanos,
- Transposição do Reservatório Rio Grande para o Taiapuêba (RGDE 02030), devido ao Potencial de Formação de Trihalometanos e
- Captação de Araçoiaba da Serra (PORA 02700), devido ao Potencial de Formação de Trihalometanos e aos baixos valores do IQA.

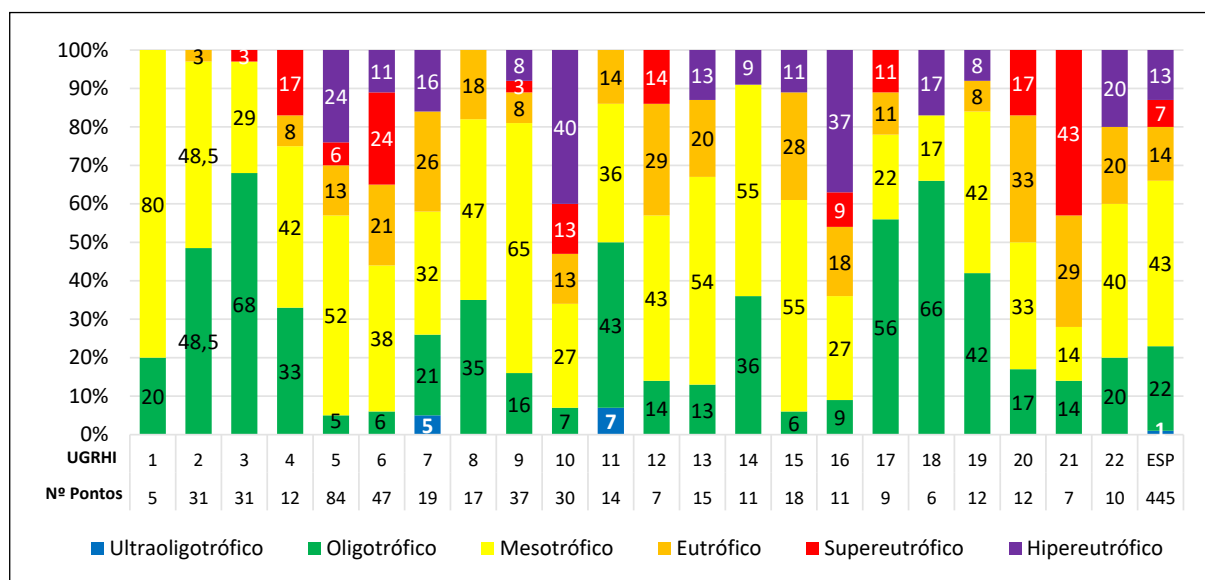
5.3 Índice do Estado Trófico – IET

No Mapa 5.3 do estado de São Paulo, estão representados os corpos hídricos e as médias anuais do IET, calculado para os 445 pontos de amostragem em 2022.

5.3.1 Distribuição percentual das categorias do IET

O Gráfico 5.5 mostra a distribuição percentual das classificações médias anuais pelo Índice de Estado Trófico – IET, por UGRHI e a média para o Estado em 445 pontos monitorados em 2022.

Gráfico 5.5 – Distribuição percentual do IET por UGRHI em 2022



Constatou-se, pela média anual, que a maioria dos pontos indicou condições entre baixa (23% Ultraoligotrófica e Oligotrófica) e média trófica (43% Mesotrófica). No entanto, 34% dos pontos foram classificados como eutrofizados, dos quais 20% extremamente eutrofizados (Supereutrófica e Hipereutrófica).

As UGRHIs 2, 3, 11, 17, 18 e 19 apontaram baixa trófica em pelo menos 40% dos pontos (qualidade trófica adequada), enquanto as UGRHIs 5, 6, 10, 16 e 21 destacaram-se pelo número de pontos nas condições extremamente eutrofizadas (Supereutrófica e Hipereutrófica). Dessas, a UGRHI 10 encontra-se com a pior condição trófica com 66% dos pontos eutrofizados, dos quais 53% extremamente eutrofizados.

De 445 pontos monitorados, 378 foram em sistemas lóticos (rios, córregos e ribeirões) e 67 em sistemas lênticos (reservatórios e represas). Salienta-se que, independente da tipologia dos ambientes, ambos os sistemas lóticos e lênticos apresentaram porcentagens similares, 24 e 21%, respectivamente para as condições de baixa trófica (Ultraoligotrófica e Oligotrófica), 43 e 46%, respectivamente para a condição Mesotrófica, e 33% em ambos os tipos de ambientes para a condição Eutrófica a Hipereutrófica. Embora o ambiente lótico, em geral, não propicie o estabelecimento de algas e cianobactérias, foram observados, nesses ambientes porcentagens ligeiramente maiores de pontos extremamente eutrofizados (Supereutrófico e Hipereutrófico), indicando impactos severos sobre esses corpos de água.

Dos 445 pontos monitorados, 41 pontos (9%) são enquadrados na Classe especial, 343 pontos (77%) na Classe 2, 46 pontos (10%) na Classe 3 e 15 pontos (4%) na Classe 4. Os rios enquadrados nas Classes 3 e 4 foram os que apresentaram a maior porcentagem (mais de 70%) de pontos considerados já eutrofizados, sendo que para as outras classes mais de 80% ainda apresentam qualidade trófica adequada.

Na UGRHI 5, dos 84 pontos monitorados, 57% encontram-se entre baixa e média trófica e 43% eutrofizados, com 30% desses extremamente eutrofizados, a saber:

- Rio Atibaia (ATIB 02900),
- Reservatório de Salto Grande (ATSG 02800),
- Rio Capivari (CPIV 02160 a CPIV 02900),
- Ribeirão Pirai (IRIS 02400),
- Rio Jundiá (JUNA 03100 a JUNA 03900),
- Rio Claro (LARO 02900),
- Rio Piracicaba (PCAB 02135 a PCAB 02800),
- Ribeirão Pinheiros (PINO 03400),
- Ribeirão Quilombo (QUIL 03200 e QUIL 03900),
- Córrego Tijuco Preto (TIJU 02900), e
- Ribeirão Três Barras (TREB 02950).

O principal impacto sobre esses corpos de água é o lançamento de efluentes, pois as concentrações de Fósforo Total e o elevado número de *Escherichia coli*, ultrapassaram os limites estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Nota-se que, dos 11 pontos que exibiram alguma melhora com relação a 2021, seis ainda se mostram eutrofizados: Rio Piracicaba (PCAB 02135 e PCBP 02500), ribeirões Piracamirim (PIMI 02900), Quilombo (QUIL 03900), Tijuco Preto (TJCO 03750) e Três Barras (TREB 02950).

O Córrego Santa Gertrudes e o Ribeirão do Pinhal apresentaram melhora sendo classificados como Oligotróficos. O Rio Jaguari, que também apresentou ligeira melhora, no ponto JAGR 02010 foi classificado como Oligotrófico e nos pontos JAGR 02100 e JAGR 02500 como Mesotróficos.

Na UGRHI 6, com 47 pontos monitorados, 44% apresentaram condição de baixa e média trofia, e 56% estão eutrofizados. Desses, 35% extremamente eutrofizados, sendo eles:

- Reservatório Billings (BILL 02030 e BILL 02100),
- Rio Baquirivu-Guaçu (BQGU 03150 e BQGU 03850),
- Rio Cotia (COTI 03800),
- Reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900),
- Ribeirão Jaguari (JGUA 03950),
- Rio Juqueri (JQRI 03800),
- Ribeirão Moinho Velho (MOVE 03400),
- Ribeirão das Pedras (PEDA 03900),
- Rio Tietê (TIET 02250, TIET 03120 e TIET 03130),
- Córrego do Itupu (TUPU 00900), e
- Ribeirão Vermelho ou Mutinga (VEME 04200).

Relacionando-se ao ano anterior, constatou-se que 11 pontos exibiram melhora, enquanto apenas três exibiram piora. Redução nas concentrações de Clorofila *a* foram observadas no Reservatório Billings (BILL 02030, BILL 02500 e BITQ 00100), nos pontos dos rios Baquirivu (BQGU 03850), Embu-Guaçu (EMGU 00800), Embu-Mirim (EMMI 02900), Guaió (GUAO 02900), Jundiá (JUNI 03950) e Tietê (TIET 03130) e nos ribeirões Ipiranga (IPIG 03950) e Pires (PIRE 02900). Com exceção do Rio Embu Guaçu classificado como Oligotrófico e

do Rio Guaió e Ribeirão Ipiranga classificados como Mesotróficos, os demais, embora tenham exibido melhora em 2022, ainda se encontram eutrofizados.

Foram registrados incrementos nas concentrações de Clorofila *a* no Reservatório de Jundiaí (JNDI 00500), e no Ribeirão Perová (PEOV 03900), classificados como Eutróficos e no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00900), na captação da SABESP, ainda classificado como Supereutrófico. Assim como para a UGRHI 5, na maioria dos rios monitorados, concentrações elevadas de Fósforo e *Escherichia coli*, indicam que o lançamento de efluentes é a principal causa de eutrofização nas bacias dos locais monitorados.

Na UGRHI 7 - Baixada Santista, com 19 pontos monitorados, 58% indicaram condição de baixa e média trofia e 42% eutrofizados, desses 16% encontravam-se extremamente eutrofizados, como os rios Catarina de Moraes (CATA 23850), o Santo Amaro (MARO 22800) e o Piaçaguera (PIAC 02700). Na bacia do Rio Piaçaguera, onde se localizam empresas de fertilizantes, o Fósforo Total continua extremamente elevado superando na amostragem realizada em setembro, por exemplo, 144 vezes o limite de 0,1 mg/L.

Em relação a 2021, apenas o ponto do Rio Preto (PETO 02900) exibiu piora, sendo classificado como Eutrófico. Em quatro pontos verificou-se redução nas concentrações de Clorofila *a*: o Rio Saboó (SABO 22500), eutrofizado, os rios Moji (MOJI 02800) e Canal Barreiros (REIS 02900), Mesotróficos e o Rio Perequê (PERE 02900), Oligotrófico.

Na UGRHI 10, dos 30 pontos monitorados, 27% são Mesotróficos e 66% classificados entre Eutróficos e Hipereutróficos, o que a coloca nas piores condições tróficas dentre as demais UGRHIS. Dentre as piores classificações estão, por exemplo:

- Ribeirão Avecuia (AVEC 02800),
- Rio das Conchas (COCH 02850),
- Rio Pirajibu (JIBU 02900),
- Rio Sorocaba (SORO 02050 a SORO 02700),
- Reservatório de Barra Bonita (TIBB 02100, TIBB 02700 e TIBT 02500),
- Rio Tietê (TIET 02350 a TIET 02450), e
- Reservatório de Rasgão (TIRG 02900).

Comparado a 2021, em 2022 foi observado aumento na concentração de Clorofila *a* nos rios Una (BUNA 02900), Pirajibú (JIBU 02900) e Sorocaba (SORO 02500), Córrego Ipanema (IPAN 02500), ambientes eutrofizados e Ribeirão Lavapés (LAVP 03055), Mesotrófico. Em quatro pontos foi observada melhora: o TIBB 02700 no Reservatório de Barra Bonita e PGUI 02700 no Ribeirão Pirapitingui, ambos Mesotróficos, o Rio Pirapora (PORA 02700) e o Reservatório de Barra Bonita (TIBB 02100), ainda classificados como Eutrófico e Supereutrófico, respectivamente.

O Fósforo Total foi a variável que mais contribuiu nas classificações tróficas para a maioria dos corpos de água. Parte da carga de Fósforo Total ao longo do Rio Tietê é remanescente da Região Metropolitana de São Paulo, somada àquela oriunda das atividades industrial e/ou de origem agrícola. Valores elevados de *Escherichia coli* indicam também a contribuição dos lançamentos de efluentes domésticos.

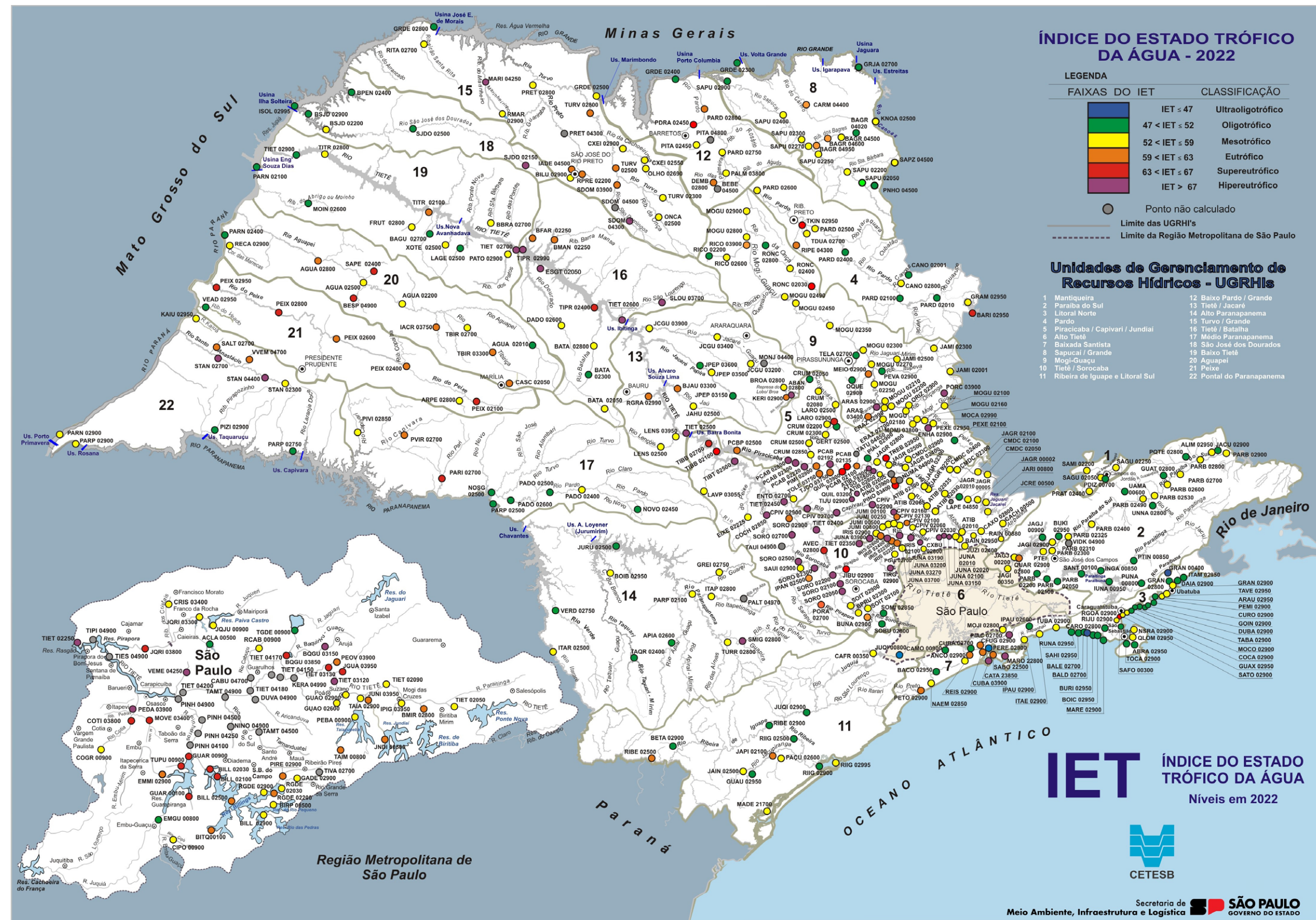
Algumas UGRHIs com consideráveis porcentagens de pontos de baixa trofia, exibiram pontos que se encontram extremamente eutrofizados, receptores de lançamentos de efluentes domésticos e de atividades agropecuárias, dos quais destacam-se:

- Rio Lagoa (RGOA 02900), Praia de Aruã, ponte sobre o rio na avenida Beira-Mar - UGRHI 3,
- Rio Lambari (BARI 02950) - UGRHI 4,
- Córrego Tanquinho (TKIN 02950), ponte na foz do Córrego Tanquinho com o Ribeirão Preto, na Via Expressa Norte - UGRHI 4,
- Rio São Miguel Arcanjo (SMIG 02800), a jusante da ETE de São Miguel Arcanjo - UGRHI 14,
- Rio Pari (PARI 02700) em Palmital - UGRHI 17,
- Rio São José dos Dourados (SJDO 02150), ponte na rodovia SP-463, no trecho que liga Araçatuba a Jales - UGRHI 18,
- Rio Tietê (TIET 02700) a jusante da barragem de Promissão, em Promissão - UGRHI 19.

Em 2022, nas UGRHIS 16 e 21, aumentaram os pontos classificados como Hipereutróficos e Supereutróficos, respectivamente. Na UGRHI 16 o Córrego do Esgotão (ESGT 02050 – Hipereutrófico), o Reservatório de Promissão (TIPR 02400 – Supereutrófico e TIPR 02990 – Hipereutrófico), registraram aumento das concentrações de Clorofila *a* em relação a 2021. Na UGRHI 21 o mesmo ocorreu no Rio do Peixe (PEIX 02100, PEIX 02800 e PEIX 02950), pontos classificados como Supereutróficos.

Como nos anos anteriores, em 2022, foi possível observar que o Rio Tietê, a partir do município de Suzano na UGRHI 6, até o município de Araçatuba na UGRHI 19, encontra-se extremamente eutrofizado. Do município de Pirapora do Bom Jesus até Botucatu (TIET 02450) é possível inferir, pelos resultados elevados de *Escherichia coli*, que a eutrofização se deve, além da carga à montante, do lançamento de efluentes domésticos nas bacias de contribuição de seus afluentes. Nos demais pontos, além da carga de montante, a principal contribuição está relacionada às atividades agropecuárias da região.

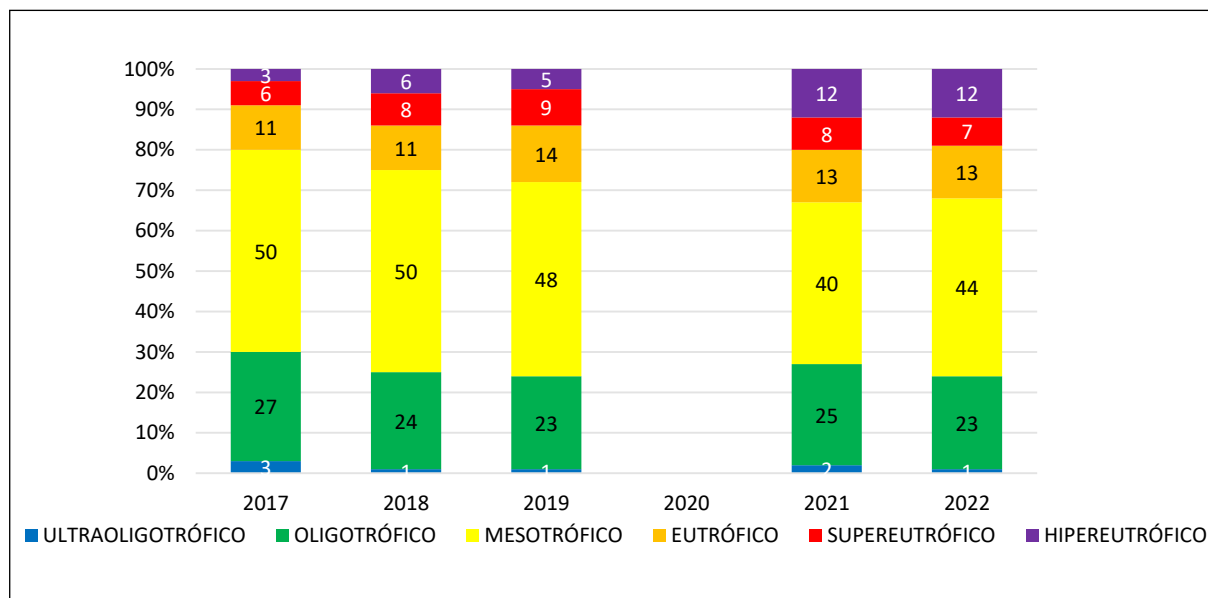
Mapa 5.3 – Médias anuais do IET para o ano de 2022



5.3.2 IET entre 2017 e 2022

No Gráfico 5.6 é apresentada a evolução histórica da distribuição percentual da média anual do Índice de Estado Trófico - IET no período de 2017 a 2022. Selecionaram-se os 353 pontos, com dados disponíveis para todo o período de 2017 a 2022.

Gráfico 5.6 – Evolução da Distribuição do IET, no período de 2017 a 2022



*Excluiu-se a distribuição em 2020 em razão do reduzido número de pontos válidos (apenas 150) para o cálculo do IET, devido às restrições impostas pela pandemia da COVID 19.

Em 2022, comparado ao ano anterior, constatou-se uma discreta diminuição na porcentagem de pontos nas classificações Ultraoligotrófica e Oligotrófica (baixa trofia) e praticamente a manutenção das classificações Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico (eutrofizados) em relação ao ano anterior. Para os pontos de média trofia, ou seja, em processo de eutrofização (Mesotróficos), observa-se um aumento em 2022.

Em relação ao período avaliado houve um aumento, significativo de pontos eutrofizados, com maior contribuição, nos dois últimos anos, da classe Hipereutrófica.

Embora haja esforços em relação à universalização dos serviços de saneamento no Estado, um dos principais impactos para os corpos de água continua sendo o lançamento de efluentes domésticos *in natura*, indicado pela presença elevada de *Escherichia coli*, e de DBO. Esses efluentes incrementam o aporte de nutrientes e consequente crescimento de algas e cianobactérias, refletidos no IET pelas concentrações de Fósforo Total e de Clorofila *a*, respectivamente. A expansão de áreas agrícolas, associadas ao desmatamento, sobretudo da vegetação ciliar e a não adoção de práticas de conservação de solo intensificam os processos de erosão e carreamento de nutrientes por meio do escoamento superficial e subsuperficial, como fonte difusa de nutrientes.

5.4 Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática – IVA

O IVA avalia a qualidade da água para fins de proteção da vida aquática, analisando-se:

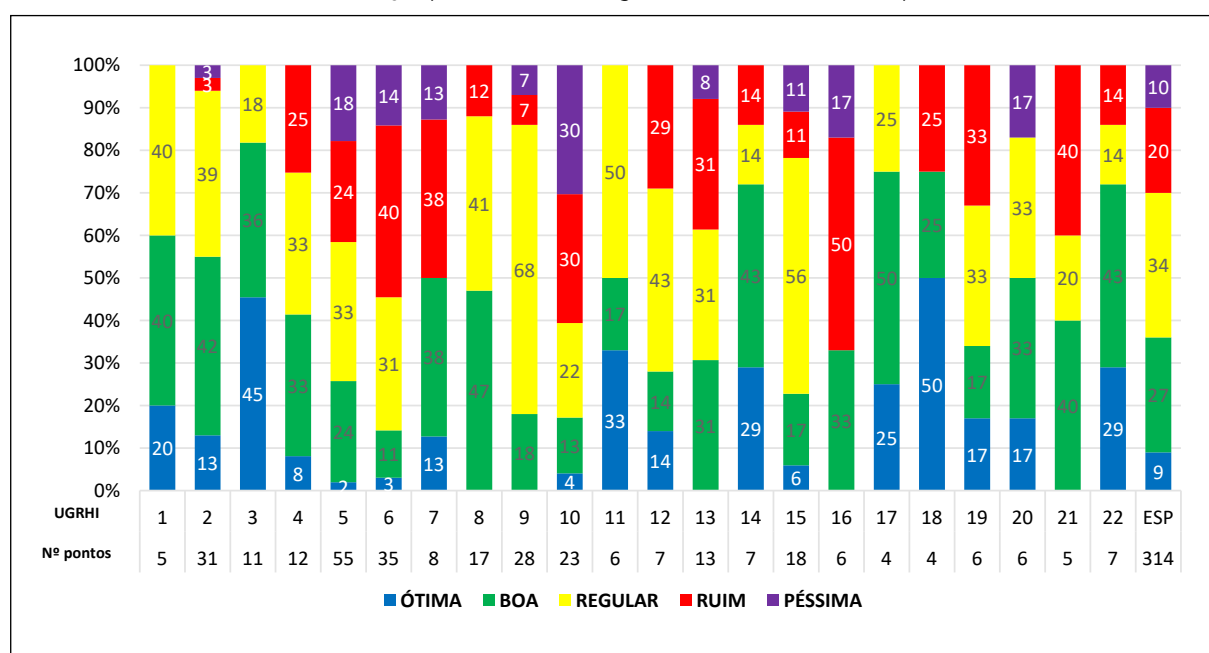
- Variáveis essenciais – Oxigênio Dissolvido, pH, teste de ecotoxicidade,
- Variáveis tóxicas – metais e surfactantes
- Estado Trófico – IET.

A proteção da vida aquática está prevista nas Classes 1, 2 e 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005. Nesse ano, dos 318 pontos previstos, apenas em 4 não foi possível o cálculo do IVA, devido à impossibilidade de realização dos ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*.

5.4.1 Distribuição percentual das categorias do IVA por UGRHI em 2022

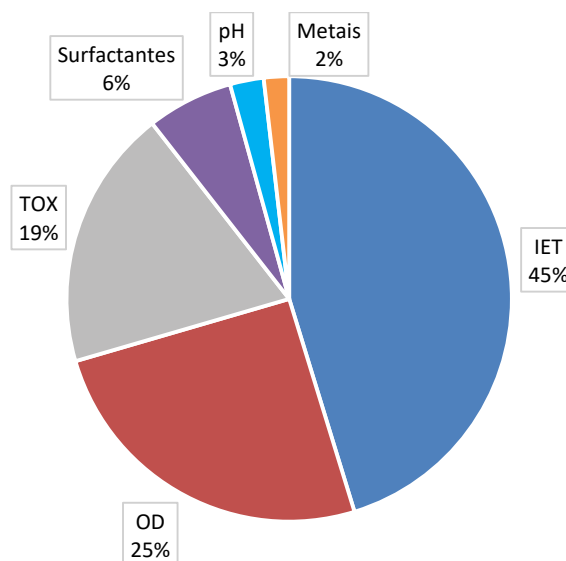
O Gráfico 5.7 detalha a distribuição percentual das categorias do IVA, agrupados por UGRHIs, a quantidade de pontos monitorados e as médias anuais em 2022.

Gráfico 5.7 – Distribuição percentual das categorias dos resultados do IVA por UGRHI – 2022



Em 2022, 70% dos pontos com classificação anual do IVA foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. Ao passo que as categorias Ruim e Péssima representaram 30% dos resultados. Vale destacar que as UGRHIs 1, 3, 11 e 17 não apresentaram pontos classificados nas categorias Ruim e Péssima do IVA.

O Gráfico 5.8 mostra a influência das variáveis na classificação do IVA para este ano.

Gráfico 5.8 – Influência das variáveis na classificação do IVA

Constata-se que as variáveis que influenciaram o IVA Ruim ou Péssimo foram:

- Grau de trofia (45%);
- Oxigênio Dissolvido (25%); e
- Toxicidade (19%).

O grau de trofia foi explanado no item 5.3 - Índice do Estado Trófico – IET.

Em relação ao Oxigênio Dissolvido, verifica-se que em torno de 79% dos resultados dos pontos monitorados indicaram níveis de Oxigênio Dissolvido acima de 5 mg/L, ou seja, adequados para a proteção da vida aquática, destacando-se as UGRHIs 8, 11 e 17, nas quais todos os pontos tiveram medições acima dessa concentração.

As maiores porcentagens de medições de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mg/L foram constatadas nas UGRHIs 5 e 6 (20% e 21% das medições abaixo de 5 mg/L no Estado, respectivamente). Os seguintes pontos apresentaram baixos valores de Oxigênio Dissolvido e foram classificados nas categorias Ruim ou Péssima do IVA nessas UGRHIs:

UGRHI 5:

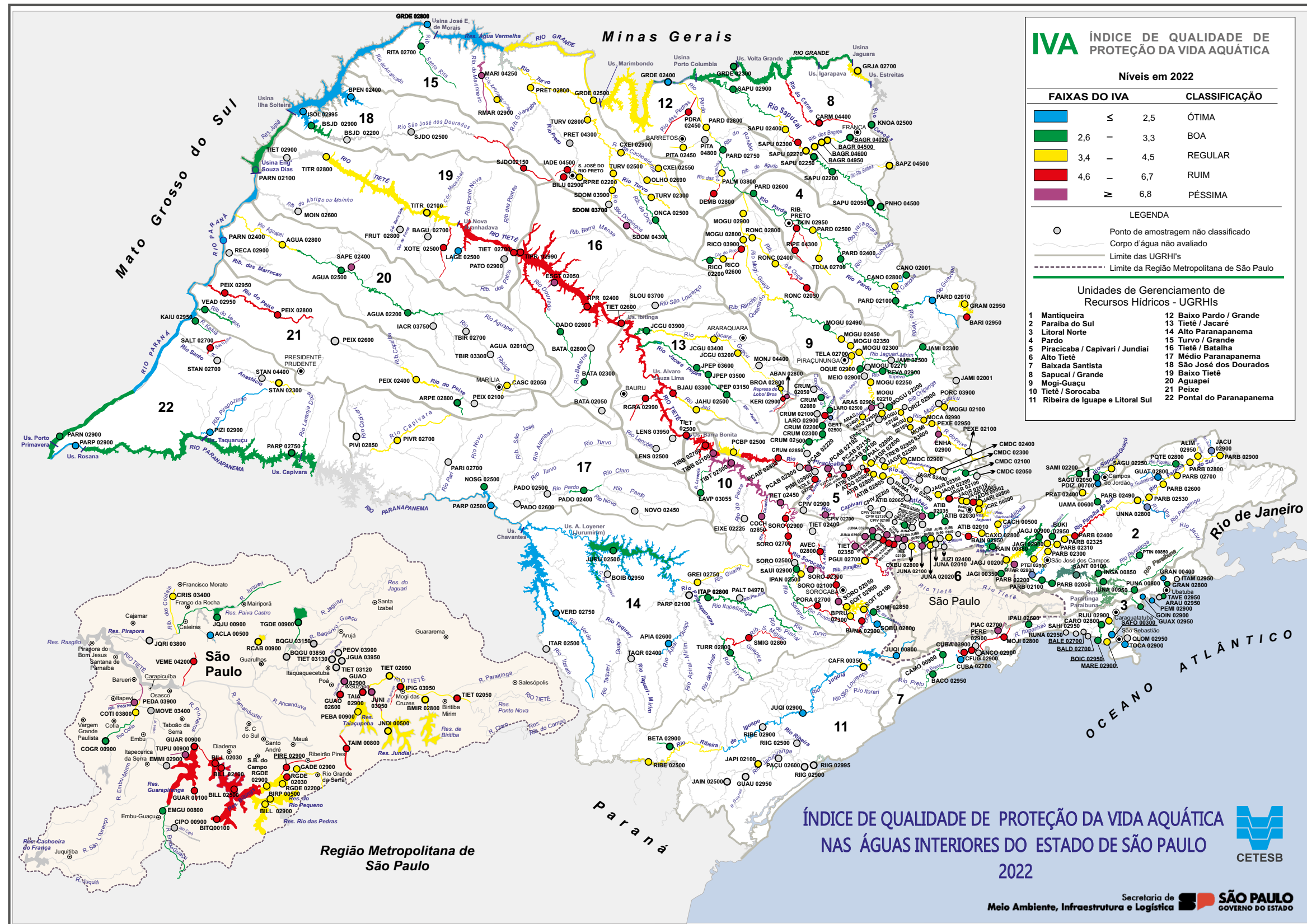
- Rio Atibainha, em Bom Jesus dos Perdões (BAIN 02950),
- Rio Capivari, em Rafard (CPIV 02700),
- Rio Pirai, em Cabreúva (IRIS 02200, IRIS 02250 e IRIS 02400),
- Rio Jaguari, em Bragança Paulista (JAGR 02010 e JAGR 02100) e Americana (JAGR 02800),
- Rio Jundiá, em Várzea Paulista (JUNA 02100), Itupeva (JUNA 03190 E JUNA 03200) e Salto (JUNA 03900),
- Rio Piracicaba, em Piracicaba (PCAB 02192, PCAB 02220 e PCAB 02800),
- Ribeirão Tijucu Preto (Afluente do Piracicaba), em Piracicaba (TJCO 03750),
- Ribeirão Pinheiros, em Valinhos (PINO 03900) e
- Ribeirão dos Toledos, em Santa Bárbara d'Oeste (TOLE 03750).

UGRHI 6:

- Rio Cotia e Ribeirão das Pedras em Cotia (COTI 03800 e PEDA 03900),
- Rio Guaió em Ferraz de Vasconcelos e Suzano (GUAO 02600 e GUAO 02900),
- Reservatório do Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900),
- Rio Jundiá e Ribeirão Ipiranga em Mogi das Cruzes (JUNI 03950 e IPIG 03950),
- Ribeirão Pires (PIRE 02900),
- Rio Taiaçupeba-Açu em Suzano (TAIA 02900),
- Córrego do Itupu em São Paulo (TUPU 00900),
- Reservatório Billings em São Paulo (BILL 02030 e BIL 02100) e Reservatório do Rio Grande em Ribeirão Pires (RGDE 02030),
- Reservatório de Tanque Grande em Guarulhos (TGDE 00900),
- Rio Grande ou Jurubatuba em Rio Grande da Serra (GADE 02900) e
- Rio Tietê em Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes (TIET 02050 e TIET 02090).

Vale destacar as UGRHIs 2 e 10, que também apresentaram pontos em trechos com baixos níveis de Oxigênio Dissolvido, destacando-se alguns pontos da UGRHI 10 localizados em Ibiúna (Rio Una), Boituva, Cerquilha, Laranjal Paulista e Sorocaba (Rio Sorocaba) e na UGRHI 2, em Santa Isabel (Ribeirão Araraquara), em Caçapava e Tremembé (no Rio Paraíba do Sul) e em Cruzeiro (córrego do Pontilhão ou Barrinha).

Mapa 5.4 – Médias anuais do IVA para o ano de 2022

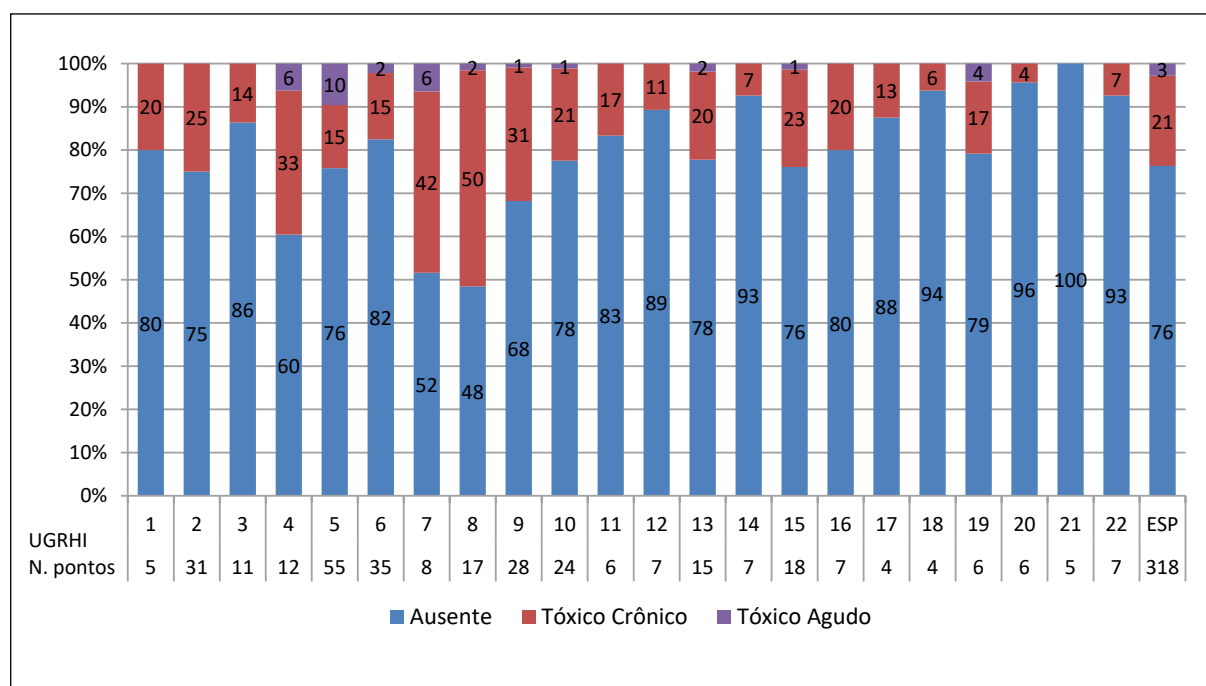


5.4.2 Distribuição do Ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*

A verificação da ocorrência de efeitos tóxicos é utilizada, pela CETESB, para avaliação das condições de qualidade das águas de rios e reservatórios, no que se refere à proteção das comunidades aquáticas. Para esse fim, durante 2022, foram realizados ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em 318 pontos de monitoramento no estado de São Paulo. Dentre os pontos monitorados, 9 estão em trechos de rios enquadrados na Classe 4, para a qual não há previsão para avaliação da toxicidade na legislação. No entanto, esta avaliação ecotoxicológica pode ser útil em eventuais propostas de re-enquadramento desses corpos de água. Em 2022, foram realizados 1241 ensaios com, pelo menos, quatro amostragens na maioria dos pontos. Em quatro pontos foram realizados ensaios apenas uma vez ao longo do ano e em 24 pontos somente três vezes ao ano, totalizando 7,5% dos pontos monitorados.

A síntese dos resultados obtidos é apresentada no Gráfico 5.9 que contém a distribuição percentual dos efeitos tóxicos (crônicos ou agudos) observado nos ensaios, por UGRHI, além do percentual no Estado.

Gráfico 5.9 – Distribuição percentual do efeito tóxico observado em 2022 por UGRHI e no estado de São Paulo



Os dados apresentados no gráfico acima demonstram que apenas na UGRHI 21 não foi constatado efeito tóxico durante o ano de 2022. Nas UGRHIs 1, 3, 6, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 20 e 22 observou-se ausência de toxicidade em até 80% das amostras analisadas. A ocorrência de toxicidade aguda, foi registrada nas UGRHIs 4 a 8, 10, 13, 15 e 19, indicando maior comprometimento da qualidade dessas águas.

Em 24% dos pontos de amostragem nos corpos de água do estado de São Paulo avaliados pela CETESB em 2022, foram verificados efeitos adversos à vida aquática, muitas vezes causados pela presença de agentes químicos. Destacam-se alguns pontos das UGRHIs 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 13 que serão discutidos a seguir:

Nos pontos coletados no Rio Juqueriquerê (RIJU 02900), UGRHI 3, e Rio Pardo (PARD 02500), na UGRHI 4, foram observadas ocorrências de toxicidade crônica e aguda, respectivamente, que estariam relacionadas

a lançamentos pontuais de esgoto doméstico ou mesmo, por fontes difusas, pelo elevado valor de *Escherichia coli*. Já na Represa de Graminha (GRAM 02950), dessa mesma UGRHI, além da presença de esgoto ou cargas difusas, o elevado número de cianobactérias pode ter contribuído para a observação de efeitos crônicos aos organismos expostos.

Na UGRHI 5 foram observados efeitos agudos no Rio Camanducaia (CMD 02100, 02400 e 02900), Rio Jundiá (JUNA 03190, 03200, 03700 e 03900), Ribeirão Jundiá-Mirim (JUMI 00500) e Rio Jaguari (JAGR 00002) e crônicos no Reservatório do Rio Jacaré (JCRE 00500). No Rio Jaguari, a concentração de chumbo (0,04 mg/L), acima do limite legislado, pode ter sido a responsável pelo efeito observado, enquanto a presença de esgoto doméstico ou de fontes difusas, além de cianobactérias, podem ter comprometido a qualidade ecotoxicológica nos demais pontos.

Na UGRHI 6 destaca-se a ocorrência de toxicidade crônica no Reservatório Billings (BILL 02500), Reservatório do Rio Jundiá (JNDI 00500) e Braço do Rio Pequeno (BIRP 00500). Nas águas desses pontos verificou-se a presença de cianobactérias, que podem estar relacionadas aos efeitos tóxicos observados. As toxicidades agudas observadas no Ribeirão dos Cristais (CRIS 03400) e Córrego do Itupu (TUPU 00900) estariam relacionadas às cargas pontuais ou difusas de esgoto, pelo elevado valor de *E. coli*.

Na Baixada Santista (UGRHI 7), cabe destacar a toxicidade crônica no Canal de Fuga (CFUG 02900), que está historicamente relacionada à presença de cianobactérias na água. Além desse ponto, cabe apontar a toxicidade crônica observada no Rio Piaçaguera (PIAC 02700) associada à presença de sulfatos, chumbo e níquel, um problema recorrente nesse ponto de monitoramento.

Na UGRHI 8 destaca-se o Rio Sapucaí, a partir da entrada do Rio Santa Bárbara (SAPU 02200), com registro de toxicidade crônica ao longo do seu curso, sendo em alguns locais associada a lançamentos pontuais de esgoto doméstico, ou mesmo difusos, pelo elevado valor de *Escherichia coli*, como observado também no Rio Jaguari-Mirim (JAMI 02300) e Córrego Rico (RICO 03900), ambos na UGRHI 9.

Na UGRHI 10, cabe destacar a ocorrência de toxicidade crônica nas amostras do Rio Sorocaba (SORO 02050) com a presença de elevados valores de *E. coli*, indicando o aporte de efluentes domésticos. Além disso, também foi observada toxicidade crônica em diversas amostras do Reservatório do Itapararanga (SOIT 02900 e SOIT 02100), eventos que podem estar relacionados à presença de cianobactérias. Já o efeito observado no Ribeirão São Bento (ENTO 02700) poderia ser relacionado às concentrações de sulfato e fluoreto acima da legislação.

Na UGRHI 13 (Represa do Broa – BROA 02800), a toxicidade crônica observada também pode estar relacionada à presença de cianobactérias.

O ajuste da dureza para 20 mg/L CaCO₃, antes da realização dos ensaios foi realizado nas amostras dos pontos COGR 00900 (Res. das Graças), JUQI 00800 e 02900 (Rio Juquiá), ACLA 00500 (Res. Águas Claras), JQJU 00900 (Res. do Juqueri), VERD 02750 (Rio Verde), BROA 02800 (Represa do Broa), JCRE 00500 (Res. do Rio Jacaré), JARI 00800 (Res. Jaguari), CACH 00500 (Res. Cachoeira), RAIN 00880 (Res. Atibainha), CAMO 00900 (Res. Capivari-Monos), IPAU 02600 (Rio Itapanhaú) e BACO 02950 (Rio Branco). Tais pontos apresentaram valores de dureza da água abaixo de 10mg/L CaCO₃, o que pode reduzir a reprodução dos organismos-teste, interferindo na interpretação dos resultados dos ensaios. Apenas nos pontos COGR 00900, JUQI 02900, ACLA 00500, JQJU 00900, VERD 02750, RAIN 00880 e CAMO 00900 não foram observados efeitos tóxicos aos organismos.

Dentre os pontos de Classe 4 avaliados, não foi observada toxicidade em 2022 no Córrego Piedade (IADE 04500) e no Ribeirão dos Bagres (BAGR 04950), localizados nos municípios de São José do Rio Preto e Batatais, respectivamente.

Dessa forma, em 2022, em 21 das 22 UGRHIs analisadas, alguns recursos hídricos apresentaram desconformidade com os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 quanto à ecotoxicidade, ou seja, foram evidenciados efeitos adversos à vida aquática em amostras de corpos de água enquadrados nas Classes 1, 2 e 3.

Embora enquadrados na Classe 4, os seguintes pontos não apresentaram efeito adverso à vida aquática: Córrego Piedade (IADE 04500) e Ribeirão dos Bagres (BAGR 04950), localizados nas UGRHIs 15 e 8, respectivamente.

Resumindo-se, os percentuais de toxicidade observados em 2022 foram semelhantes aos do ano anterior, sendo que, em apenas 24% dos 318 pontos de amostragem nos corpos de água do estado de São Paulo avaliados pela CETESB, foram verificados efeitos adversos à vida aquática, muitas vezes causados pela presença de agentes químicos.

5.5 Índice de Balneabilidade das Praias em Rios e Reservatórios– IB

5.5.1 Classificação Anual

No Mapa 5.5 do estado de São Paulo, estão indicadas as praias interiores pertencentes à Rede de Balneabilidade e as classificações anuais do IB, calculado para as 33 praias monitoradas em 2022, conforme detalhado no **Capítulo 3**.

Na Tabela 5.4, é apresentado o histórico das classificações anuais dessas 33 praias para o período de 2017 a 2022.

Na UGRHI 2, as praias no Ribeirão Grande e no Rio Piracuama foram classificadas na categoria Péssima, mantendo a classificação dos últimos 5 anos.

Na Represa Guarapiranga, na UGRHI 6, oito das dez praias monitoradas foram classificadas na categoria Ruim ou Péssima em 2022. As praias Marina Guaraci, do Hidroavião e Yatch Club Paulista vêm mantendo a classificação Péssima desde 2017, pelo menos. A praia Clube de Campo Castelo, que foi reativada no ano passado, apresentou a classificação Péssima como no ano anterior. As praias do Sol e Aracati apresentaram a classificação Ruim. A classificação Regular da praia do Crispim indicou melhora, após a classificação Ruim em 2021. A praia de Guarujapiranga vem apresentando histórico de classificação Regular e Boa desde 2019.

Na Represa Billings, a prainha do Riacho Grande, piorou passando da classificação Ruim para Péssima em 2022. A prainha próxima ao Zoo, no Parque Municipal, mantém um histórico nas classificações Regular (2020, 2019, 2017) Boa (2021) e Ótimo (2018), apresentou a classificação Regular em 2022. A prainha de Tahiti e o Parque Estoril, mantiveram a classificação Regular observada em 2021.

Na UGRHI 7, a praia do Perequê manteve a classificação na categoria Boa, igual ao ano de 2021, porém melhor que nos anos de 2019 a 2017, quando foi classificada na categoria Regular.

Na UGRHI 8, no Rio Grande, as duas praias de Miguelópolis foram classificadas na categoria Ótima, mantendo a classificação do período de 2019 a 2017.

Na UGRHI 9, o destaca-se a praia no Lago Euclides Moreli, que melhorou de qualidade, passando para a categoria Regular, contrastando com o período de 2017 a 2019, quando foi classificada na categoria Ruim. A praia Cachoeira das Emas obteve a classificação Ruim, havendo mudança de categoria em relação ao período de 2017 a 2019, quando foi classificada na categoria Péssima. Já a prainha do parque ecológico de Sertãozinho foi classificada na categoria Regular, igual a 2019, porém pior que em 2018, quando foi classificada na categoria Ótima.

Nas UGRHIs 5, 10 e 13, todas as praias monitoradas foram classificadas na categoria Ótima, mantendo o histórico do período dos últimos 5 anos.

Na UGRHI 16, a praia municipal de Sabino foi classificada como Regular, mantendo a classificação de anos anteriores.

Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade (IB) no período de 2017 a 2022 (continua)

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Praias Interiores - Local de Amostragem	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Ribeirão Grande	RIBG 02352	Na Prainha, ao lado do estrada para capela de N. Sra. Aparecida				-	-	
	Rio Piracuama	UAMA 00501	À montante da Estação Centenário				-	-	
5	Cachoeira	CACH 00902	Praia da Tulipa				-		
	Jaguari/Jacareí	JCRE 00521	Praia do Condomínio Novo Horizonte				-		
		JCRE 00701	Praia da Serrinha (Pier da Marina Confiança)				-		
	Atibainha	RAIN 00402	Praia do Utinga				-		
		RAIN 00802	Rod. Dom Pedro I (rampa próx. Hotel Varanda)				-		
		RAIN 00901	Praia do Lavapés				-		
6	Billings	BILL 02801	Prainha do Riacho Grande, próx. à barragem do Rio Grande						
	Guarapiranga	GUAR 00051	Prainha Bairro do Crispim				-		
		GUAR 00101	Praia Dedo de Deus - M'Boi Mirim				-		
		GUAR 00301	Bairro Miami Paulista/Aracati						
		GUAR 00401	Marina Guaraci						
		GUAR 00452	Prainha do Jardim Represa - Hidroavião						
		GUAR 00502	Clube de Campo Castelo	-	-	-	-		
		GUAR 00602	Restaurante Interlagos - Guarujapiranga						
		GUAR 00611	No pier da Escola de Esportes Náuticos Wind Clube						
		GUAR 00702	Marina Guarapiranga - Praia do Sol						
		GUAR 00751	Em frente ao pier do Yacht Club Paulista						
	Billings	RGDE 02301	Clube Prainha Tahiti				-		
		RGDE 02851	Próxima ao Zoológico Do Parque Municipal				-		
		RGDE 02901	Prainha Pq. Municipal do Estoril				-		

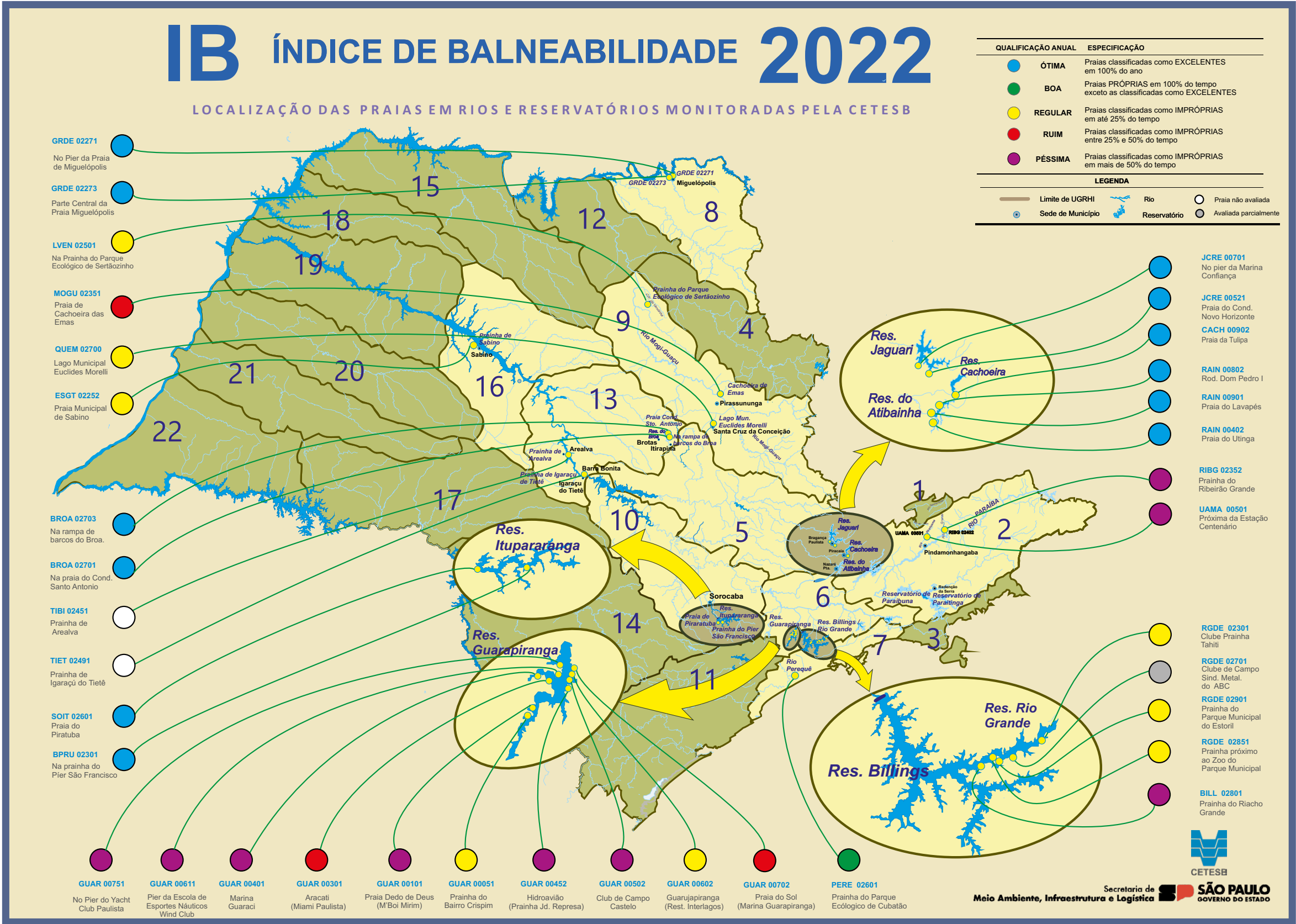
Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade (IB) no período de 2017 a 2022 (conclusão)

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Praias Interiores - Local de Amostragem	2017	2018	2019	2020	2021	2022
7	Rio Perequê	PERE 02601	Praia do Pereque - Cubatão				-		
8	Rio Grande	GRDE 02271	No píer da praia municipal de Miguelópolis				-	-	
		GRDE 02273	Na parte central da praia Municipal de Miguelópolis.				-	-	
9	Lago do cor. da Vendinha	LVEN 02501	Prainha do parque ecológico Sertãozinho				-	-	
	Mogi-Guaçu	MOGU 02351	Cachoeira das Emas				-	-	
	Lago Euclides Morelli/Rib. Moquem	QUEM 02700	Praia em frente à R. Ver. Carlos Ravanini 336				-	-	
10	Itupararanga	BPRU 02301	Na prainha em frente ao Pier São Francisco.	-	-	-	-		
		SOIT 02601	Prainha do Piratuba						
13	Represa do Broa	BROA 02701	Cond. Sto. Antônio, em frente à lanchonete						
		BROA 02703	Cond. Sto. Antônio, em frente à rampa de barcos						
16	Sabino	ESGT 02252	Em frente à praia Municipal de Sabino			-	-	-	

Categoria	Classificação	
	Praias Semanais	Mensais
ÓTIMA	Praias classificadas como EXCELENTE em 100% do tempo.	Concentração de Escherichia coli até 150 (UFC/100mL) em pelo menos 80% do ano
BOA	Praias próprias em 100% do tempo, exceto as classificadas como ÓTIMA	Concentração de Escherichia coli superior a 600 (UFC/100mL) em até 20% do ano
REGULAR	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em até 25% do tempo.	Concentração de Escherichia coli superior a 600 (UFC/100mL) de 20% a 30% do ano
RUIM	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS entre 25% e 50% do tempo.	Concentração de Escherichia coli superior a 600 (UFC/100mL) de 30% a 50% do ano
PÉSSIMA	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em mais de 50% do tempo.	Concentração de Escherichia coli superior a 600 (UFC/100mL) em mais de 50% do ano

A classificação anual é realizada de acordo com a Resolução CONAMA nº 274/2000 e é descrita no **Apêndice D**. As classificações semanais e os resultados analíticos de 2022 podem ser consultados no **Apêndice N**.

Mapa 5.5 – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2022.



5.5.2 Floração de Algas e Cianobactérias

Esse item visa complementar a análise da balneabilidade no que se refere ao monitoramento da comunidade fitoplanctônica, com enfoque nas florações de algas e de cianobactérias e da presença de cianotoxinas, sendo selecionados quatro pontos do monitoramento das praias interiores para uma investigação mais detalhada desses aspectos, a saber: BROA 02703, no Reservatório do Broa (município de Itirapina), GUAR 00751, no Reservatório Guarapiranga (município de São Paulo), QUEM 02700, Córrego do Moquém (município de Santa Cruz da Conceição), SOIT 02601, no Reservatório de Itupararanga (município de Sorocaba).

As Cianobactérias são organismos cosmopolitas, muito eficientes em ambientes eutrofizados (ricos em nutrientes), podendo proliferar de maneira rápida, levando a elevadas densidades de Células em corpos de água, configurando eventos conhecidos como *blooms* ou florações. Diante dessa situação, e dependendo do gênero dominante, podem ocorrer alterações na coloração da água e a presença de gosto e odor desagradáveis.

É importante destacar que nem todas as florações de Cianobactérias causam alteração na cor e no odor da água. Florações de *Raphidiopsis*, por exemplo, não deixam a água verde e com grumos, como ocorre em florações de *Microcystis*. Assim sendo, o monitoramento de áreas em que existe a possibilidade de ocorrer esse tipo de evento é muito importante.

As Cianobactérias são capazes de produzir metabólitos secundários como as cianotoxinas, que são substâncias que podem causar efeitos adversos, tanto em seres humanos como outros animais que têm contato com a água com a presença elevada destas toxinas. Quando há exposição de frequentadores de um corpo de água com florações de Cianobactérias e suas cianotoxinas durante as atividades recreativas, por exemplo, estes podem apresentar sintomas como febre e erupções cutâneas, além de problemas respiratórios e gastrointestinais.

Assim, alterações na cor e/ou altas densidades de Células de Cianobactérias em águas de recreação são parâmetros suficientes para que se evite o uso do local, mesmo que as cianotoxinas não tenham sido detectadas.

No Brasil não há uma regulação específica que estabeleça níveis de alerta para águas destinadas à recreação, no entanto a presença de floração de algas/cianobactérias ou formação de nata podem tornar imprópria ou interditar trechos de praias ou balneários, segundo a Resolução CONAMA nº 274/2000, que define os critérios de balneabilidade. Além disso, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece padrões de qualidade para o Número de Células de Cianobactérias para águas doces destinadas a recreação de contato primário, ou secundário, conforme a classe de enquadramento. A legislação disponível se encontra no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Legislação disponível no Brasil

Legislação	Definições	Especificações
Resolução CONAMA nº 274/2000	Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.	As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada a ocorrência de floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana. Trechos de praias ou balneários poderão ser interditados quando houver ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas.
Resolução CONAMA nº 357/2005	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.	Limite de Células de Cianobactérias por Classe: Classe 1 – água destinada à recreação de contato primário – 20.000 céls/mL Classe 2 – água destinada à recreação de contato primário – 50.000 céls/mL Classe 3 – água destinada à recreação de contato secundário – 100.000 céls/mL

Legenda: CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Para o Estado de Minas Gerais verificou-se a existência de uma deliberação de 2022 estabelecendo um limite de Células de Cianobactérias mais restritivo para águas Classe 1 e 2 destinadas à recreação de contato primário que é de 10.000 céls/mL (Minas Gerais, 2022)

O risco relacionado à exposição por recreação de contato primário depende do tempo de contato, dos organismos com densidades elevadas, das concentrações e tipos de cianotoxina e da idade dos indivíduos expostos (crianças são mais suscetíveis que adultos por ingerirem proporcionalmente mais água, considerando a relação de ingestão por peso corporal). Assim, quando densidades elevadas de Células de Cianobactérias são observadas, pode haver restrições em relação às atividades de recreação de contato primário no local. O contato também deve ser evitado por animais, tanto domésticos como de pecuária e silvestres.

As principais cianotoxinas presentes em águas continentais são apresentadas no **Quadro 5.2**, com informações mais relevantes sobre os gêneros potencialmente produtores e sintomas que estão relacionados a exposição aguda.

Quadro 5.2 – Cianotoxinas, gêneros/espécies potencialmente produtoras e sintomas de exposição aguda

Cianotoxinas e Lipopolissacarídeo	Gêneros/Espécies Produtoras	Sintomas de exposição aguda
Microcistina	<i>Dolichospermum</i> , <i>Anabaenopsis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Aphanocapsa</i> , <i>Arthrospira</i> , <i>Calothrix</i> , <i>Gloeotrichia</i> , <i>Hapalosiphon</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Pseudanabaena</i> , <i>Raphidiopsis</i> (<i>Cylindrospermopsis</i>), <i>Synechococcus</i> , <i>Woronichinia</i>	Dor abdominal, dor de cabeça, dor de garganta, vômitos e náuseas, tosse seca, diarreia, bolhas ao redor da boca e pneumonia
Saxitoxina	<i>Dolichospermum</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Raphidiopsis</i> (<i>Cylindrospermopsis</i>), <i>Lyngbya</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Planktothrix</i>	Em humanos, a maioria das informações são provenientes da ingestão de mariscos contaminados: tontura, adormecimento da boca e de extremidades, fraqueza muscular, náusea, vômito, sede e taquicardia
Cilindrospermopsina	<i>Raphidiopsis</i> (<i>Cylindrospermopsis</i>), <i>Aphanizomenon</i> , <i>Umezakia</i> , <i>Dolichospermum</i> e <i>Lyngbya wollei</i> , <i>Oscillatoria</i>	Febre, dor de cabeça, vômito, diarreia sanguinolenta
Lipopolissacarídeo de membrana	Integra as membranas de todas as Cianobactérias	Vermelhidão na pele e mucosas, irritação nos olhos, coceira, conjuntivite.

Fontes: <https://www.epa.gov/cyanohabs/health-effects-cyanotoxins>. Acesso em 03.05.2023. Chorus & Welker (2021). Paerl & Otten (2013).

Embora ainda exista uma discussão sobre os níveis que seriam seguros de exposição às diferentes cianotoxinas, a Organização Mundial de Saúde (OMS) apresenta valores-guia para concentração das cianotoxinas mais comuns em águas destinadas à recreação de contato primário (**Quadro 5.3**). Alguns desses valores ainda são considerados provisórios, mas integram um plano monitoramento com níveis de alerta e medidas de prevenção, com orientação aos usuários e autoridades envolvidas.

Quadro 5.3 – Cianotoxinas e valores de referência para águas de recreação segundo a OMS

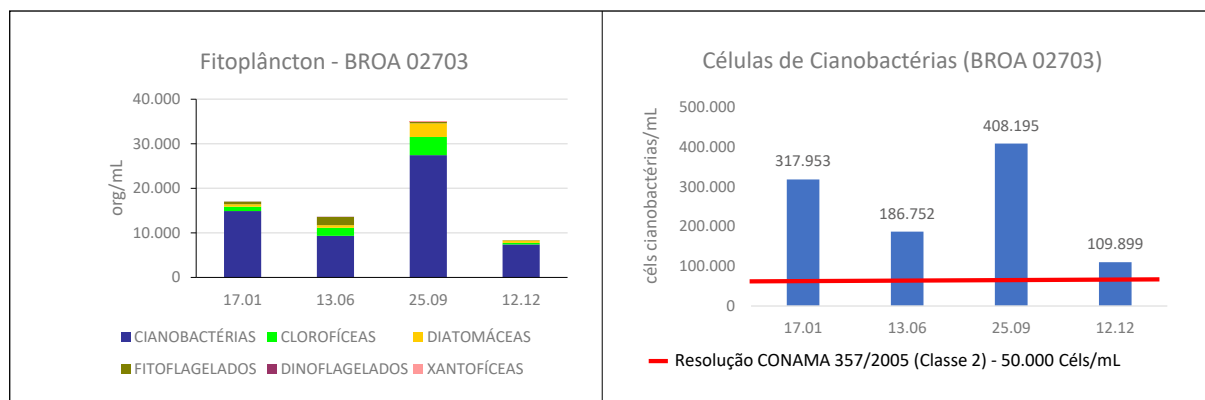
Cianotoxinas	Valor de Referência
Microcistina (MC) - LR	24 µg/L
Saxitoxina (STX)	30 µg/L
Cilindrospermopsina (CYN)	6 µg/L

Fonte: Chorus e Welker (2021).

Os gêneros mais importantes em termos de densidade celular encontrados no monitoramento da CETESB, como *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Aphanocapsa*, *Microcystis*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena*, *Raphidiopsis* (*Cylindrospermopsis*) e *Woronichinia*, e sua potencial produção de cianotoxinas estão descritos no **Apêndice C**– Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis – item 1.4.2.

A seguir os gráficos de Densidade da Comunidade Fitoplantônica e Número de Células de Cianobactérias (Figura 5.3 a Figura 5.6) e (Tabela 5.5 a Tabela 5.8) com os valores de cianotoxinas obtidos para os quatro pontos de praias interiores monitorados em 2022.

Reservatório Broa – BROA 02703

Figura 5.3 – Densidade da Comunidade Fitoplantônica e Número de Células de Cianobactérias no reservatório do Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2022.**Tabela 5.5** – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Broa (BROA 02703), município de Itirapina, em 2022.

Cianotoxina	17.01*	14.03*	13.06	25.09	12.12
MC (µg/L)	0,38	0,24	0,55	1,23	1,32
STX (µg/L)	< 0,02	0,10	0,55	0,24	0,28
CYN (µg/L)	NA	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

*Realizadas duas amostragens no mesmo trimestre.

NA = Não Analisado

Observa-se que o ambiente está eutrofizado, com dominância de Cianobactérias o ano todo. Os valores de Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (classe 2) em todas as amostragens.

Os organismos que foram mais representativos em termos de densidade de Células de Cianobactérias foram *Raphidiopsis*, *Aphanizomenon* e organismos da família *Aphanizomenonaceae*, os quais não produzem nata verde no ambiente.

Todas as amostras analisadas apresentaram resultados de cianotoxinas abaixo dos valores-guia para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.

Reservatório Guarapiranga - GUAR 00751

Figura 5.4 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00751), em frente ao Pôr do Yacht Club Paulista, em 2022.

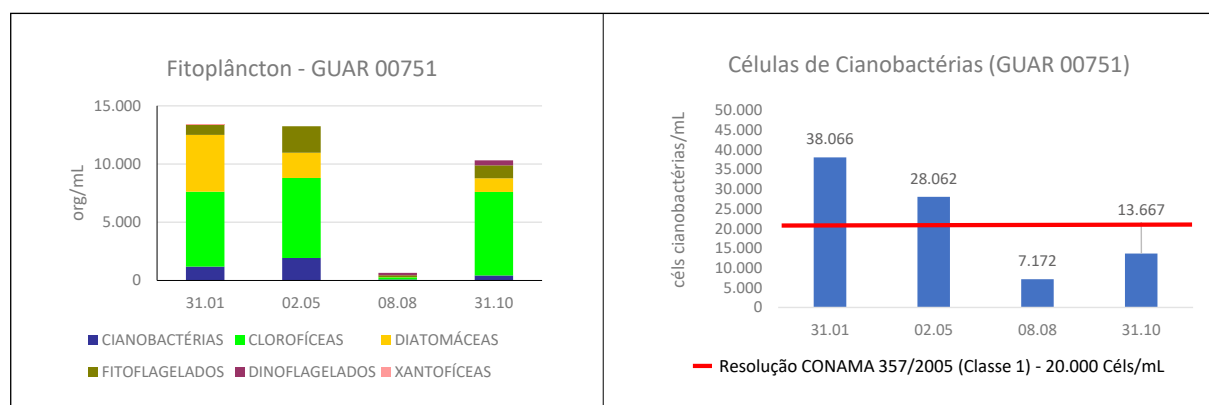


Tabela 5.6 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório Guarapiranga (GUAR 00751), em frente ao Pôr do Yacht Club Paulista, em 2022.

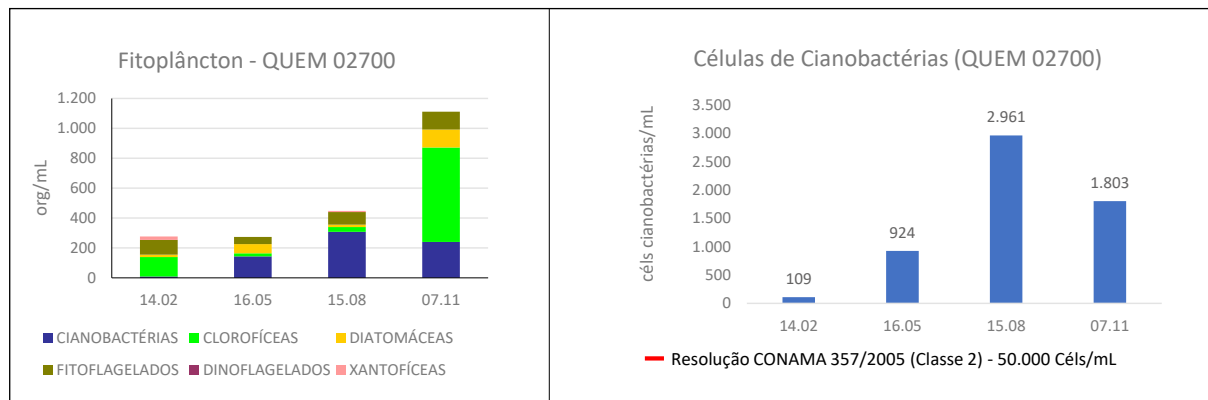
Cianotoxina	31.01	02.05	08.08	31.10
MC (µg/L)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
STX (µg/L)	NA	0,08	0,02	0,02
CYN (µg/L)	NA	0,11	NA	< 0,05

NA = Não Analisado

O ambiente apresentou dominância de Clorofíceas (grupo que não produz cianotoxinas) e densidade elevada de organismos fitoplanctônicos. Os valores de Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe Especial) em 50% das amostragens. Os organismos mais representativos em termos de densidade de Células de Cianobactérias foram *Aphanocapsa* e *Woronichinia*.

Todas as amostras analisadas apresentaram resultados de cianotoxinas abaixo dos valores-guia para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.

Córrego Moquéem - QUEM 02700

Figura 5.5 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Córrego Moquéem (QUEM 02700), no Lago Municipal Euclides Morelli, município de Santa Cruz da Conceição, em 2022.**Tabela 5.7** – Concentração de cianotoxinas no Córrego Moquéem (QUEM 02700), no Lago Municipal Euclides Morelli, município de Santa Cruz da Conceição, em 2022.

Cianotoxina	14.02	16.05	15.08	07.11
MC (µg/L)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
STX (µg/L)	NA	< 0,02	NA	< 0,02
CYN (µg/L)	NA	0,05	NA	< 0,05

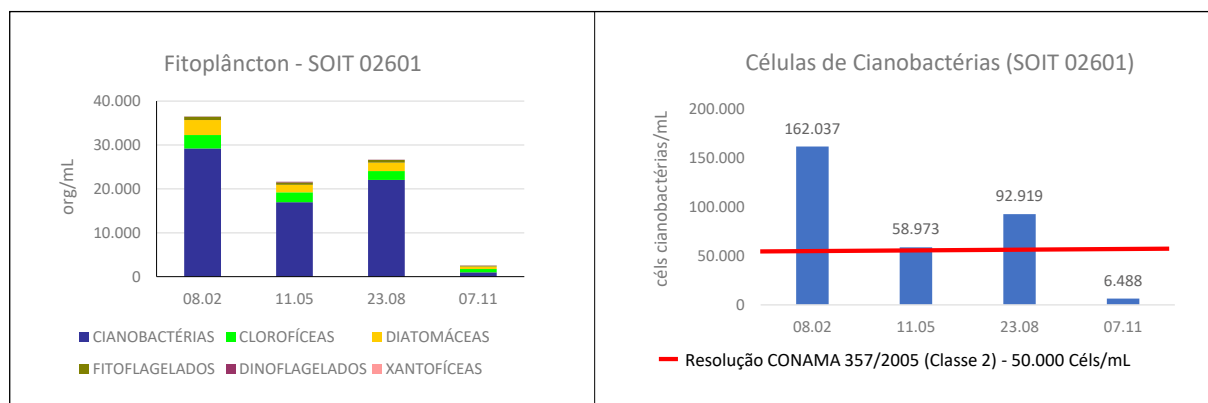
NA = Não Analisado

As densidades de organismos da comunidade fitoplanctônica e o Número de Células de Cianobactérias foram baixos nessa localidade. Os valores de Número de Células de Cianobactérias ficaram bem abaixo do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) em todas as amostragens, configurando baixo risco de exposição a Cianobactérias e cianotoxinas em atividades de recreação de contato primário nesse corpo de água.

O gênero mais representativo em termos de densidade de Células de Cianobactérias foi *Aphanocapsa*.

Todas as amostras analisadas apresentaram resultados de cianotoxinas abaixo dos valores-guia para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.

Reservatório Itupararanga - SOIT 02601

Figura 5.6 – Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2022.**Tabela 5.8** – Concentração de cianotoxinas no reservatório Itupararanga (SOIT 02601), praia do Piratuba, município de Ibiúna, em 2022.

Cianotoxina	08.02	11.05	23.08	08.11
MC (µg/L)	< 0,15	< 0,15	0,16	< 0,15
STX (µg/L)	0,66	0,25	0,28	0,13
CYN (µg/L ¹)	0,05	0,05	0,06	< 0,05

Observa-se que o ambiente está eutrofizado, com dominância de Cianobactérias praticamente o ano todo. Os valores de Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) em 75% das amostragens. O gênero mais representativo em termos de densidade de Células de Cianobactérias foi *Raphidiopsis*.

Todas as amostras analisadas apresentaram resultados de cianotoxinas abaixo dos valores-guia para água de recreação recomendados pela Organização Mundial da Saúde.

6 • Avaliação Biológica

Efluentes industriais, esgotos domésticos, presença de agrotóxicos, lixiviados de áreas urbanas e quaisquer outros contaminantes, carregados para ou lançados no corpo hídrico, alteram o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos e podem provocar impactos que impedem, ou prejudicam, os diferentes usos previstos da água. Análises químicas são geralmente capazes de identificar e quantificar as substâncias de origem antropogênica presentes na água, no entanto, o número de contaminantes presentes no ambiente é crescente e nem todos serão determinados em um programa de monitoramento. Mesmo para os compostos analisados, os resultados não permitem determinar os efeitos que estes compostos têm sobre os organismos que a eles estão expostos. Além disso, deve ser considerado que, na avaliação da qualidade ambiental, raramente um efeito observado decorre da ação de um único composto. Dessa forma, encontram-se no ambiente misturas complexas, compostas de inúmeras substâncias que podem ou não interagir entre si, podendo modificar as respostas esperadas para cada uma delas isoladamente. Há também a contaminação biológica, em que os poluentes são organismos que não fazem parte da fauna/flora original do ambiente aquático (espécies exóticas) e que podem ser danosos a outros organismos, podendo alterar a composição de espécies nativas, ou evidenciar a presença de efluentes domésticos/urbanos.

Além das variáveis químicas, o monitoramento da qualidade dos ambientes aquáticos também compreende uma série de testes e ensaios biológicos, que servem para 1) identificar a presença de microrganismos patogênicos, de indicadores de poluição doméstica e a presença de espécies exóticas ou; 2) avaliar os efeitos nocivos dos contaminantes químicos sobre os organismos e comunidades expostas.

Finalmente, a avaliação da qualidade dos ambientes aquáticos por meio das respostas das comunidades fito e zooplancônicas e de macroinvertebrados bentônicos, integrando o impacto de estressores químicos, físicos e biológicos, por meio de medidas relacionadas a alterações na sua estrutura e funcionamento, possibilita, por meio de índices biológicos, a classificação da qualidade dos ambientes, considerando a proteção da vida aquática.

Em 2020, foi incluído um novo parâmetro ao monitoramento de indicadores biológicos, relativo à presença de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19, (item 6.5) em rios localizados na Bacia do Alto Tietê, onde existe a maior densidade populacional do estado de São Paulo, em atendimento às atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizadas pela CETESB.

6.1 MICROBIOLOGIA

As variáveis microbiológicas avaliadas são indicadoras da contaminação do corpo hídrico por material fecal, de origem humana ou animal, que podem estar associadas a uma série de enfermidades veiculadas pela água, destacando-se as gastroenterites. Nestes ensaios, investiga-se a presença e a quantidade de

microrganismos no ambiente aquático, cujos limites estão estabelecidos por lei, a depender do uso da água. Esta análise tratará dos micro-organismos *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

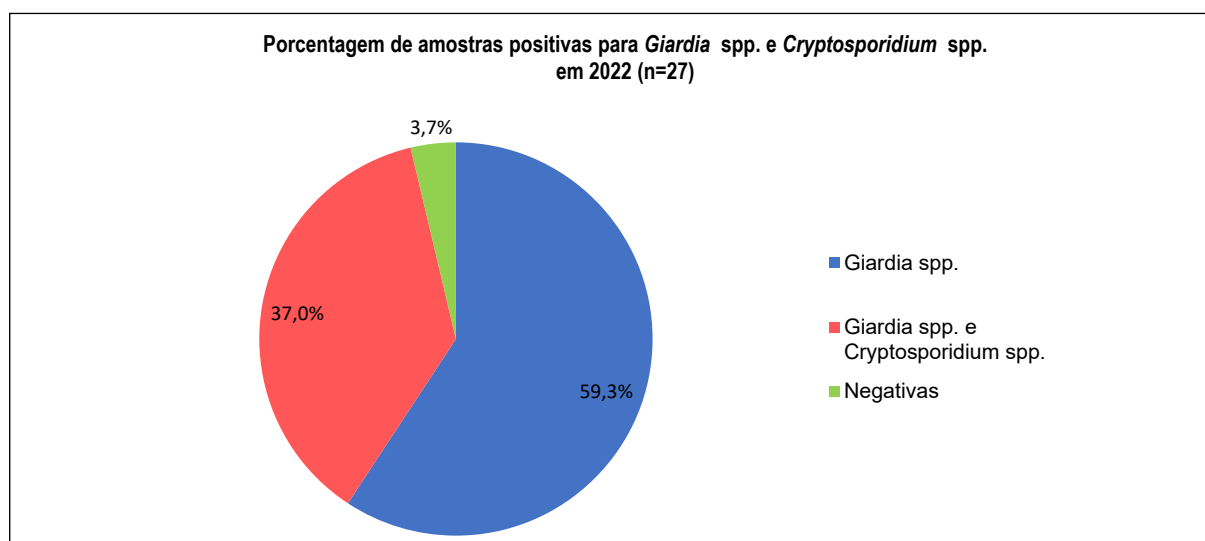
6.1.1 *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

Os ensaios de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. foram inseridos na Rede de Monitoramento em 2014, como parâmetro adicional para avaliar a qualidade de mananciais, considerando que a partir de dezembro de 2013, segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, as análises desses protozoários passaram a ser obrigatórias em mananciais superficiais com médias geométricas anuais superiores ou iguais a 1.000 *E. coli*/100 mL. A Portaria nº 2914/2011 foi substituída em 2017 pelo anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017/GM/MS. Em 2021, a legislação foi alterada pela Portaria nº 888/2021/GM/MS, que estabeleceu que essas análises devem ser realizadas por sistemas de abastecimento de água que realizam pré-oxidação no tratamento, em mananciais com média geométrica móvel maior ou igual a 1.000 *E. coli*/100mL. Em sistemas que não realizam pré-oxidação, essas análises somente devem ser realizadas quando os sistemas não comprovarem uma eficiência de remoção mínima de 2,5 log (99,7%) com base no monitoramento semanal de esporos de bactérias aeróbias na água bruta na entrada da ETA e na água filtrada.

Em 2022, o monitoramento de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. foi realizado em 7 pontos de captação, localizados nas UGRHs 2, 5, 6 e 10 do Estado de São Paulo. Os locais de coleta foram selecionados em conjunto com o Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado de Saúde do Estado de São Paulo (CVS/SES-SP), priorizando as captações com maiores médias desses parasitas nos monitoramentos dos anos anteriores.

Das 27 amostras analisadas, apenas uma (3,7%) apresentou-se negativa para *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. A porcentagem de amostras positivas somente para *Giardia* spp. foi de 59,3%, sendo que para ambos os protozoários foi observada positividade de 37,0% (Gráfico 6.1).

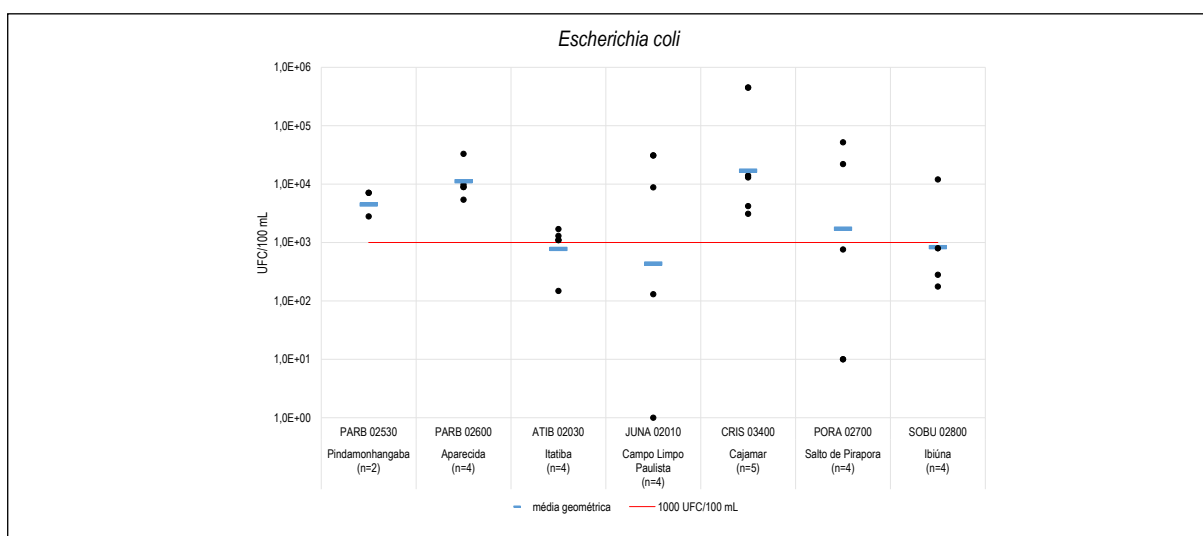
Gráfico 6.1 – Porcentagem de amostras positivas para os protozoários *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em pontos de captação do estado de São Paulo – 2022



Dos 7 pontos analisados, apenas as captações de Itatiba (ATIB 02030), Campo Limpo Paulista (JUNA 02010) e Ibiúna (SOBU 02800) apresentaram média geométrica de *E. coli* abaixo de 1.000 UFC/100 mL (Gráfico

6.2). No entanto, quase a totalidade dos pontos analisados, exceto JUNA 02010 e SOBU 02800, não atendeu à Resolução CONAMA nº 357/2005, quanto aos limites estabelecidos para este parâmetro para corpos de água destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional e/ou avançado (Decisão de Diretoria 112/2013/E, de 9.4.2013 que estabelece os valores limites para *E. coli* para avaliação da qualidade dos corpos de águas do território do Estado de São Paulo). A regulamentação estabelece, para pontos de captação, que as concentrações de *E. coli* não devem exceder os limites de 600 UFC/100 mL para rios Classe 2 e de 2400 UFC/100 mL para Classe 3, em 80%, ou mais, de pelo menos seis amostras coletadas.

Gráfico 6.2 – Concentrações de *E. coli* e médias anuais geométricas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. em 2022



Apesar da Portaria nº 888/2021/GM/MS requerer a análise de *Giardia* spp., a mesma não fixa nenhum limite para esse protozoário. No entanto, para garantir a qualidade da água de consumo humano, de acordo com os critérios internacionais (USEPA, 2006, Health Canada, 2019; SI, 2018; EU, 2020), embasados em uma abordagem de avaliação de risco, os sistemas produtores de água tratada devem garantir no processo de tratamento uma remoção mínima de 3 logs e/ou inativação dos cistos de *Giardia* spp., sendo que a meta é a ausência desse protozoário na água tratada.

Muitos mananciais, dependendo do seu nível de contaminação, irão requerer uma redução maior do que 3 logs para manter um nível de risco ou carga de doenças tolerável para a população que consome a água procedente desses mananciais. O risco tolerável de infecção anual estabelecido pela USEPA para água de consumo humano e adotado internacionalmente é de 10^{-4} (1 caso de infecção para 10.000 pessoas). A Organização Mundial da Saúde (OMS) dentro do Plano de Segurança da Água estabelece como meta de carga dessas doenças diarreicas 10^{-6} DALY/pessoa/ano (*Disability Adjusted Life Years* - anos de vida perdidos por morte prematura ou incapacidade ajustados a expectativa de vida ideal), valor equivalente a um risco de infecção anual de $6,7 \times 10^{-4}$ (WHO, 2017; Health Canada, 2019). Considerando os critérios recomendados pelo Canadá que usa a abordagem de DALYs, valores acima de 0,21 cistos/L de *Giardia* spp. na água bruta captada, tratada em sistemas que garantam 3 logs de redução, representariam riscos maiores que 10^{-6} DALY/pessoa/ano (Health Canada, 2019).

Todos os pontos analisados apresentaram na água bruta concentrações médias de *Giardia* spp. acima de 0,21 cistos/L, e, portanto, com base nos critérios de análises de risco, os sistemas produtores de água devem garantir

eficiência de remoção/inativação acima de 3 logs (**Gráfico 6.3**). Nas captações de Pindamonhangaba, Aparecida, Campo Limpo Paulista e Salto de Pirapora, que apresentaram concentrações acima de 2,1 cistos/L, a meta de tratamento deve ser superior a 4 logs de redução. A captação de Cajamar apresentou concentrações superiores a 22,1 cistos/L, com máxima de 234,6 cistos/L, sendo necessária uma eficiência de remoção superior a 5 logs para garantir a produção de água dentro dos critérios de qualidade baseados em risco microbiológico (Figura 6.1).

Gráfico 6.3 – Concentrações de oocistos de *Giardia* spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2022. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 cistos/L ($LQ/\sqrt{2}$)

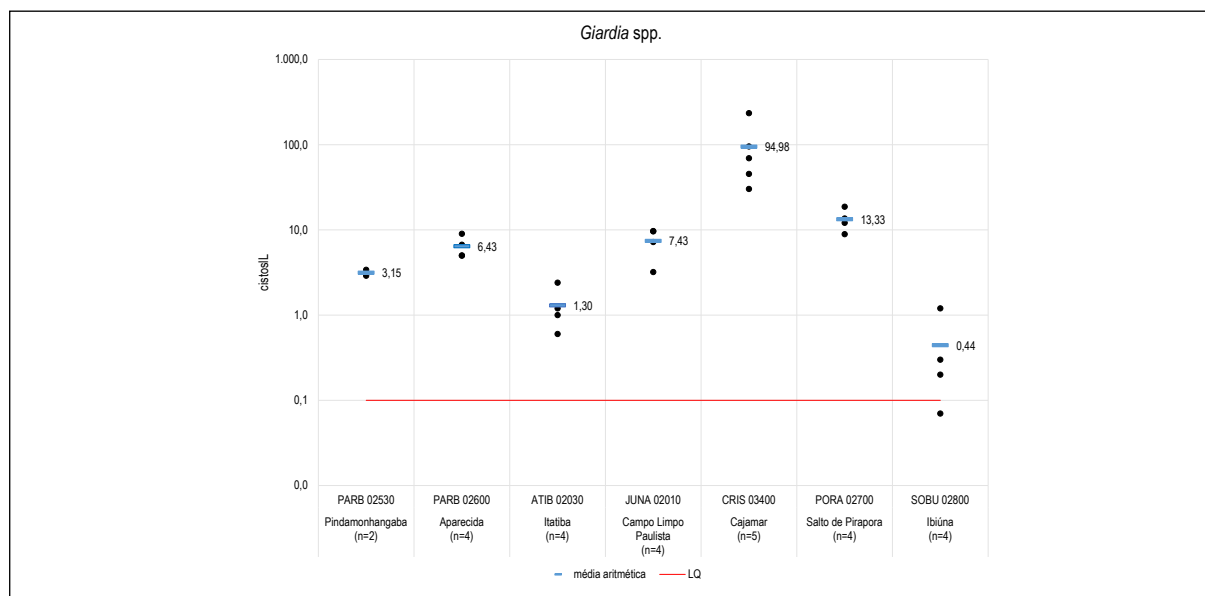
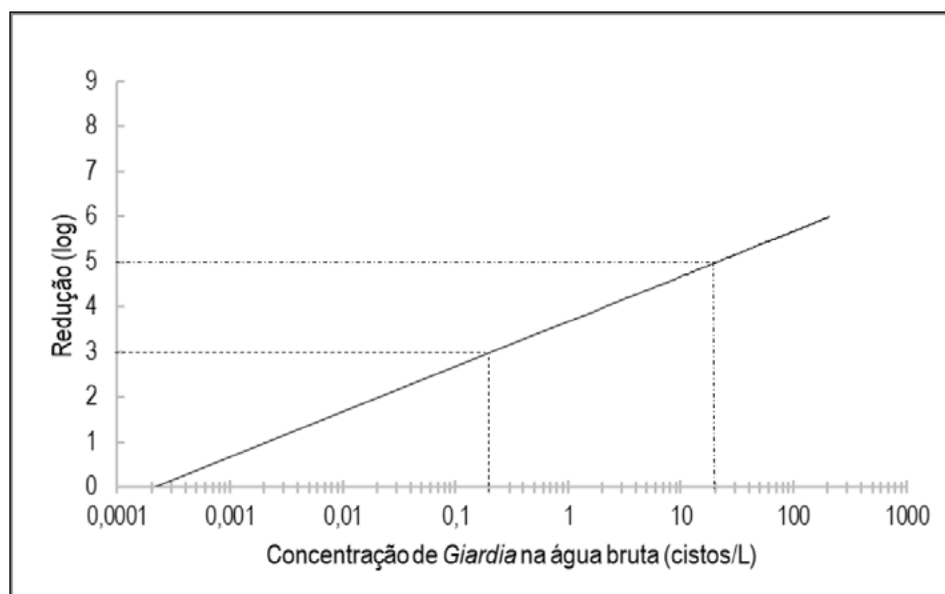


Figura 6.1 – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de cistos de *Giardia* spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10^{-6} DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável.



Nenhuma das captações analisadas apresentou média anual de *Cryptosporidium* spp. superior ao limite estabelecido pela Portaria nº 888/2021/GM/MS de 1,0 oocistos/L (Gráfico 6.4). No entanto, deve-se

ressaltar que esse limite não foi estabelecido com base em critérios de avaliação de risco, como recomendado pelas principais legislações internacionais. Os sistemas produtores de água com captações que apresentaram concentrações de *Cryptosporidium* acima de 0,1 oocisto/L devem garantir eficiência de tratamento superior a 3 logs (Figura 6.2), o que foi o caso para quatro das captações monitoradas, sendo exceção os pontos de Pindamonhangaba (PARB 02350), Itatiba (ATIB 02030) e Ibiúna (SOBU 02800).

Gráfico 6.4 – Concentrações de cistos de *Cryptosporidium* spp. com médias anuais aritméticas nos pontos de captação avaliados no monitoramento de 2022. Os valores abaixo do limite de quantificação (LQ = 0,1) foram considerados como 0,07 oocistos/L ($LQ/\sqrt{2}$)

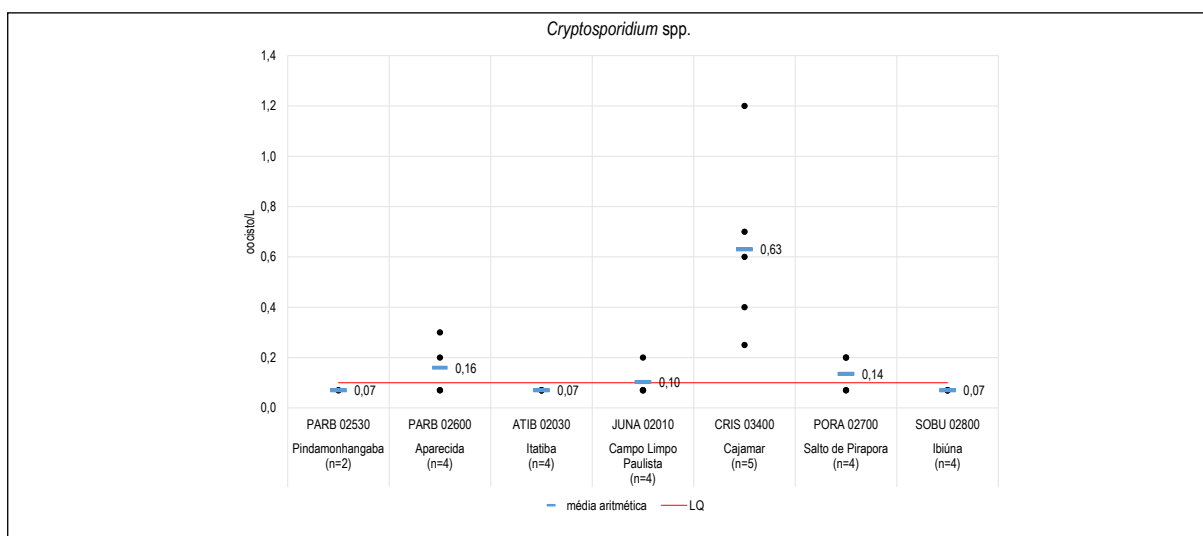
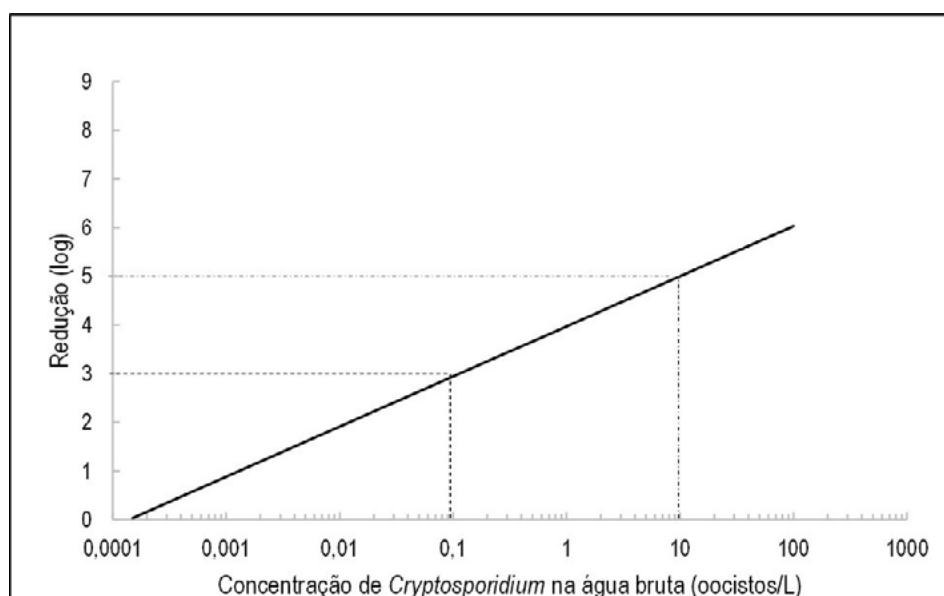


Figura 6.2 – Meta de tratamento (redução em log) com base na concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. na água bruta, para atingir um nível aceitável de risco de 10^{-6} DALYs / pessoa por ano com base no consumo diário de 1 L de água potável



Os mananciais avaliados em 2022 apresentam contaminação por efluente doméstico, evidenciada pelas elevadas concentrações médias de *E. coli*, constantemente superiores a 1000 UFC/100 mL, além da presença do protozoário *Giardia* spp. em quase todas as amostras analisadas. Considerando as elevadas concentrações de *Giardia* spp. nesses mananciais e a eficiência de remoção limitada dos tratamentos de água nos sistemas de abastecimento, enfatiza-se a necessidade de uma avaliação de risco e gestão de risco das bacias de drenagem afim de reduzir o nível de tratamento requerido para a produção de água destinada ao consumo humano. Essas medidas devem ter como principal objetivo a proteção dos mananciais, com a identificação dos perigos e eventos perigosos importantes que possam afetar a segurança do sistema de abastecimento de água. Este tipo de abordagem requer uma avaliação do sistema para caracterizar a água de origem, descrever as barreiras de tratamento existentes, identificar as condições que podem resultar em contaminação e implementar as medidas de controle necessárias para mitigar os riscos, como por exemplo proteção das fontes de água, tratamento e monitoramento operacional adequados e planos de contingência (Health Canada, 2019).

De acordo com o Plano de Segurança da Água da OMS (WHO, 2022), o estabelecimento de medidas de proteção do sistema de abastecimento de água é possibilitado pela conjugação de diversos fatores como evidências epidemiológicas, avaliação quantitativa de risco químico e microbiológico, estabelecimento de nível de risco ou carga de doença tolerável e avaliação de desempenho do tratamento e da qualidade da água. Os resultados do monitoramento ambiental de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. configuram-se como evidências importantes, mas que precisam ser complementadas por evidências quantificáveis de incidência ou prevalência das doenças de veiculação hídrica e por dados de eficiência de tratamento, direcionando, assim, o estabelecimento de medidas de controle apropriadas. Neste sentido, estes resultados evidenciam a necessidade de uma política de gestão de risco, a ser efetivada pelo Centro de Vigilância Sanitária, em conjunto com as empresas de saneamento, visando intensificar a proteção dos mananciais e aprimorar os sistemas de tratamento de água e esgoto.

6.2 TOXICOLOGIA

Os ensaios toxicológicos permitem avaliar os efeitos adversos causados por contaminantes químicos aos organismos. Os efeitos avaliados dependem de cada teste, podendo ser alterações em processos bioquímicos celulares, alterações no material genético, mudanças de comportamento, ou até mesmo a morte dos organismos. Os efeitos, por sua vez, podem ser verificados em diferentes organismos, sejam eles habitantes naturais do local estudado ou organismos-padrão, representantes de diferentes níveis tróficos do ambiente.

Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos realizados com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em 318 pontos de monitoramento, estão apresentados no **Capítulo 5** deste Relatório, uma vez que integram o IVA, referente à proteção das comunidades aquáticas.

6.2.1 Testes de Mutagenicidade

Os ensaios de mutagenicidade avaliam a presença de compostos genotóxicos, capazes de induzir alterações no material genético dos organismos e causar mutações. São utilizados como ferramenta auxiliar no diagnóstico ambiental e complementam as análises químicas e toxicológicas, sendo indicadores da presença de grupos químicos específicos potencialmente cancerígenos nas amostras analisadas. A inclusão desses testes no monitoramento da qualidade das águas em pontos de captação é uma ação de precaução. A ocorrência sistemática de atividade mutagênica em determinado local, isto é, em várias campanhas de coleta, pode direcionar uma investigação das possíveis fontes de contaminação, priorizando locais de intervenção e orientando as análises químicas, e, assim, auxiliar ações de controle da poluição.

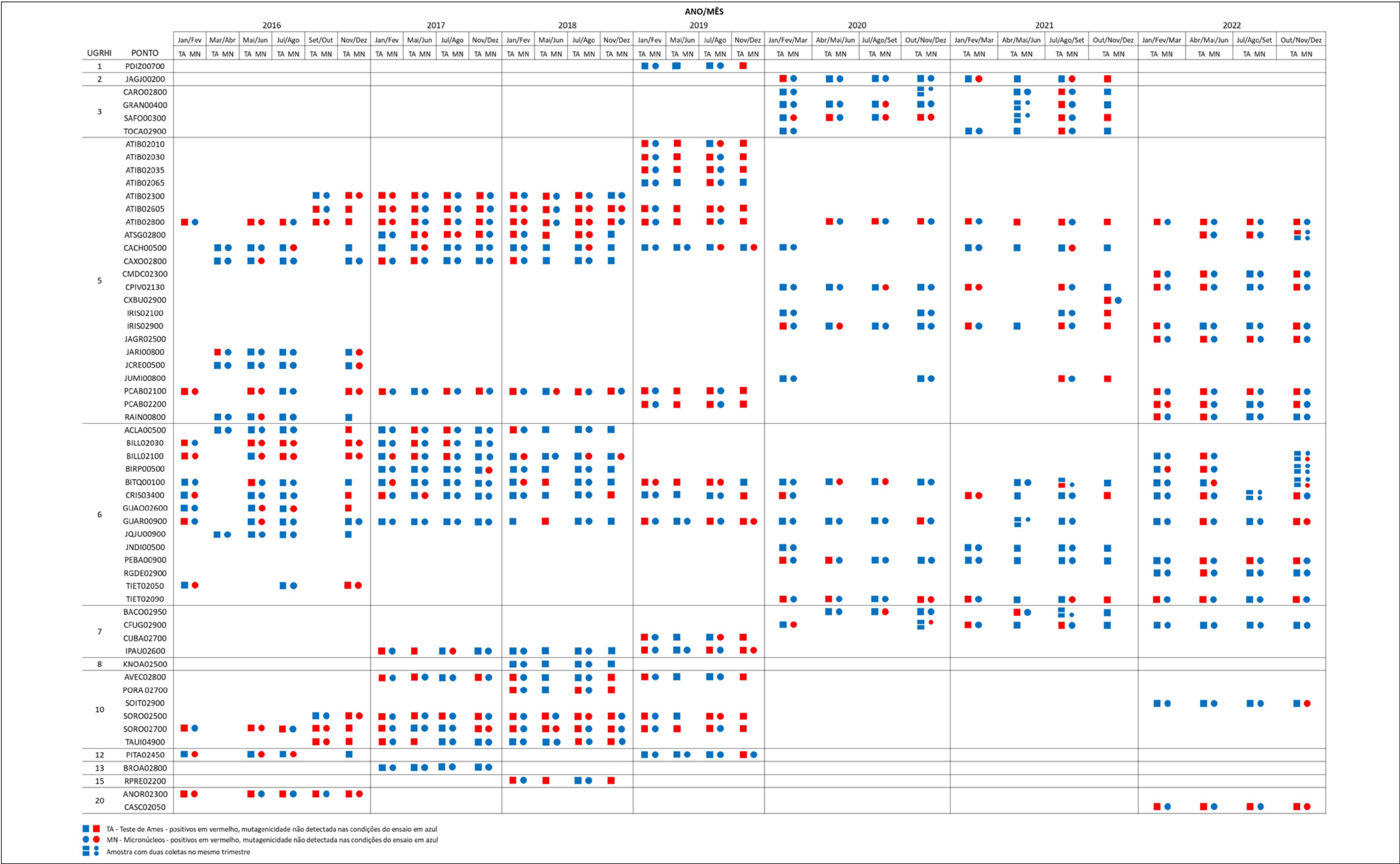
O teste de mutagenicidade conhecido como *Salmonella*/microsoma ou Teste de Ames é usado na avaliação de amostras ambientais com o objetivo de detectar a presença de compostos capazes de induzir mutações de ponto no DNA dos organismos expostos. O teste é realizado com diferentes linhagens da bactéria *Salmonella Typhimurium*.

Em 2022, o teste de *Salmonella*/microsoma foi realizado em amostras de água bruta coletadas em 4 campanhas em 20 locais do estado de São Paulo. Das 81 amostras analisadas, 45 apresentaram mutagenicidade, conforme Figura 6.3. Essa figura traz também os resultados obtidos para os locais estudados nos últimos 7 anos.

Assim como o teste de Ames, o ensaio de Micronúcleos *in vitro* é uma ferramenta bioanalítica para a detecção da presença de compostos genotóxicos na amostra ambiental. Em complementação ao primeiro, em que são detectadas apenas mutações de ponto na molécula de DNA dos organismos expostos, este ensaio revela a presença de mutágenos capazes de induzir alterações cromossômicas. Este teste é realizado em células de mamífero em cultura (células V79).

Em 2022 foram monitorados 20 pontos, amostrados em 4 campanhas, totalizando 81 amostras, cujos resultados encontram-se na Figura 6.3. Entre as amostras testadas, 8 apresentaram mutagenicidade. Considerando os dados obtidos nos últimos 7 anos, verifica-se que dentre as amostras analisadas com o teste de Ames e o ensaio de micronúcleo na mesma amostra/campanha (n=426), 51% apresentaram resultados concordantes entre os dois ensaios, sejam positivos ou negativos. Dessas, 40% das amostras foram negativas em ambas as análises, 11% foram positivas para os dois ensaios, inferindo-se, nesses casos, que os compostos responsáveis pela atividade mutagênica presente nessas amostras são capazes de induzir tanto mutações de ponto como alterações cromossômicas. Aproximadamente 11% das amostras foram positivas apenas no ensaio de micronúcleo, indicando um incremento no diagnóstico ambiental após a inclusão dessa análise.

Figura 6.3 – Resultados qualitativos de mutagenicidade dos ensaios de Salmonella/microsoma e Micronúcleo nas amostras de água avaliadas no período de 2016 a 2022



Nesses anos a avaliação da mutagenicidade dos extratos orgânicos das águas superficiais concentrou-se principalmente nas UGRHs 5 e 6, uma vez que estas são bacias com alta ocupação demográfica e concentram atividades industriais.

Em 2022, a mutagenicidade esteve presente de forma abrangente na UGRHI 5. Nas bacias dos rios Capivari e Jundiá, nos pontos CPIV 02130, na captação de Campinas, e IRIS 02900 (Ribeirão Pirai), na barragem de captação dos municípios de Salto e Indaiatuba, respectivamente, foi detectada mutagenicidade. No ponto IRIS 02900, nas duas campanhas do período chuvoso de 2022, a atividade mutagênica na ausência de ativação metabólica foi baixa, mas tem sido constante ao longo dos últimos três anos em pelo menos duas campanhas. Já a atividade mutagênica na presença de ativação metabólica, diferentemente dos anos anteriores (2020 e 2021), foi detectada apenas na primeira campanha, porém com valor elevado. No ponto CPIV 02130, foi detectada atividade mutagênica baixa a moderada tanto na ausência como na presença de ativação metabólica em 3 das 4 campanhas. Esse ponto vem sendo monitorado desde 2020 e, com base nos resultados de mutagenicidade, a qualidade da água vem decaindo.

Os sete pontos estudados na bacia do Rio Piracicaba apresentaram mutagenicidade em mais de uma campanha durante 2022. Na sub-bacia do Rio Atibaia, o Reservatório Atibainha (RAIN 00880) apresentou atividade mutagênica baixa na ausência de ativação metabólica nas duas primeiras campanhas do ano. Na avaliação anterior, em 2016, não houve detecção de atividade mutagênica pelo teste de Salmonella/microsoma, mas houve detecção pelo Ensaio do Micronúcleo em uma campanha. No Rio Atibaia, foram estudados dois pontos, o ATIB 02800, na captação de Sumaré, e o ATSG 02800, no Reservatório Salto Grande. O ponto ATIB 02800, localizado a jusante do polo petroquímico de Paulínia, vem apresentando sistematicamente atividade mutagênica. Entre 2016 e 2018, os resultados foram explicados pela presença de compostos capazes de provocar tanto mutações de ponto como estruturais, porém desde 2019 não houve mais detecção de atividade mutagênica com o Ensaio do Micronúcleo, indicando que a mutagenicidade verificada está relacionada a compostos indutores de mutações de ponto. O ponto no Reservatório Salto Grande, estudado em 2017 e 2018, já apresentava atividade mutagênica na maior parte das campanhas ao longo do ano, assim como em 2022, indicando a manutenção da qualidade ruim em relação a mutagenicidade. Na sub-bacia do Rio Jaguari foi avaliado um ponto no Rio Camanducaia, CMDC 02300, a montante da captação de Amparo, e um outro no Rio Jaguari, JAGR 02500, próximo às captações de Paulínia e Hortolândia. No ponto CMDC 02300, foi detectada atividade mutagênica na ausência de ativação metabólica em 3 das 4 campanhas. Já no JAGR 02500, as amostras das 4 campanhas apresentaram atividade mutagênica com e sem ativação metabólica. Além de estar a jusante de uma indústria farmacêutica, nesse trecho o Rio Jaguari já recebe as contribuições do rio Camanducaia, seu principal afluente.

No Rio Piracicaba foram estudados dois pontos, PCAB 02100, a jusante da captação de água de Americana e próximo ao encontro das águas do Rio Jaguari com o Rio Atibaia, e PCAB 02220, na captação de Piracicaba. O ponto PCAB 02100, assim como o ATIB 02800, tem sistematicamente apresentado atividade mutagênica. O ponto PCAB 02220, situado a jusante da foz do ribeirão Piracicamirim, foi estudado em 2019 quando apresentou atividade mutagênica nas 4 campanhas. Em 2022, foi detectada atividade mutagênica em 3 das 4 campanhas. Em 2023, será estudado o ponto PIMI 02900, localizado na foz do ribeirão Piracicamirim, para investigar suas contribuições nesse trecho do Rio Piracicaba.

Na UGRHI 6 foram estudados em 2022, seis pontos em 4 reservatórios: Billings (BILL 02100, BITQ 00100 e BIRP 00500), Guarapiranga (GUAR 00900), Rio Grande (RGDE 02900) e Taiaçupeba (PEBA 00900), na cabeceira do Rio Tietê. Também no trecho da cabeceira foi estudado o ponto TIET 02090 (captação de Mogi das Cruzes). O monitoramento do ribeirão dos Cristais (CRIS 03400), afluente do Rio Tietê, na captação da ETA de Cajamar, continuou em 2022.

Historicamente destaca-se a atividade mutagênica detectada com o Ensaio do Micronúcleo no ponto BILL 02100, com melhora da qualidade em 2022, por apresentar resultado positivo em apenas uma campanha, diferentemente de 2016 e 2018.

O Reservatório Taiaçupeba vinha apresentando melhora da qualidade, do ponto de vista da mutagenicidade, desde o segundo semestre de 2020, mas em 2022 apresentou atividade mutagênica baixa a moderada em 3 das 4 campanhas. A captação de Mogi das Cruzes (TIET 02090) não apresentou atividade mutagênica no período entre 2000 e 2003 e no ano de 2011, porém nos últimos três anos tem mostrado piora da qualidade, com detecção de atividade mutagênica em 3 das 4 campanhas anuais.

A segunda campanha de amostragem realizada no Ribeirão dos Cristais apresentou atividade mutagênica elevada e muito discrepante dos valores obtidos esporadicamente nesse local. A fim de investigar, nova coleta foi realizada logo em seguida e os resultados foram negativos, indicando a ocorrência de um despejo pontual no local. Na última campanha de 2022 houve detecção de atividade mutagênica baixa. O monitoramento nesse local continuará em 2023.

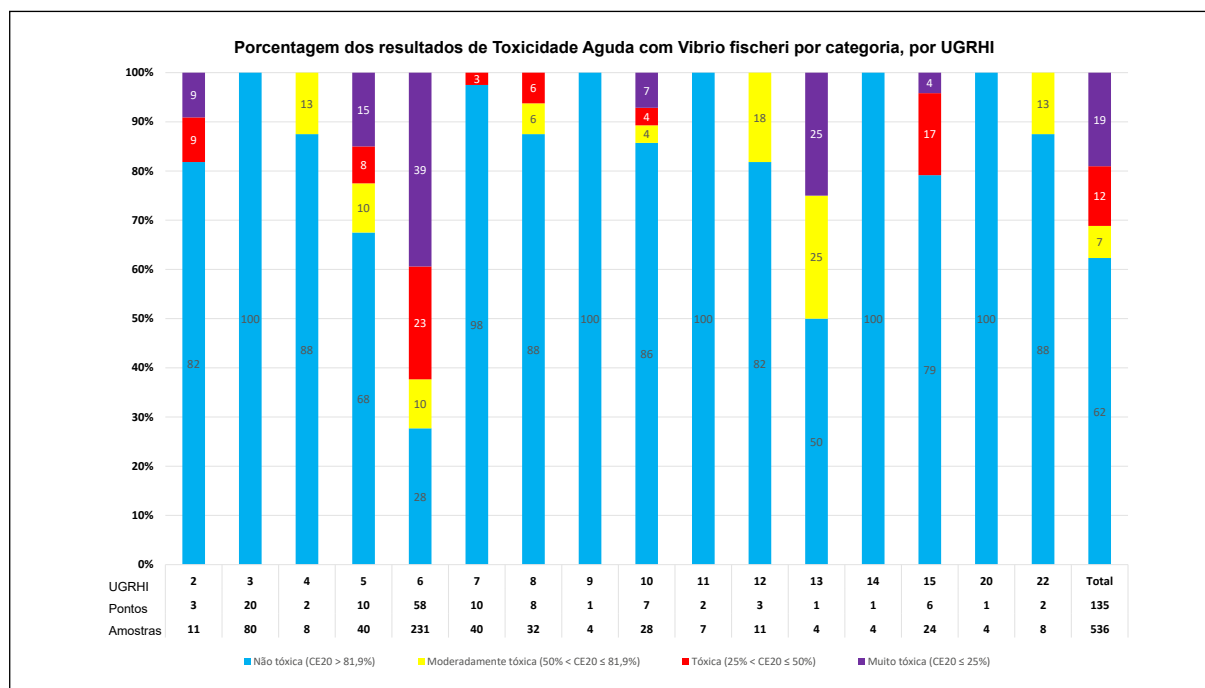
Nas UGRHIs 7, 10 e 20 foi avaliado 1 ponto, respectivamente, CFUG 02900, SOIT 02900 e CASC 02050. Entre eles, destacam-se o Canal de Fuga II da Usina Hidroelétrica Henry Borden (CFUG 02900), onde não foi detectada atividade mutagênica, diferentemente dos dois anos anteriores, e o Reservatório Cascata (CASC 02050), onde houve detecção de atividade mutagênica em todas as campanhas de 2022. Esse reservatório também foi monitorado em 2012, quando não houve resultados positivos.

6.2.2 Toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox®)

A bactéria marinha luminescente *Vibrio fischeri* emite luz naturalmente em ambientes aquáticos. O ensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Sistema Microtox®) baseia-se na exposição da bactéria a uma amostra durante 15 minutos. Na presença de substâncias tóxicas a luminescência diminui, sendo esta diminuição de intensidade de luz proporcional à toxicidade da amostra. A bactéria apresenta alta tolerância a baixas concentrações de oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal, sendo este ensaio empregado principalmente na avaliação de corpos hídricos Classe 4, altamente impactados, e nos casos em que há suspeita da presença de compostos xenobióticos. Em corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3, o ensaio é empregado com o objetivo de complementar o monitoramento ecotoxicológico em locais que não são monitorados por meio de outros ensaios.

Em 2022 foram testadas 536 amostras de água, para o ensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri*, coletadas em 135 pontos distribuídos em 16 UGRHIs. Os resultados foram classificados em quatro categorias adotadas para esta avaliação, adaptadas de Coleman & Qureshi (1985). O Gráfico 6.5 exhibe a porcentagem de resultados de Toxicidade Aguda, por UGRHI, distribuídos em cada categoria.

Gráfico 6.5 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* nas amostras de água, por UGRHI, distribuídos em cada categoria



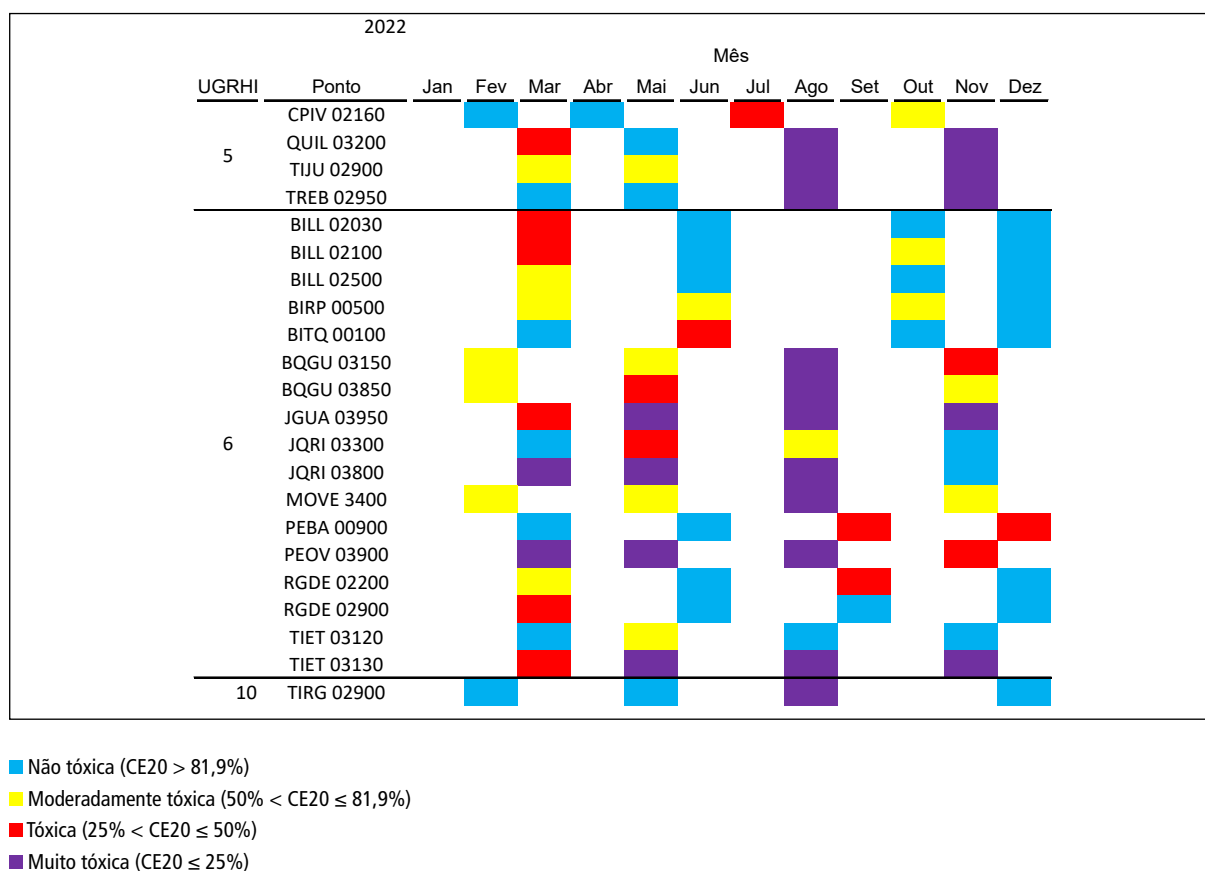
Dentre as amostras analisadas, 244 foram coletadas em 61 pontos localizados em águas doces enquadrados nas Classes Especial, 2 e 3. Nestas classes não deve ocorrer Toxicidade Aguda a organismos aquáticos, porém, em 2022, 55 amostras de 22 pontos (Tabela 6.1) exibiram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri*. A Figura 6.4 apresenta para esses 22 pontos a classificação das amostras que apresentaram Toxicidade Aguda para o organismo, nos respectivos meses.

Tabela 6.1 – Descrição dos pontos de Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram Toxicidade Aguda para o *Vibrio fischeri*

UGRHI	Código	Local
5	CPIV 02160	Rio Capivari
	QUIL 03200	Ribeirão Quilombo
	TIJU 02900	Ribeirão Tijuco Preto
	TREB 02950	Ribeirão Três Barras
6	BILL 02030	Reservatório Billings
	BILL 02100	Reservatório Billings
	BILL 02500	Reservatório Billings
	BIRP 00500	Braço do Rio Pequeno
	BITQ 00100	Braço do Ribeirão Taquacetuba
	BQGU 03150	Rio Baquirivu-Guaçu
	BQGU 03850	Rio Baquirivu-Guaçu
	JGUA 03950	Rio Jaguari
	JQRI 03300	Rio Juqueri
	JQRI 03800	Rio Juqueri
	MOVE 03400	Ribeirão Moinho Velho
	PEBA 00900	Reservatório Taiaçupeba

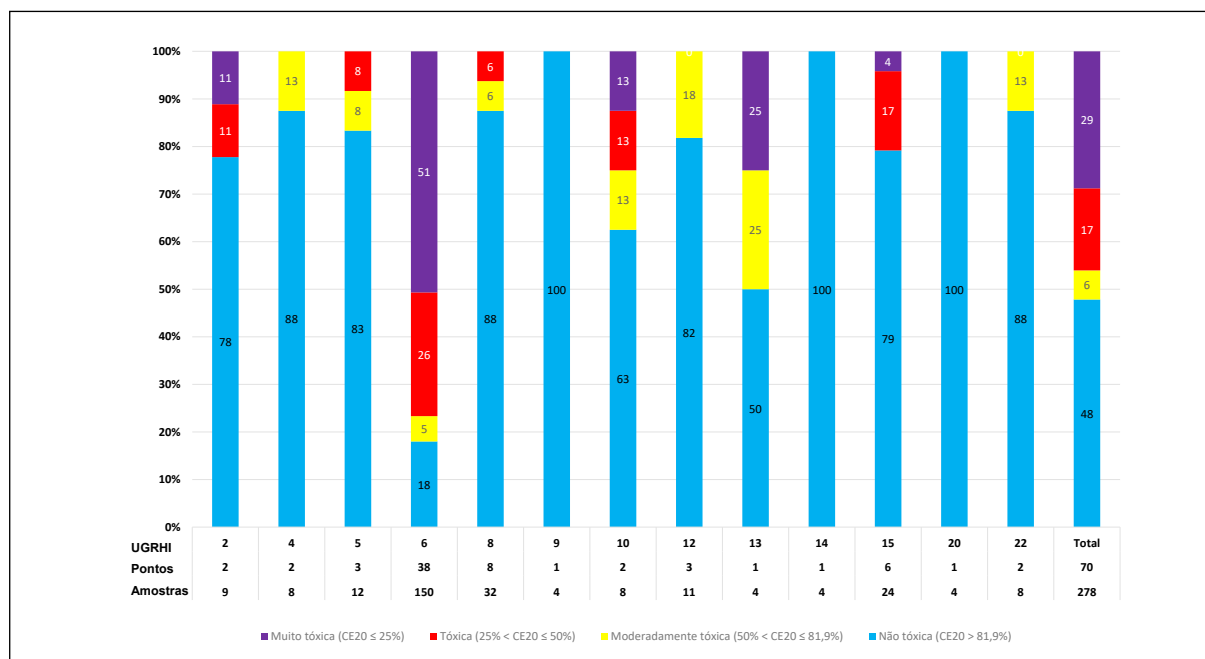
UGRHI	Código	Local
6	PEOV 03900	Ribeirão Perová
	RGDE 02200	Reservatório do Rio Grande
	RGDE 02900	Reservatório do Rio Grande
	TIET 03120	Rio Tietê
	TIET 03130	Rio Tietê
10	TIRG 02900	Reservatório de Rasgão

Figura 6.4 – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri* em 2022.



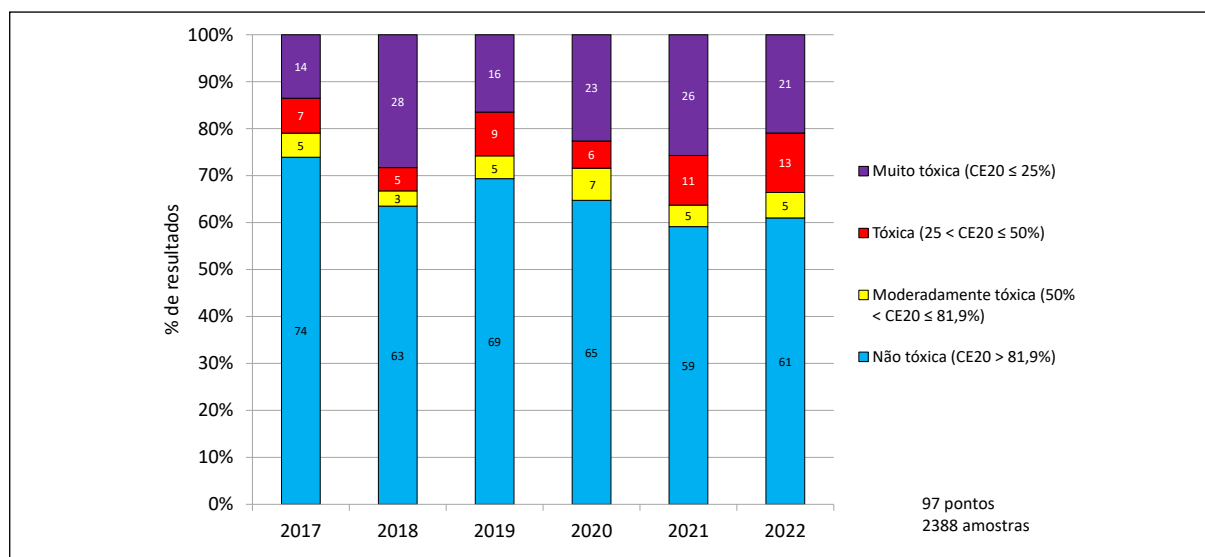
Nos corpos hídricos de Classe 4, representados por 70 pontos, foram testadas 278 amostras. O Gráfico 6.6 apresenta a porcentagem de resultados, distribuídos em cada categoria, por UGRHI, para esses pontos. Destacam-se os resultados na UGRHI 6, com porcentagem elevada de amostras apresentando toxicidade.

Gráfico 6.6 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* nas amostras de água Classe 4, distribuídos em cada categoria, por UGRHI



O Gráfico 6.7 apresenta o histórico dos resultados da Toxicidade Aguda para a bactéria *Vibrio fischeri* nos corpos hídricos do Estado de 97 pontos avaliados sistematicamente entre os anos de 2017 e 2022, localizados nas UGRHIs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15 e 22.

Gráfico 6.7 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* nos pontos coincidentes nos anos de 2017 a 2022



Os resultados de 2022 sugerem uma pequena variação em relação ao ano de 2021, o que indica que não houve alteração significativa na qualidade dos corpos d'água avaliados frente a este parâmetro de um ano para o outro. Em relação ao período de 2017 a 2022 a distribuição dos resultados não permite uma avaliação conclusiva quanto à tendência de melhora ou piora da qualidade dos corpos de água quanto à toxicidade.

6.3 COMUNIDADES AQUÁTICAS

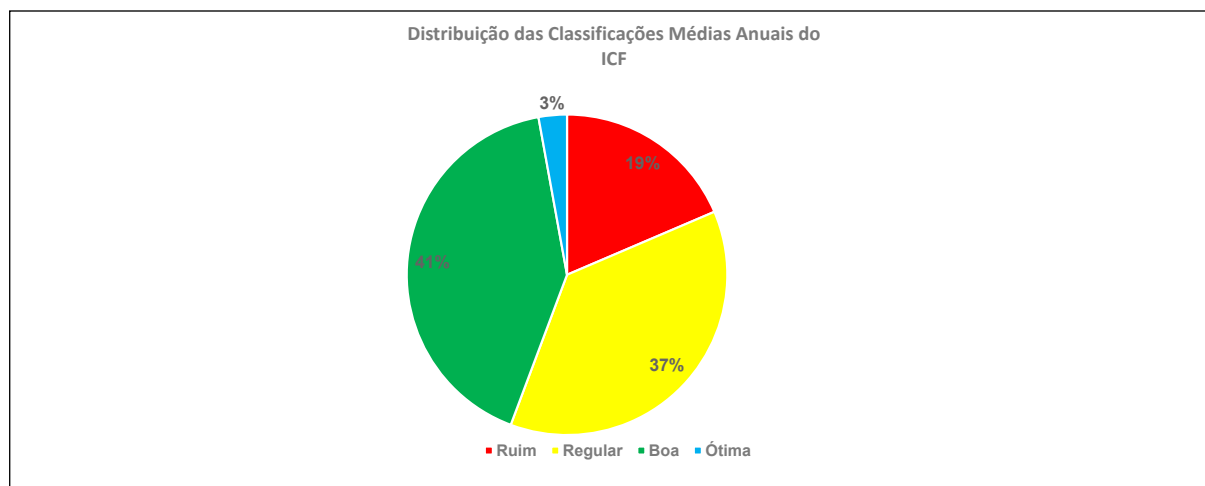
Alterações estruturais ou funcionais das comunidades aquáticas são utilizadas na avaliação de impactos ambientais. Indicadores como o número total de organismos, presença ou ausência de espécies sensíveis ou tolerantes, grau de dominância de grupos ou espécies, presença de espécies introduzidas, entre outros, podem ser traduzidos em índices numéricos, ou em avaliações qualitativas. Cada um dos indicadores definidos pode ser avaliado individualmente ou de modo integrado em índices multimétricos. Com base nesses preceitos, a CETESB adota diversos índices para as comunidades aquáticas no seu monitoramento da qualidade dos corpos hídricos.

6.3.1 Comunidade Fitoplanctônica

Para o cálculo do Índice de Comunidade Fitoplanctônica (ICF), foram amostrados 70 pontos, que estão distribuídos em dezoito UGRHI (2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 e 22). Desse total de pontos, 48 estão situados em reservatórios e 22 em rios e córregos. A frequência mínima de amostragem por ponto é de quatro vezes ao ano.

As avaliações dos pontos situados nos reservatórios do Sistema Cantareira e reservatórios Billings, Guarapiranga e Ituparanga, além dos pontos situados em braços e afluentes do Rio Tietê e do Reservatório de Promissão até a entrada no Reservatório Três Irmãos serão discutidas em detalhes no **Capítulo 7**. A Figura 6.5 apresenta a distribuição das médias anuais do ICF nos 70 pontos. O quadro completo pode ser encontrado no **Apêndice L – Tabela 7**.

Figura 6.5 – Distribuição das classificações médias anuais do ICF para os pontos amostrados em 2022



Os pontos que tiveram classificação anual Ruim fazem parte das UGRHI 5, 6, 7, 10 e 16, com destaque para os Reservatórios do Rio Tietê (Barra Bonita e Promissão), Represa do Salto Grande, em Americana, e diversos pontos monitorados no Reservatório Billings, localizado no RMSP. O resumo estatístico do diagnóstico anual Ruim, em comparação com 2021, foi inserido no Quadro 6.1, a seguir. De modo geral, os fatores que mais influenciaram o ICF nesses pontos foram o Índice de Estado Trófico – IET, variando de Mesotrófico a Hipereutrófico, elevadas densidades de organismos e dominância de Cianobactérias.

Quadro 6.1 – Resumo estatístico do diagnóstico anual Ruim em porcentagens aproximadas

Porcentagem de pontos que mantiveram sua condição	80%	JARI 00800; ATSG 02800; CFUG 02900; TIBB 02700; ESGT 02050; TIPR 02990; BILL 02030; BILL 02100; BILL 02500; BITQ 00100
Porcentagem de pontos que pioraram (Regular para Ruim)	20%	BFAR 02250, BMAN 02250, TIPR 02400

As classificações anuais Regulares foram registradas nas UGRHI 4, 5, 6, 10, 13, 14, 15, 19, 20 e 22. A Porcentagem de pontos que mantiveram sua condição foi de 58% e o resumo estatístico do diagnóstico anual, em comparação com 2021, foi inserido no Quadro 6.2:

Quadro 6.2 – Resumo estatístico do diagnóstico anual Regular em porcentagens aproximadas

Porcentagem de pontos que pioraram (Bom para Regular)	23%	BARI 02950; PCAB 02100; JNDI 00500; JQJU 00900; ABAN 02800 e PARN 02900
Porcentagem de pontos que melhoraram (Ruim para Regular)	8%	SOIT 02100 e CASC 02050
Porcentagens de pontos não comparáveis	11%	PGUI 02700, SMIG 02800 e RPPE 02200

Observação: Alguns pontos não tiveram o ICF anual calculado em 2021 devido à diminuição das amostragens em função das restrições impostas pela pandemia de COVID-19, o que impossibilitou a comparação.

Os pontos com diagnóstico Bom se distribuíram nas UGRHI 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 18, 20 e 21. A porcentagem de pontos que mantiveram sua condição foi de 55% e o resumo estatístico dessa ponderação, em comparação com 2021, foi inserida no Quadro 6.3:

Quadro 6.3 – Resumo estatístico do diagnóstico anual Bom em porcentagens aproximadas

Porcentagem de pontos que pioraram (Ótimo para Bom)	14%	SANT 00100, CRUM 02500, ACLA 00500, MOCA 02990
Porcentagem de pontos que melhoraram (Regular para Bom)	7%	CIPV 02130 e RMAR 02900
Porcentagens de pontos não comparáveis	24%	CRUM 02080, JAGR 00005, JUMI 00800, GRJA 02700, RICO 02600, CAFR 00350, e RECA 02900

Observação: Alguns pontos não tiveram o ICF anual calculado em 2021 devido à diminuição das amostragens em função das restrições impostas pela pandemia de COVID-19, o que impossibilitou a comparação.

Nos pontos onde foi observada melhora do diagnóstico, verificou-se diminuição tanto dos períodos de dominância como nos valores de densidades totais de organismos da comunidade.

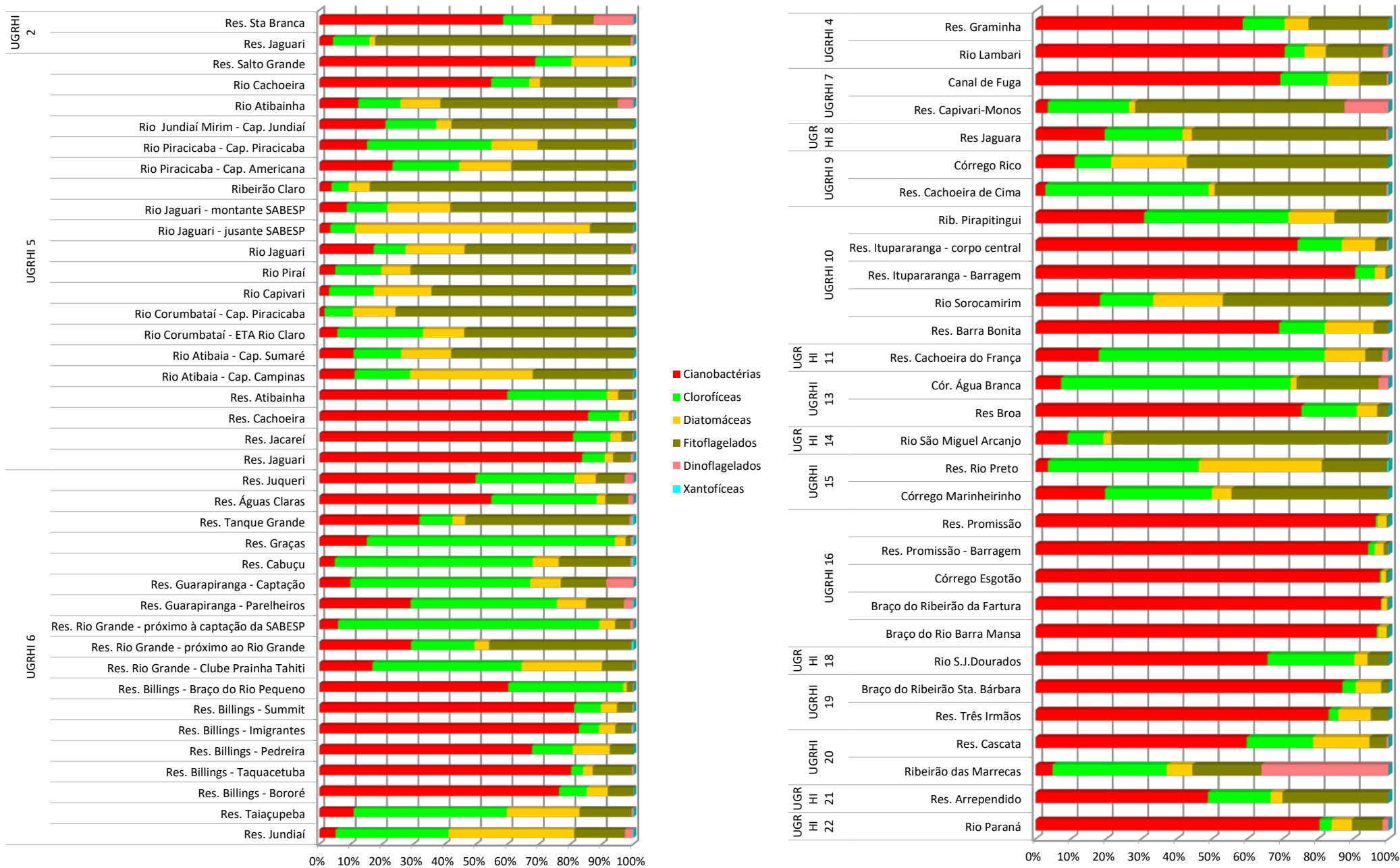
Os pontos que tiveram classificações anuais Ótimas estão situados no Reservatório Rio Grande (RGDE 02030) e no Rio Sorocamirim (SOMI 02850) e melhoraram em relação ao ano passado, passando de Bom para Ótimo. Esse diagnóstico está relacionado às baixas densidades da comunidade fitoplanctônica, além da ausência de dominâncias ao longo do ano.

Aproximadamente 54% dos pontos apresentaram, em ao menos uma amostragem, Número de Células de Cianobactérias superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para proteção da vida aquática. O resultado representa uma ligeira melhora da qualidade nesse quesito em relação ao ano anterior, que apresentou 57% dos pontos nessa situação.

A Figura 6.6, a seguir, apresenta a estrutura da comunidade fitoplanctônica nos pontos amostrados em 2022. Todos os 70 pontos estabelecidos para o monitoramento para a comunidade fitoplactônica foram amostrados neste ano.

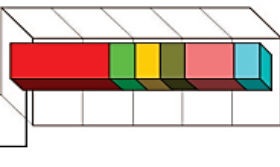
As cores na figura representam os grandes grupos (Cianobactérias, Diatomáceas, Dinoflagelados, Clorofíceas, Fitoflagelados, Xantofíceas) que compõem a comunidade fitoplanctônica desses ambientes. Para tanto foram calculadas as médias anuais do número de organismos dos diferentes grupos, as quais foram expressas em termos de porcentagem. Quanto mais equitativa a distribuição dos grandes grupos, mais equilibrado o ambiente. Por outro lado, a ocorrência de um grupo ocupando mais da metade da barra significa dominância (>50%), como é o caso das Cianobactérias em reservatórios do Sistema Cantareira, nos reservatórios Billings e Itupararanga, além de outros localizados no médio e baixo Tietê, o que pode indicar um ambiente mais impactado.

Figura 6.6 – Estruturas da comunidade fitoplanctônica nos pontos amostrados em 2022



ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

A comunidade fitoplanctônica é composta de organismos fotossintetizantes que vivem em suspensão nas diversas camadas dos ambientes aquáticos. Essa comunidade tem sido amplamente utilizada no biomonitoramento, tendo em vista que ela responde rapidamente às alterações ambientais. Aspectos estruturais da comunidade são avaliados e traduzidos em números que formam os índices (ICFRes.) utilizados para o diagnóstico.



As divisões no gráfico representam os grandes grupos que compõem a comunidade fitoplanctônica de um ambiente. A identidade de cada um está definida na legenda. Quanto maior o número de cores e proporções equilibradas, melhor a distribuição de representantes dos grandes grupos, o que significa um ambiente mais equilibrado. A ocorrência de uma cor ocupando mais da metade da área significa dominância do organismo, muitas vezes tolerante às condições ambientais que podem ser desfavoráveis a sobrevivência de outros.

LEGENDA

- Cianobactérias
- Diatomáceas
- Dinoflagelados
- Clorofíceas
- Fitoflagelados
- Xantofíceas

6.3.2 Comunidade Zooplânctônica

Para a análise da comunidade zooplânctônica foram amostrados nove pontos em sete reservatórios, localizados em três UGRHs (5, 6 e 10), sendo calculadas as densidades de organismos dos grupos Rotífera, Cladocera e Copepoda, e aplicado o Índice de Comunidade Zooplânctônica – ICZ_{RES} para a estimativa da qualidade da água. Os resultados mensais e as médias anuais do ICZRES constam da **Tabela 9** do **Apêndice L**. Na **Tabela 6.2** são apresentados os valores médios do ICZRES desde 2017, no entanto não foi possível calcular as médias anuais para todos os pontos analisados em 2020, como também para o ponto TIBB 02700 em 2021, devido a insuficiência de dados.

Dentre os pontos amostrados no Sistema Cantareira (JARI 00800, JCRE 00500 e RAIN 00880 na UGRHI 5, e JQU 00900 na UGRHI 6), apenas o Reservatório Jaguari (JARI 00800) voltou a apresentar condição média anual Ruim, observada também entre 2017 e 2019 (Tabela 6.2). Os pontos nos reservatórios Jacaré (JCRE 00500), Atibainha (RAIN 00880) e Juqueri (JQU 00900), mantiveram a condição Regular em 2022, observada em anos anteriores.

Além do Reservatório Jaguari (JARI 00800), os pontos da UGRHI 6 no braço do Ribeirão Taquacetuba (BITQ 00100), no Reservatório Billings, o GUAR 00100 (próximo ao Parelheiros) e GUAR 00900 (próximo à captação), no Reservatório Guarapiranga, e o TIBB 02700, no Reservatório Barra Bonita (UGRHI 10) também apresentaram condição média anual Ruim. O ponto BILL 02100, no Reservatório Billings (próximo ao braço do Bororé, na UGRHI 6), reproduziu em 2022 a condição média anual Péssima, também observada nos últimos anos (Tabela 6.2).

As classificações de qualidade e a composição de táxons estiveram relacionadas com a condição trófica dos ambientes analisados, como observado em anos anteriores.

Tabela 6.2 – Evolução da classificação segundo o ICZRES entre 2017 e 2022

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	2017	2018	2019	2020	2021	2022
5	Reservatório Jaguari	JARI 00800	Ruim	Ruim	Ruim	N.C.	Regular	Ruim
	Reservatório do Rio Jacaré	JCRE 00500	Regular	Regular	Regular	N.C.	Regular	Regular
	Reservatório do Rio Atibainha	RAIN 00880	N.R.	Regular	Regular	N.C.	Regular	Regular
6	Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro	JQU 00900	Regular	Regular	Regular	N.C.	Regular	Regular
	Reservatório Billings	BILL 02100	Péssima	Péssima	Péssima	N.C.	Péssima	Péssima
	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ 00100	Péssima	Péssima	Ruim	N.C.	Ruim	Ruim
	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00100	Péssima	Ruim	Péssima	N.C.	Ruim	Ruim
		GUAR 00900	Ruim	Ruim	Ruim	N.C.	Ruim	Ruim
10	Reservatório de Barra Bonita	TIBB 02700	Regular	Ruim	Ruim	N.C.	N.C.	Ruim

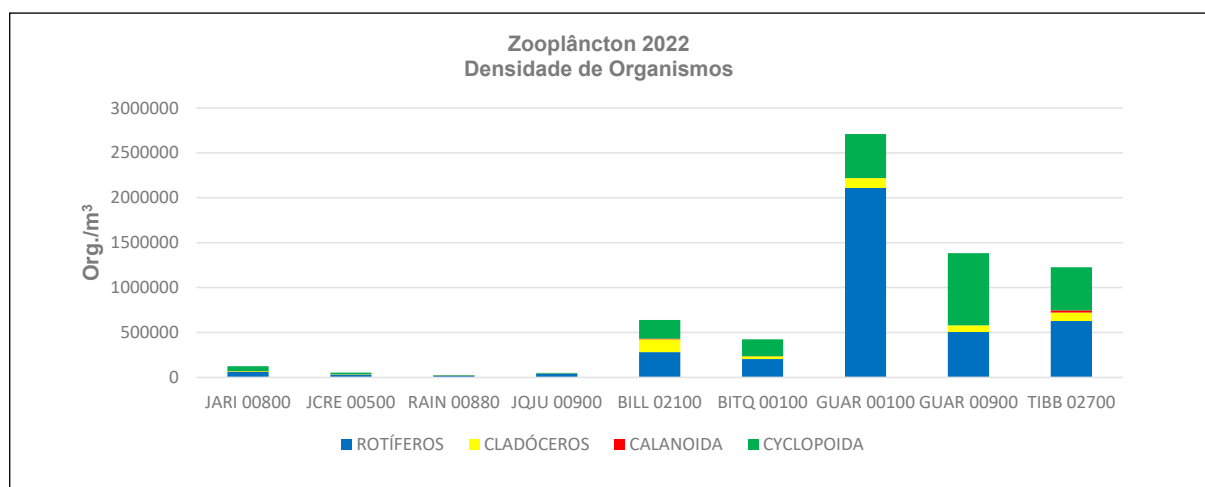
Legenda: Regular Ruim Péssima

N.R.: coleta não realizada

N.C.: média não calculada

As maiores densidades de organismos (Gráfico 6.8) foram observadas em reservatórios com condição Ruim e Péssima (exceto JARI 00800), resultantes, principalmente, da grande disponibilidade de alimento (fitoplâncton). Ressalta-se que esta condição foi observada em anos anteriores, assim como o predomínio de espécies indicadoras de ambientes eutrofizados nestes locais como, por exemplo, os rotíferos *Brachionus angularis*, *B. caudatus*, *B. calyciflorus*, *B. falcatus*, *B. forficula*, *Keratella cochlearis*, *K. tropica*, o cladóceros *Bosmina* sp., e os copépodes *Acanthocyclops robustus*, *Thermocyclops decipiens* e *T. inversus*.

Gráfico 6.8 – Densidade média anual e distribuição dos grupos da comunidade zooplancônica dos reservatórios Jaguari (JARI 00800), Jacareí (JCRE 00500), Atibainha (RAIN 00880), Juqueri (JQU 00900), Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) e Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) e Barra Bonita (TIBB 02700), em 2022



6.3.3 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Em 2022, a malha de amostragem para o diagnóstico da qualidade ambiental por meio da avaliação da comunidade bentônica compreendeu 13 localidades distribuídas em 10 UGRHIs, sendo sete em rios e seis em reservatórios, em dois dos quais foram realizadas amostras do bentos da região sublitoral, além do bentos da região profunda. A relação dos locais avaliados está no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Locais de amostragem da comunidade bentônica em 2022

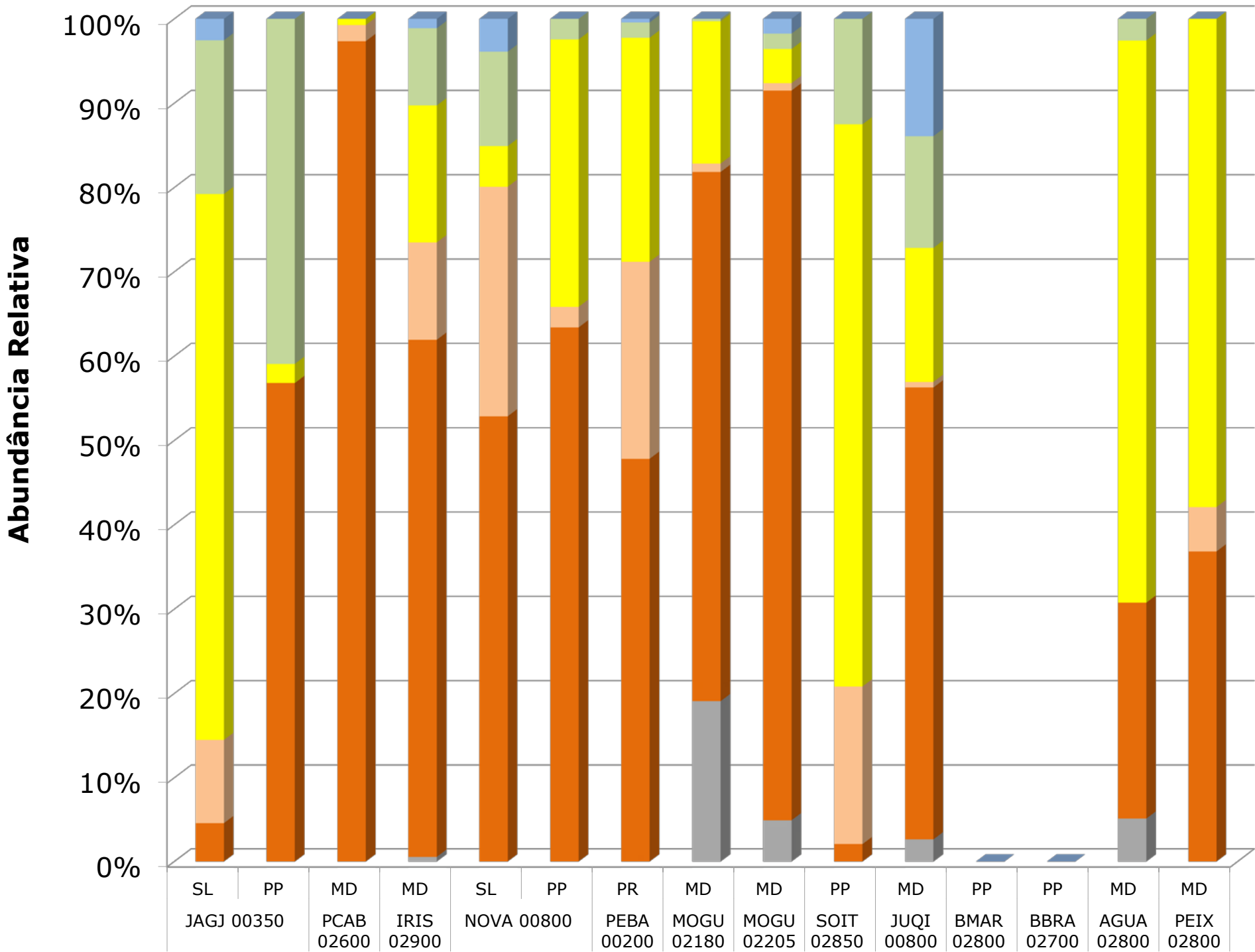
UGRHI	Código	Local	Município
2	JAGJ 00350*	Reservatório do rio Jaguari	Santa Isabel
5	PCAB 02600	Rio Piracicaba	Piracicaba
	IRIS 02900	Rio Pirai	Indaiatuba
6	NOVA 00800*	Reservatório Ponte Nova	Salesópolis
	PEBA 00200	Reservatório Taiaçupeba	Suzano
9	MOGU 02180	Rio Mogi-Guaçu	Mogi-Guaçu
	MOGU 02205	Rio Mogi-Guaçu	Mogi-Guaçu
10	SOIT 02850	Reservatório Itupararanga	Votorantim
11	JUQI 00805	Rio Juquiá	Juquitiba
15	BMAR 02800	Reservatório Água Vermelha	Cardoso
19	BBRA 02700	Reservatório Nova Avanhandava	Buritama
20	AGUA 02800	Rio Aguapeí	Junqueirópolis
21	PEIX 02800	Rio do Peixe	Dracena

* Amostragem da região sublitoral, além da região profunda.

Os ambientes foram diagnosticados segundo sua qualidade por meio do Índice da Comunidade Bentônica – ICB, pelo qual os locais são classificados em **Ótimo, Bom, Regular, Ruim, Muito Ruim** ou **Péssimo**, baseado na estrutura desta comunidade. Este índice é adaptado para aplicação em diferentes tipos de habitats. Em reservatórios são empregados: ICB_{RES-SL} - para região sublitoral, voltada para a avaliação da qualidade ecológica da massa de água; ICBRES-PR e ICBRES-PP - para as regiões profundal rasa ou profunda, respectivamente, dependendo da profundidade do local de amostragem, para a avaliação da qualidade dos sedimentos. Em rios de baixo gradiente utiliza-se o ICBRIO. Mais detalhes acerca da composição do índice e de seu cálculo podem ser obtidos no **Apêndice D** deste relatório.

A maioria das comunidades apresentou dominância por formas tolerantes (**Figura 6.7**) e dois locais não mostraram condição de qualidade que permitisse o estabelecimento de populações bentônicas (Reservatório Água Vermelha - BMAR 02800 e Reservatório Nova Avanhandava – BBRA 02700). Ainda assim, formas sensíveis compuseram em maior ou menor proporção a estrutura das comunidades de algumas localidades, exceto nas regiões profundal profunda dos reservatórios do Rio Jaguari (JAGJ 00350), Ponte Nova (NOVA 00800) e Itupararanga (SOIT 02850) e nos rios Piracicaba (PCAB 02600), Mogi-Guaçu (MOGU 02180), Aguapeí (AGUA 02800) e do Peixe (PEIX 02800).

Figura 6.7 – Estruturas das comunidades bentônicas em 2022



ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA

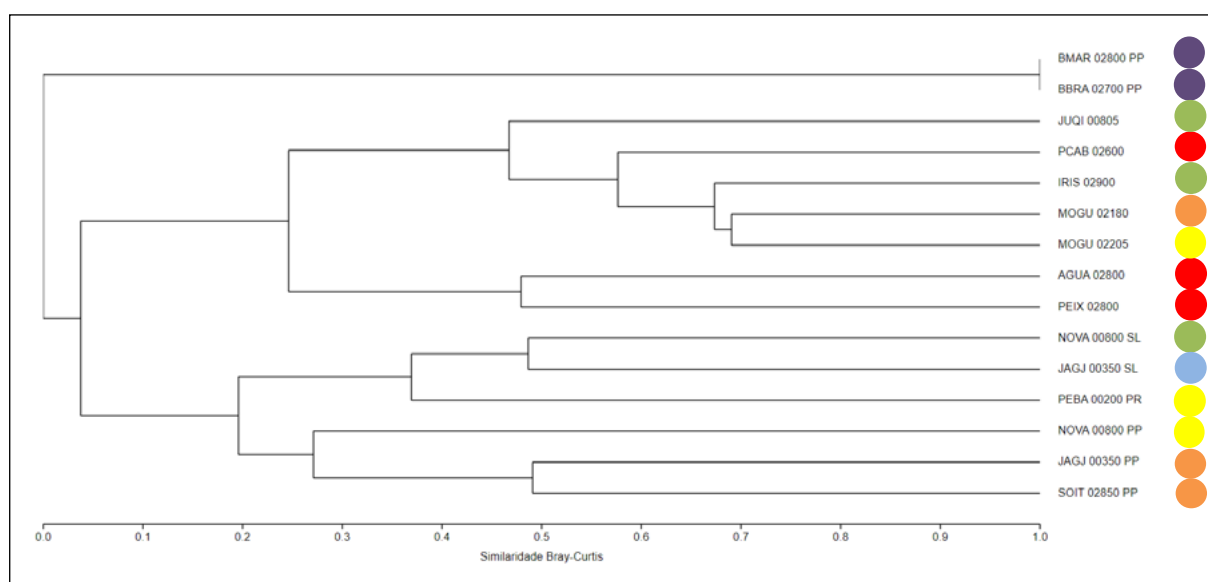
A comunidade bentônica compõe-se de organismos que vivem nos substratos de fundo de ambientes aquáticos. Por uma série de características, essa comunidade tem sido amplamente utilizada no biomonitoramento, em que a meta de qualidade envolve a preservação de toda biota aquática. Aspectos estruturais da comunidade são avaliados e traduzidos em números que formam o Índice da Comunidade Bentônica (ICB) utilizados para o diagnóstico. Em reservatórios, a comunidade da região mais rasa reflete a qualidade ecológica da massa d'água e a da região mais profunda, dos sedimentos, que ali se acumulam.

As divisões no gráfico representam os diferentes tipos de organismos que compõe a comunidade bentônica de um local, agrupados segundo suas características de tolerância/sensibilidade aos diferentes impactos ou de sua natureza exótica invasora. A identidade de cada um está definida na legenda abaixo. A ocorrência de uma cor ocupando mais da metade da área significa dominância do organismo, muitas vezes tolerante a condições ambientais que podem ser desfavoráveis à sobrevivência de outros.

EXÓTICAS	
Corbicula fluminea Melanoides tuberculatus Lumbriculus variegatus	
TOLERANTES	
rio	reservatório
Tubificinae sqc Rhyacodrilinae sqc Naidinae Pristininae Chironomini	Limnodrilus Chironomus
SEMI-TOLERANTES	
rio	reservatório
Physidae Dugesidae cqc Rhyacodrilinae cqc Glossiphoniidae Simuliidae	Branchiura Aulophorus Dero Nais Pristina Opistocysta Glossiphoniidae Saetheria Labrundinia Procladius
INTERMEDIÁRIOS	
rio	reservatório
BRYOZOA Dugesidae Sphaeriidae Megadrili Narapidae Opistocystidae Ceratopogonidae	Sphaeriidae Bothrioneurum Aulodrilus Stephensoniana Aedokritus Cladopelma Goeldichironomus
INTERMEDIÁRIOS	
rio	reservatório
Tanytarsini Orthochadinae	Polypedilum Paratanytarsus Riethia Coelotanypus Djalmabatista
SEMI-SENSÍVEIS	
rio	reservatório
NEMERTEA Ancyliidae Planorbidae Tanypodinae Gomphidae Velliidae Polymitarciidae Hydroptilidae	NEMERTEA Dugesidae Chaetogaster Slavina Hydracarina Ceratopogonidae Fissimentum Parachironomus Pelomus Caladomyia Tanytarsus Polymitarciidae
SENSÍVEIS	
rio	reservatório
Hyriidae Hydracarina Libellulidae Elmidae Baetidae Caenidae Leptohyphidae Leptophlebiidae Hydropsychidae Leptoceridae	Aeolosomatidae Enchytraeidae Haemonais Cryptochironomus Nilothauma Zavreliella Ablabesmyia Libellulidae Leptoceridae Polycentropodidae

Os dados quantitativos de densidade, transformados em $\log^{(x+1)}$, foram empregados em uma análise de agrupamento, adotando-se o Índice de Similaridade de Bray-Curtis aliado à técnica de agrupamento UPGMA (Figura 6.8). À primeira vista formaram-se três grandes grupos pouco relacionados entre si. O primeiro, com alta similaridade entre os locais, compôs-se pelas comunidades da região profunda profunda de reservatórios que não possibilitaram a colonização por espécies bentônicas (azóicas), consequentemente, de qualidade ecológica Péssima. O segundo, formado por ambientes lóticos de qualidade entre Muito Ruim e Boa, com maior similaridade entre os dois pontos de coleta do Rio Mogi-Guaçu, cujas comunidades, por sua vez, assemelharam-se em valor superior a 0,6 à do Rio Pirai. O terceiro grupo foi formado por ambientes lênticos, bastante distintos, de qualidade entre Ruim e Ótima, tendo sido as comunidades separadas por habitats profundos (região profunda profunda) e rasos (regiões sublitoral e profunda rasa). Ressalta-se que a separação entre ambientes lóticos e lênticos é esperada, pois esses possuem diferentes comunidades, mas nesse caso, está também associada, em grande parte, à diferença no refinamento taxonômico dos dados.

Figura 6.8 – Dendrograma resultante do emprego do Índice de Similaridade de Bray-Curtis e a técnica de agrupamento UPGMA e os diagnósticos de qualidade ecológica obtidos pelo ICB



Qualidade: ■ Ótima ■ Boa ■ Regular ■ Ruim ■ Muito Ruim ■ Péssima

Com relação aos diagnósticos obtidos, destaca-se a diferença de qualidade ecológica entre as regiões sublitoral e profunda profunda do Reservatório do rio Jaguari (JAGJ 00350), com diagnóstico Ótimo (Figura 6.8) para a primeira e Ruim para a segunda. Ou seja, neste corpo de água, embora o trecho formado pela faixa mais próxima à margem tenha permitido a colonização por diferentes formas de vida, inclusive de grupos sensíveis, a dominância por formas de tolerância intermediária, pode indicar alguma degradação do sistema. A existência de um processo de degradação no corpo de água foi corroborada pelo resultado obtido para a fauna da sua região profunda profunda, cujos sedimentos retratam o histórico de influências sobre o reservatório, e que foi dominada por um organismo tolerante (*Chironomus*) e

em baixa densidade. Outro destaque em 2022 foi a amostragem de rios dentro e nos limites de unidades de conservação: Rio Aguapeí (AGUA 02800) - Parque Estadual do Rio Aguapeí, Rio do Peixe (PEIX 02800 - Parque Estadual do Rio do Peixe) e Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02205 - Estação Ecológica do Rio Mogi-Guaçu). A qualidade ecológica nos rios Aguapeí e do Peixe foram consideradas Muito Ruins, mas o fluxo intenso nos trechos amostrados, com fundo consequentemente muito arenoso, aparentemente bastante homogêneo, desprovido de matéria orgânica vegetal, pode ser a causa do resultado obtido, não tendo ocorrido outras características, como dominância por formas tolerantes ou densidades muito elevadas, que pudessem apontar influências antrópicas mais significativas. Esses resultados diferem do obtido no Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02205), cuja comunidade foi dominada por forma tolerante (Tubificinae sqc), o que sugere que sua alteração pode estar relacionada com a presença de esgotos domésticos no trecho contíguo à Estação Ecológica. Finalmente, outro ponto importante de destaque foram os resultados obtidos nos reservatórios Água Vermelha, no braço do ribeirão do Marinheiro (BMAR 02800) e Nova Avanhandava, no braço do ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700), ambos com registro de ocorrências de mortandades de peixes (março de 2022) e que também não apresentaram condições para a colonização por populações bentônicas, indicando a possibilidade da presença e biodisponibilidade de contaminantes químicos tóxicos nos sedimentos dos trechos amostrados, uma vez que o oxigênio dissolvido, para esses casos, não foi um fator limitante do desenvolvimento das populações.

A região profunda do Reservatório Ponte Nova (NOVA 00800) melhorou em uma classe de qualidade, em relação a 2018 (CETESB, 2019), enquanto no Reservatório Itapararanga (SOIT 02850), manteve-se o diagnóstico de 2014 (CETESB, 2015), mostrando estabilidade dentro de uma situação de qualidade Ruim. Da mesma forma, no Rio Juquiá (JUQI 00805) não houve alteração da qualidade, mantendo-se Boa como em 2013 (CETESB, 2014).

Por meio de uma analogia entre as classes de uso dos corpos de água e a classificação do ambiente com o emprego do ICBRES-SL, presume-se que, para ambientes com metas previstas para a Classe 1 da Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), a qualidade refletida pela comunidade de macroinvertebrados seja Ótima (ICB=1). Do mesmo modo, a classificação Ruim (ICB=4) e Muito Ruim (ICB=5) pela biota, deveria ocorrer apenas em ambientes enquadrados como Classe 4. Esta analogia não é aplicável para dados da região profunda (profunda ou rasa) de reservatórios, visto que o diagnóstico dessas regiões destina-se à avaliação da qualidade dos sedimentos e não da água, objeto da referida Resolução. Ressalta-se ainda que o enquadramento legal dos corpos de água é focado no uso antrópico, principalmente, não tendo compromisso com a manutenção da condição natural dos ambientes nas Classes 3 e 4.

Com base no critério acima e no Quadro 6.5, verificou-se que em duas localidades a classificação com base no ICB correspondeu ao enquadramento do corpo de água: Reservatório do Jaguari (JAGJ 00350) e Rio Pirai (IRIS 02900). O Reservatório Ponte Nova (NOVA 00800), o Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02205) na altura da estação ecológica e o Rio Juquiá (JUQI 00805) estiveram a uma classe de qualidade aquém do que seria pretendido, enquanto o Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02180) a duas classes de qualidade e os rios Piracicaba (PCAB 02600), Aguapeí (AGUA 02800) e Peixe (PEIX 02700) a três classes, ressaltando que, possivelmente, as classes de qualidade obtida para os dois últimos estejam associadas às dinâmicas naturais dos trechos analisados.

Quadro 6.5 – Qualidade ecológica dos corpos de água medida pelo ICB com relação ao seu enquadramento

Atende ao enquadramento	Não atende ao enquadramento
JAGJ 00350	NOVA 00800
IRIS 02900	MOGU 02205
	JUQI 00805
	MOGU 02180
	PCAB 02600
	AGUA 02800
	PEIX 02800

Legenda:

- a uma classe do enquadramento
- a duas classes do enquadramento
- a três classes do enquadramento

6.3.3.1 Espécies Exóticas Invasoras – E.E.I.

Entende-se por espécie exótica todo organismo presente em área diferente de sua distribuição natural. O principal vetor de disseminação de espécies exóticas é o homem, que pode fazê-lo de forma acidental ou intencional. Quando ocupa uma nova área a espécie, mediante seus hábitos generalistas, oferta de alimento e ausência de predadores naturais pode se reproduzir em demasia, exercendo pressão por competição ou predação sobre as espécies nativas. Quando isso ocorre, a espécie recebe também a alcunha de invasora e é denominada, portanto, como exótica invasora. As espécies exóticas invasoras representam um dos principais fatores de perda de diversidade na natureza. Sua erradicação é praticamente impossível em ecossistemas aquáticos, sendo a prevenção da dispersão a melhor forma de gestão do problema. Quaisquer formas de transporte fluvial e de transposição de águas entre bacias são potenciais dispersores de espécies exóticas. Nesse sentido, é importante reduzir essas práticas ou adotar medidas mitigadoras, como a limpeza e desinfecção de embarcações que precisem transpor bacias hidrográficas.

O dinoflagelado do gênero *Ceratium*, considerado um organismo exótico invasor em águas doces no Brasil (Silva et al., 2012), foi registrado pela primeira vez no Estado de São Paulo em 2008 no Reservatório Billings (CETESB 2009). A evolução de sua detecção/quantificação no monitoramento da CETESB nos últimos 5 anos foi inserida no Quadro 6.6.

Quadro 6.6 – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero *Ceratium* de 2018 a 2022

Quantidade de pontos (n) com <i>Ceratium</i>	2018	2019	2020	2021	2022
	18	19	13	9	17

Como esse organismo é capaz de migrar na coluna de água, e a amostragem é realizada na superfície, a ausência de registro na análise não significa que ele não esteja presente no local, apenas que não foi coletado.

Em 2022, três espécies exóticas foram registradas nas amostragens para análise da comunidade bentônica: *Corbicula fluminea* (Mollusca – Corbiculidae), *Melanoides tuberculatus* (Mollusca – Thiaridae) e *Lumbriculus variegatus* (Annelida – Lumbriculidae). As duas primeiras já foram definidas como invasoras,

enquanto a última ainda precisa de estudos sobre dispersão e possíveis efeitos deletérios sobre a fauna nativa. Elas foram observadas em cinco localidades: no Rio Pirai, nos dois trechos investigados do Rio Mogi-Guaçu, no Rio Juquiá e no Rio Aguapeí. A espécie mais frequentemente observada foi *Corbicula fluminea* (nos cinco ambientes), seguida de *Melanoides tuberculatus* (rios Pirai e Mogi-Guaçu (MOGU 02180)) e *Lumbriculus variegatus* (Rio Juquiá). Em nenhum dos casos suas densidades ultrapassaram 0,2% do total de organismos observados nas amostras, não se mostrando ainda como agente estressor de preocupação.

6.4 ENSAIOS BIOANALÍTICOS

6.4.1 Interferentes endócrinos (atividade estrogênica)

Interferentes endócrinos são compostos que possuem a capacidade de interferir na produção ou ação dos hormônios, podendo causar danos ao sistema reprodutor e imunológico de organismos superiores, especialmente organismos aquáticos. Esses compostos podem atingir os corpos de água pela contaminação por efluentes domésticos, industriais, pesticidas ou outros compostos oriundos de poluição difusa.

O ensaio para determinação de atividade estrogênica avalia a presença de uma classe de interferentes endócrinos, dos compostos capazes de ligarem-se ao receptor de estrógeno. O estrógeno é um hormônio sexual feminino, importante no desenvolvimento do sistema reprodutor e na fertilidade dos organismos. Compostos que se ligam ao receptor de estrógeno podem mimetizar a ação do hormônio natural, interferindo nesse sistema hormonal.

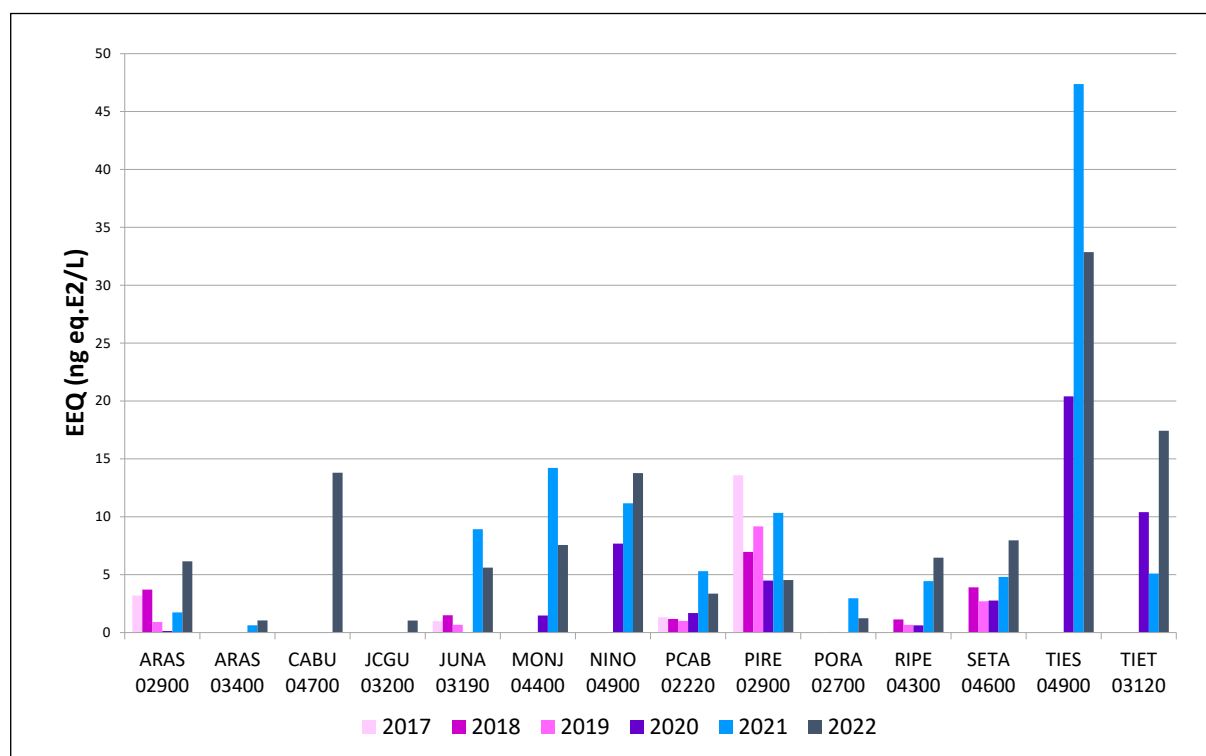
A CETESB utiliza o ensaio biológico BLYES (*Bioluminescent yeast screen*) para determinação de atividade estrogênica, avaliando a presença de uma classe de interferentes endócrinos, dos compostos capazes de ligarem-se ao receptor de estrógeno. O BLYES é um teste in vitro que utiliza uma linhagem da levedura *Saccharomyces cerevisiae* geneticamente modificada pela inserção de um gene para expressão do receptor de estrogênio humano (hER). Os resultados do ensaio são expressos em atividade equivalente (EEQ: equivalentes de estradiol ou ng equivalente a estradiol por litro), comparada a uma substância referência (hormônio natural 17-beta-estradiol).

Dentre os 27 locais avaliados em 2022, 13 apresentaram atividade estrogênica média anual menor que 1,0 EEQ, considerada atividade baixa. Esses locais e resultados estão na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Locais que apresentaram atividade estrogênica abaixo de 1,0 EEQ em 2022

UGRHI	Ponto	Corpo d'água	Atividade estrogênica média
			(EEQ)
4	PARD 02600	Rio Pardo	0,28
5	CMDC 02300	Rio Camanducaia	0,34
6	COGR 00900	Res. das Graças	<0,10
6	JNDI 00500	Res. Rio Jundiáí	<0,10
6	TIET 02090	Rio Tietê	<0,10
7	IPAU 02600	Rio Itapanhaú	<0,10
9	ARAS 03400	Rio das Araras	0,63
9	RICO 02600	Córrego Rico	0,26
9	MOGU 02900	Rio Mogi-Guaçu	<0,10
9	RONC 02400	Ribeirão das Onças	<0,10
13	JCGU 03400	Rio Jacaré-Guaçu	0,28
13	JPEP 03300	Rio Jacaré-Pepira	<0,10
13	JPEP 03600	Rio Jacaré-Pepira	<0,10
16	BATA 02800	Rio Batalha	<0,10
18	SJDO 02500	Rio São José dos Dourados	0,18

O Gráfico 6.9 apresenta a atividade estrogênica média dos 14 pontos avaliados em 2022 que apresentaram atividade média acima de 1,0 EEQ comparada ao histórico, quando disponível.

Gráfico 6.9 – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2022

O Reservatório Edgard de Souza (TIES 04900) apresentou a atividade estrogênica média mais elevada (32,9 EEQ), mas inferior aos 47,4 EEQ de atividade estrogênica observados em 2021.

Nesse local há o lançamento do efluente tratado da ETE Barueri, e foram identificadas altas concentrações de Cloreto Total, Nitrogênio Total, Carbono Orgânico Total e *E. coli*, condizentes com áreas impactadas por lançamentos de esgotos com ou sem tratamento. O mesmo se observa no Rio Monjolinho (MONJ 04400) e Ribeirão dos Meninos (NINO 04900) com elevada atividade estrogênica. O Rio Tietê (TIET 03120) apresentou atividade estrogênica média elevada, porém devido a apenas uma coleta com resultado anômalo.

Em estudos anteriores (CETESB, 2018) foi verificado que a atividade estrogênica observada nos locais avaliados no estado de São Paulo está correlacionada à presença de Nitrogênio Total, um indício de que o ensaio esteja detectando compostos oriundos de esgoto doméstico, como hormônios naturais ou sintéticos, nesses locais.

6.4.2 Determinação da atividade glicocorticoide (ensaio GR-CALUX)

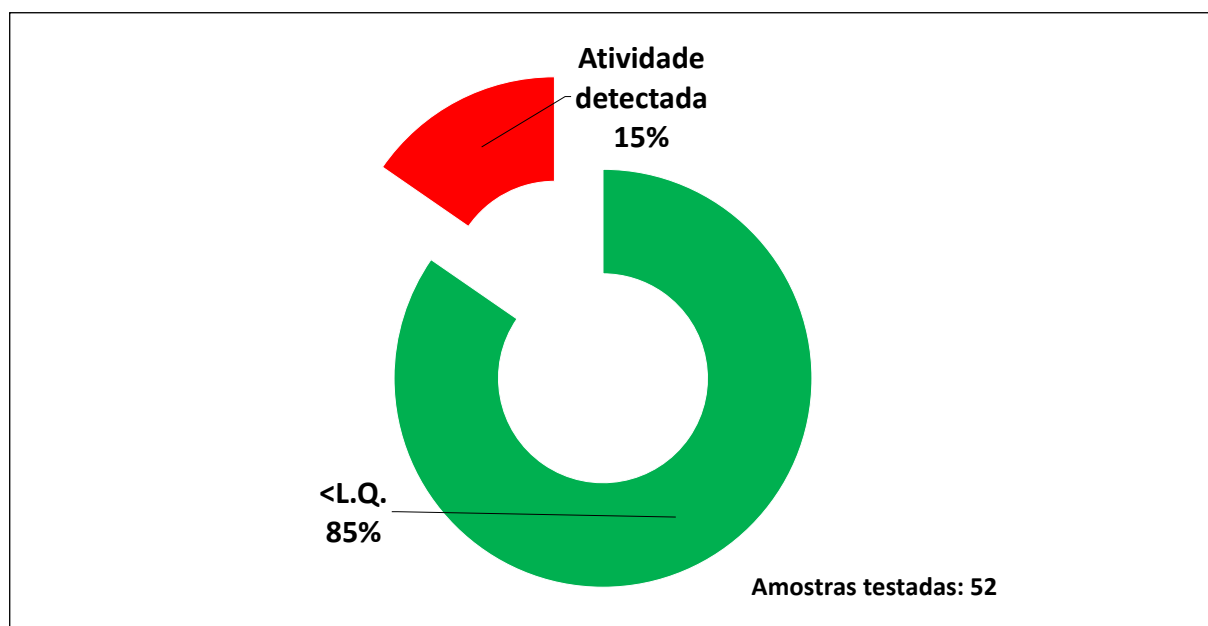
Dentre a classe dos contaminantes emergentes, os fármacos têm sido alvo de grande preocupação ambiental internacional nas últimas décadas. Apesar da crescente quantidade de estudos que demonstram o potencial impacto dessas substâncias na biota aquática nas últimas décadas, seus efeitos adversos ainda estão sendo elucidados.

Os glicocorticoides são uma classe de corticoides, que são hormônios esteroides naturalmente produzidos pelo organismo (como o cortisol) ou seus compostos sintéticos. Devido a potente ação anti-inflamatória, os glicocorticoides são amplamente empregados como fármacos (cortisona, dexametasona, prednisolona, entre outros) em diversos quadros clínicos e doenças imunes como asma, artrite reumatóide, alergias, doenças de pele, além do uso veterinário. Após o uso, esses compostos atingem os corpos de água por meio dos efluentes e podem oferecer risco aos organismos aquáticos, e, eventualmente, a saúde humana.

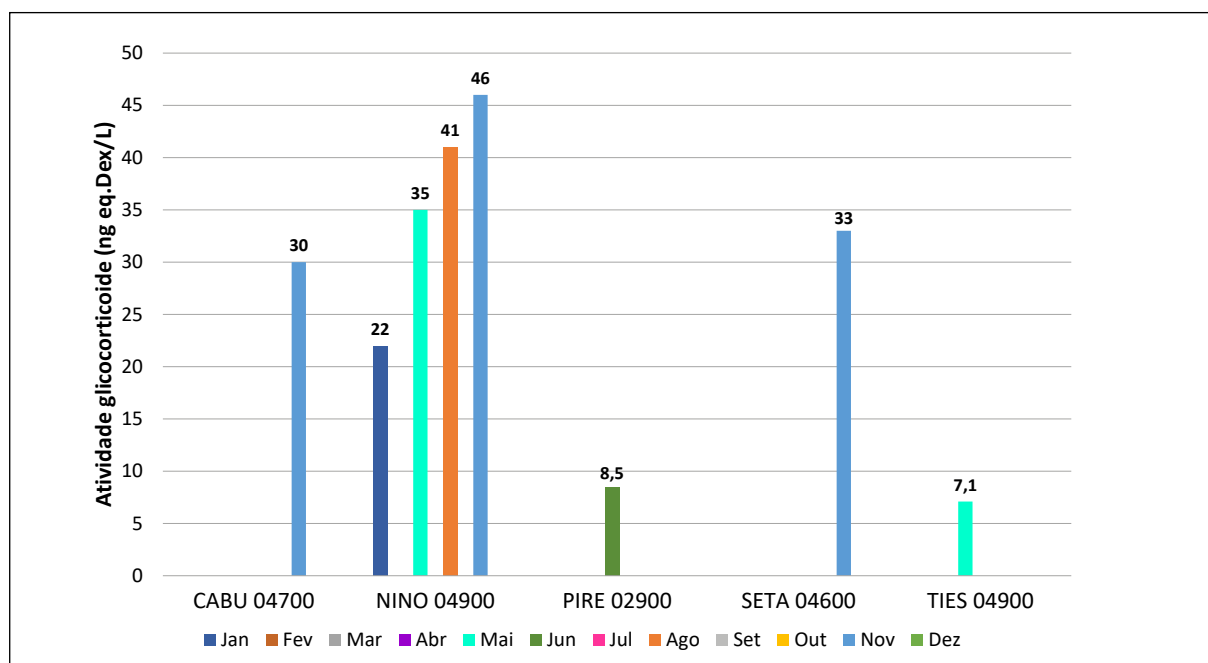
A CETESB emprega o ensaio GR-CALUX (*Glucocorticoid response – Chemical activated luciferase expression*) para avaliação da atividade glicocorticoide. O ensaio in vitro utiliza células de osso humano, geneticamente modificadas com a inserção do receptor glicocorticoide (GR) para a detecção dessa classe de compostos (agonistas capazes de se ligar ao receptor). Na presença desses compostos, as células produzem luz. O resultado é expresso em atividade equivalente a dexametasona (ng eq. Dex/L), composto utilizado como referência no ensaio.

O monitoramento da atividade glicocorticoide foi iniciado em 2018, com o objetivo de avaliar captações para abastecimento público. Em 2022, além das captações (ACLA 00500, PCAB 02220, RCAB 00900) foram avaliados locais onde o monitoramento indicou a presença de agrotóxicos (RICO 02600, SETA 04600) e locais a jusante do lançamento de esgoto in natura ou tratado (ARAS 02900, CABU 04700, JUNA 03190, NINO 04900, PIRE 02900, TIES 04900, TIET 03120), além do ponto EMGU 00800 no Rio Embu Guaçu, afluente da Guarapiranga.

O Gráfico 6.10 apresenta o percentual de amostras testadas em 2022 com atividade glicocorticoide detectável no ensaio GR-CALUX.

Gráfico 6.10 – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2022

O Gráfico 6.11 apresenta os resultados das amostras avaliadas em 2022 nos locais onde houve atividade glicocorticoide detectável. Os pontos ACLA 00500, ARAS 02900, EMGU 00800, JUNA 03190, PCAB 02220, RCAB 00900, RICO 02600 e TIET 03120, não apresentaram atividade em nenhuma amostragem nesse ano.

Gráfico 6.11 – Atividade glicocorticoide das amostras testadas em 2022

Assim como em 2021, o Ribeirão dos Meninos (NINO 04900), localizado na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, apresentou atividade glicocorticoide detectável em todas as amostragens do ano. Esse local recebe os efluentes tratados da ETE ABC. Apesar de detectável, a atividade encontra-se abaixo do limite de 150 ng eq. Dex/L, sugerido por Escher e colaboradores (2015), baseado em efeito biológico. Os

outros locais (CABU 04700, PIRE 02900, SETA 04600 e TIES 04900) apresentaram atividade glicocorticoide detectável em apenas uma amostra no ano de 2022, o que dificulta a interpretação sobre o ocorrido.

6.5 VIGILÂNCIA AMBIENTAL DE SARS-CoV-2

O monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19, teve início em abril de 2020, com o objetivo principal de acompanhar a disseminação do vírus ao longo do tempo e fornecer dados complementares para orientar ações de saúde pública no enfrentamento da pandemia. Essa atividade passou a integrar as atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizadas pela CETESB, desde a década de 1970, em parceria com o Centro de Vigilância Epidemiológica da Secretaria do Estado da Saúde de São Paulo (CVE-SES-SP) e a SABESP.

Embora o SARS-CoV-2 seja um vírus predominantemente respiratório, pode causar sintomas gastrointestinais como náuseas, dores abdominais, vômitos e diarreia (Moura et al., 2022). Assim como ficou demonstrado que as pessoas infectadas eliminam o vírus não somente pela saliva e secreções nasofaríngeas, mas também pelas fezes, e em menor grau pela urina (Jeong et al., 2020). Até o momento, não há evidências de transmissão fecal-oral ou hídrica de SARS-CoV-2 (Termansen e Frische, 2023), bem como SARS-CoV-2 infeccioso não foi isolado de águas residuais (Sherchan et al. 2023).

A epidemiologia baseada na análise de esgoto (da sigla em inglês WBE – Wastewater Based Epidemiology) é utilizada principalmente como uma ferramenta de avaliação da tendência ou reintrodução da doença em uma determinada comunidade. Foi demonstrado que as concentrações de SARS-CoV-2 nos esgotos antecipam a tendência de casos novos em alguns dias e mesmo na ausência de casos notificados, a vigilância ambiental foi sensível o suficiente para detectar a presença dos vírus nos esgotos antes mesmo da identificação dos doentes (Lodder e de Roda Husman, 2020; Martin et al., 2000; Medema et al., 2020).

Neste relatório serão apresentados os resultados do monitoramento de SARS-CoV-2 em rios da Bacia do Alto Tietê (BAT), em pontos estratégicos que permitiram uma visão mais abrangente da circulação do SARS-CoV-2 na metrópole de São Paulo, incluindo as populações sem acesso aos serviços de coleta/tratamento de esgoto. Os dados do monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 realizado pela CETESB estão disponíveis no site <https://cetesb.sp.gov.br/sars-cov-2/>.

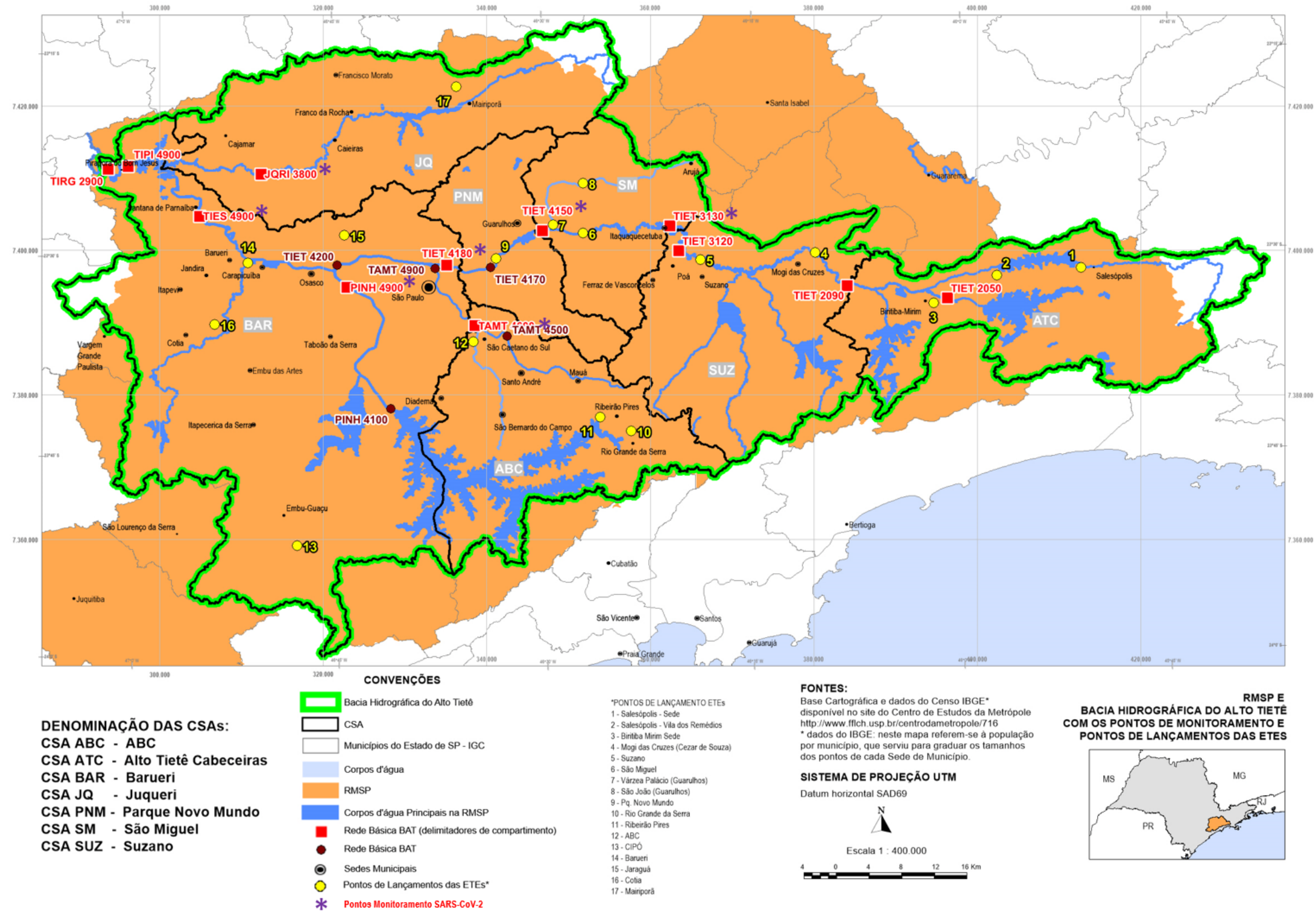
Foram monitorados 7 pontos em rios localizados na Bacia do Alto Tietê (BAT), representativos da contribuição das principais bacias de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Figura 6.9). Esses pontos foram considerados pontos estratégicos de avaliação da qualidade das bacias de drenagem de esgoto da BAT e compõem as unidades territoriais denominadas Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA). Os CSAs, definidos no estudo de Oliveira (2015), foram delimitados com base nas sub-bacias de drenagem de esgoto para as cinco grandes ETEs metropolitanas (Suzano, ABC, São Miguel, Parque Novo Mundo e Barueri) que compõem o Sistema Principal da SABESP; regiões não cobertas pelo Sistema Principal da SABESP, mas que contribuem para a drenagem de cargas poluidoras dentro do CSA; e Bacia do Juqueri (Tabela 6.4). Em 2022, além dos pontos de coleta avaliados em 2021, foi incluído o ponto PINH 04900 (Rio Pinheiros), a fim de complementar a avaliação da bacia de esgotamento do CSA Barueri dada sua grande extensão territorial.

Tabela 6.4 – Pontos de monitoramento da vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em rios que compõe os Compartimentos Sanitários Ambientais da região metropolitana de São Paulo

Ponto Código	Rio	Descrição	Compartimento Sanitário Ambiental (CSA)	Justificativa	Municípios totalmente ou parcialmente contidos na CSA
TIET 03130	Rio Tietê	Ponte na Estrada de Santa Isabel - Itaquaquecetuba, SP	Suzano (CSA-SUZ)	Próximo ao exutório do CSA-SUZ e a jusante da ETE-SUZ	Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Ribeirão Pires, Poá, Suzano
TIET 04150	Rio Tietê	Ponte na Rod. Ayrton Senna, a montante do Parque Ecológico Tietê - Guarulhos, SP	São Miguel (CSA-SM)	A jusante da ETE PNM	Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Poá, São Paulo
TIET 04180	Rio Tietê	Ponte das Bandeiras, na Av. Santos Dumont São Paulo, SP	Parque Novo Mundo (CSA-PNM)	Entrada do CSA-BAR (próximo ao exutório do CSA-PNM)	Guarulhos, São Paulo
TIES 04900	Rio Tietê	Reservatório Edgard de Souza - Santana do Parnaíba, SP	Barueri (CSA-BAR)	A jusante da ETE Barueri (exutório do SP e ponto de referência: impactos da BAT e da ETE Barueri)	Barueri, Carapicuíba, Cotia, Embu das Artes, Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra, Itapevi, Jandira, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Santana de Parnaíba, São Paulo, Taboão da Serra
PINH 04900	Rio Pinheiros	Na estrutura do Retiro, próximo a sua foz no Rio Tietê - São Paulo, SP			
TAMT 04600	Rio Tamanduateí	Ponte na Av. Francisco Mesquita, 1000 - São Paulo, SP	ABC (CSA-ABC)	Bacia do rio Tamanduateí	Diadema, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo
JQRI 03800	Rio Juqueri	"Ponte na rodovia Anhanguera (SP-330) Cajamar, SP "	Juqueri (CSA-JQ)	No terço final bacia do Juqueri	Caieiras, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha, Mairiporã, São Paulo

Fonte: modificado de Oliveira (2015)

Figura 6.9 – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

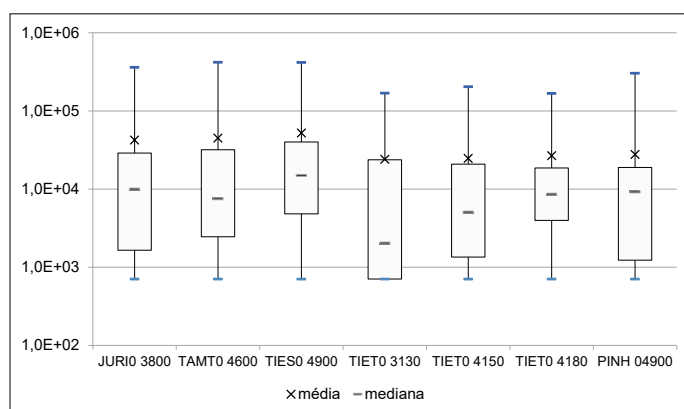


Fonte: modificado Oliveira (2015)

As amostras foram analisadas conforme protocolos descritos por Barbosa et al (2022). Após concentração dos vírus pela técnica de ultracentrifugação (Pina et al., 1998) ou ultrafiltração (Medema et al., 2020), o RNA viral foi extraído e as concentrações de SARS-CoV-2 nas amostras foram obtidas pela técnica de RT-qPCR, empregando os genes alvos N1 e N2 do nucleocapsídeo viral (CDC, 2020). Importante ressaltar que essa técnica detecta e quantifica apenas o RNA viral e não possibilita diferenciar se o vírus detectado está viável e infeccioso, ou seja, capaz de causar uma infecção.

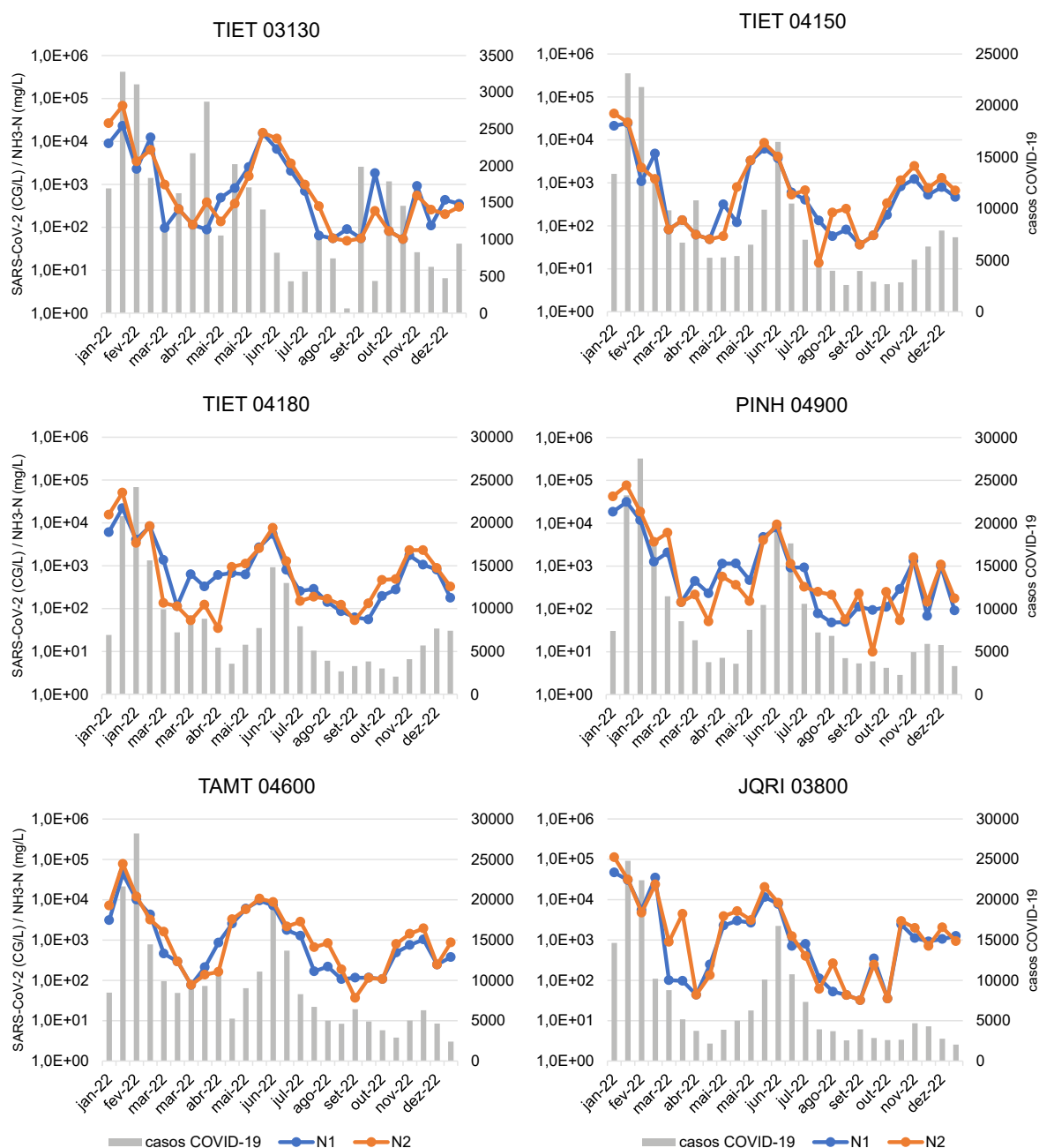
No ano de 2022, foram observadas elevadas variações nos resultados (Gráfico 6.12). A taxa de positividade das amostras apresentou redução em todos os pontos avaliados, quando comparada aos anos anteriores de 2020 e 2021. A maioria dos resultados apresentou concentrações na ordem de 10^3 a 10^4 CG/L. Valores acima de 1×10^5 CG/L foram observados somente nos períodos dos meses de janeiro e junho, que antecederam os picos de casos do ano de 2022 nos meses de fevereiro e julho, respectivamente. Nesses períodos foram registradas as maiores concentrações de SARS-CoV-2 desde o início do monitoramento.

Gráfico 6.12 – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê no ano de 2022



No Gráfico 6.13 as concentrações de SARS-CoV-2 normalizadas pelas concentrações de nitrogênio amoniacal (cópias genômicas de N1 e N2 SARS-CoV-2/L / mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$) observadas nos rios ao longo do ano de 2022 são apresentadas frente aos números de casos novos de COVID-19 (soma de 15 dias posteriores a data de coleta). A análise comparativa de Spearman entre os dois indicadores revelou correlação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em todos os pontos avaliados, exceto no ponto TIET 03130 que corresponde a menor bacia de esgotamento, o que gera maior erro na estimativa do número de casos e das concentrações de SARS-CoV-2 nas amostras. A normalização dos valores de concentrações de SARS-CoV-2 é importante para amenizar efeitos de fatores como diluição causada principalmente pela chuva ou variação da população responsável pela contribuição de esgoto lançado nos rios.

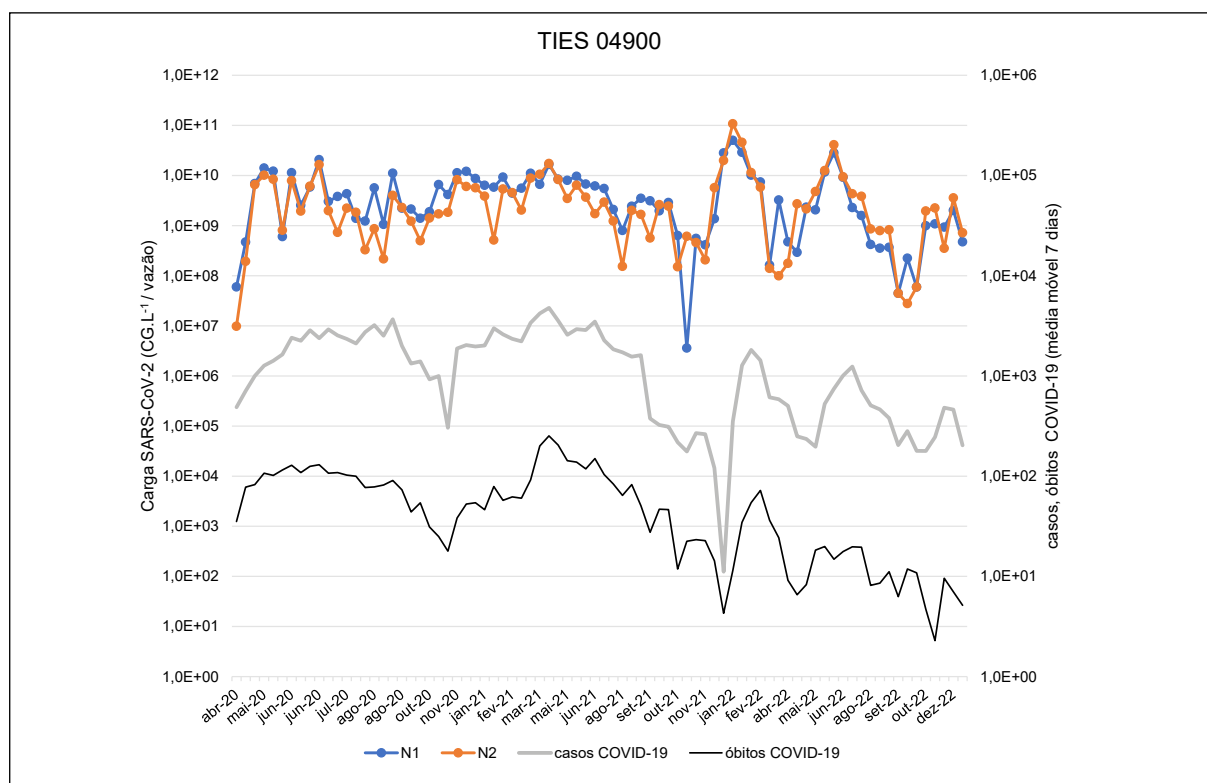
Gráfico 6.13 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 normalizadas pela concentração de $\text{NH}_3\text{-N}$ nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê e número de casos estimados de COVID-19 na população correspondente a cada CSA no ano de 2022 (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/>)



As cargas virais de SARS-CoV-2 (concentração viral multiplicada pela vazão média do dia) no ponto TIES 04900, próximo à barragem Edgard de Souza, considerado como ponto de referência para os impactos da BAT e do CSA Barueri estão representados no Gráfico 6.14, juntamente com dados clínicos, pertencentes a população correspondente ao CSA, de casos confirmados de COVID-19 e óbitos por COVID-19 (média móvel de 7 dias) durante os anos de 2020 a 2022. No gráfico, observa-se a grande amplitude dos resultados no

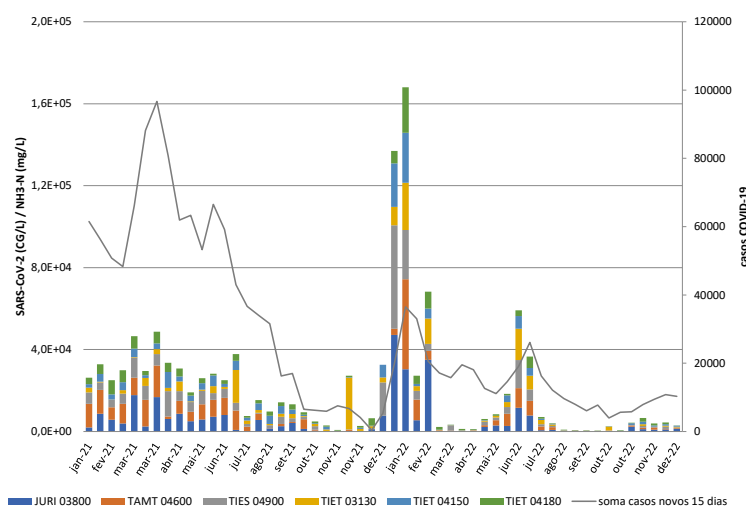
último ano, com elevação das cargas virais nos meses de janeiro e junho e redução nos meses de março e outubro. As concentrações de SARS-CoV-2 no rio antecederam as tendências de aumento e redução de casos, mas claramente o número de casos notificados em 2022 foi menor que nos anos anteriores, devido ao aumento da subnotificação ocasionada pela elevação dos casos leves e assintomáticos, resultado influenciado principalmente pelas altas taxas de vacinação.

Gráfico 6.14 – Cargas virais de SARS-CoV-2 (concentrações de N1 e N2 x vazão média) no ponto TIES 04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos e óbitos por COVID-19 nos municípios que compõe o CSA Barueri (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/>)



No Gráfico 6.15, as concentrações normalizadas de SARS-CoV-2 nos pontos avaliados são apresentadas juntamente com os números de casos novos de COVID-19 (soma de 15 dias posteriores à data de coleta) ao longo dos anos de 2021 e 2022. Analisando as concentrações normalizadas de SARS-CoV-2 nos dois anos de estudo, pode-se observar que as variações temporais antecedem as tendências de aumento ou redução de casos de COVID-19. No entanto, as diferentes fases da pandemia geram grande variação nas taxas de testes clínicos (testes/1000 pessoas em 30 dias) e coberturas de testes (testes/casos confirmados) dificultando a identificação e notificação dos casos e a correlação entre os indicadores. Vale ressaltar que em 2022, houve um grande avanço na porcentagem de população vacinada (<https://vacinaja.sp.gov.br/vacinometro/>). Isso reduziu significativamente o número de casos graves e hospitalizações (<https://www.seade.gov.br/coronavirus/>) e aumentou a subnotificação devido ao elevado número de casos leves e assintomáticos.

Gráfico 6.15 – Concentrações normalizadas das regiões genômicas N1 de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da Bacia do Alto Tietê e número de casos novos de COVID-19 nos municípios da BAT (Fonte casos clínicos: Fundação Seade - <https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/simi/dados-abertos/>)



Ao longo da pandemia, as curvas de concentração de SARS-CoV-2 no ambiente e dados clínicos da COVID-19 foram moldadas pelo conjunto de diversos fatores como medidas de contenção, taxa de isolamento, avanço da vacinação e circulação de novas variantes de preocupação (i.e. associadas a alterações na saúde global causadas pelo aumento da transmissibilidade ou virulência, ou ainda a diminuição da eficácia das medidas sociais e de saúde pública como diagnósticos, vacinas e terapias). Ressalta-se ainda que inúmeros fatores podem influenciar as concentrações de SARS-CoV-2 em águas residuárias como variações na carga de eliminação fecal, tamanho da população contribuinte de esgoto, tipo e frequência de amostragem, características físico-químicas das amostras (partículas sólidas, carga orgânica, tempo de viagem, vazão, pH e temperatura) (Bertels et al., 2022). Todos esses fatores, além dos métodos de concentração e quantificação de SARS-CoV-2 podem interferir nos resultados e interpretações dos dados gerados.

A vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em águas superficiais, em pontos de rios que representam as áreas de drenagem dos esgotos da bacia do Alto Tietê, possibilitou a avaliação abrangente da ocorrência da COVID-19 na população da Região Metropolitana de São Paulo. Em contextos de prevalência mais alta, o monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 pode ser empregado para documentar tendências, enquanto em contextos de menor prevalência ou na ausência de casos, fornece um alerta precoce do surgimento de SARS-CoV-2 nas populações. Um benefício importante da vigilância ambiental de SARS-CoV-2 é que os dados não são suscetíveis a vieses inerentes aos testes de diagnóstico, por isso fornece um indicador objetivo da circulação do vírus na população. Na situação atual, com a redução na testagem de casos, os dados da vigilância ambiental podem se tornar mais relevantes na identificação do aumento na incidência da COVID-19 e de novas variantes.

7. AVALIAÇÃO POR CORPO DE ÁGUA

A avaliação dos principais corpos hídricos do Estado de São Paulo, em 2022, foi realizada por meio dos perfis longitudinais dos índices de qualidade de água, com a localização dos pontos de monitoramento, de montante para jusante. Para cada ponto, também são apresentados os valores médios dos índices calculados com a série de 2017 a 2021. Além disso, são discutidas as informações relativas à avaliação da comunidade fitoplanctônica, incluindo o Número de Células de Cianobactérias e presença de cianotoxinas. Para cianotoxinas, não existem padrões de qualidade para água bruta, sendo utilizados os limites estabelecidos para água tratada apenas de maneira comparativa. Aspectos relacionados à eutrofização também são discutidos nos principais reservatórios do estado.

O Índice de Qualidade de Água - IQA indica predominantemente o impacto do lançamento de esgotos domésticos no corpo de água, sendo possível identificar através dos gráficos, os trechos mais críticos desses rios e os municípios que mais contribuem para a piora da qualidade das águas. O Índice de Qualidade de Água para Fins de Abastecimento Público - IAP avalia a qualidade da água utilizadas para consumo humano e o Índice de Estado Trófico - IET indica o estado trófico do trecho monitorado.

Os valores de 2022 estão representados em barras coloridas, de acordo com a classificação dada pela média anual do IQA, IAP e IET, enquanto as barras com a indicação das médias históricas foram coloridas em cinza. Destaca-se que a distância entre os pontos não é levada em consideração na representação gráfica.

Para cada Estação Automática de Monitoramento da Qualidade das Águas, é apresentado um conjunto de gráficos com as médias horárias das variáveis de qualidade (Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura da Água e Turbidez) e de quantidade (Nível de Água, Vazão e/ou Volume), quando disponível, juntamente com uma análise sucinta do comportamento dessas variáveis ao longo do ano de 2022.

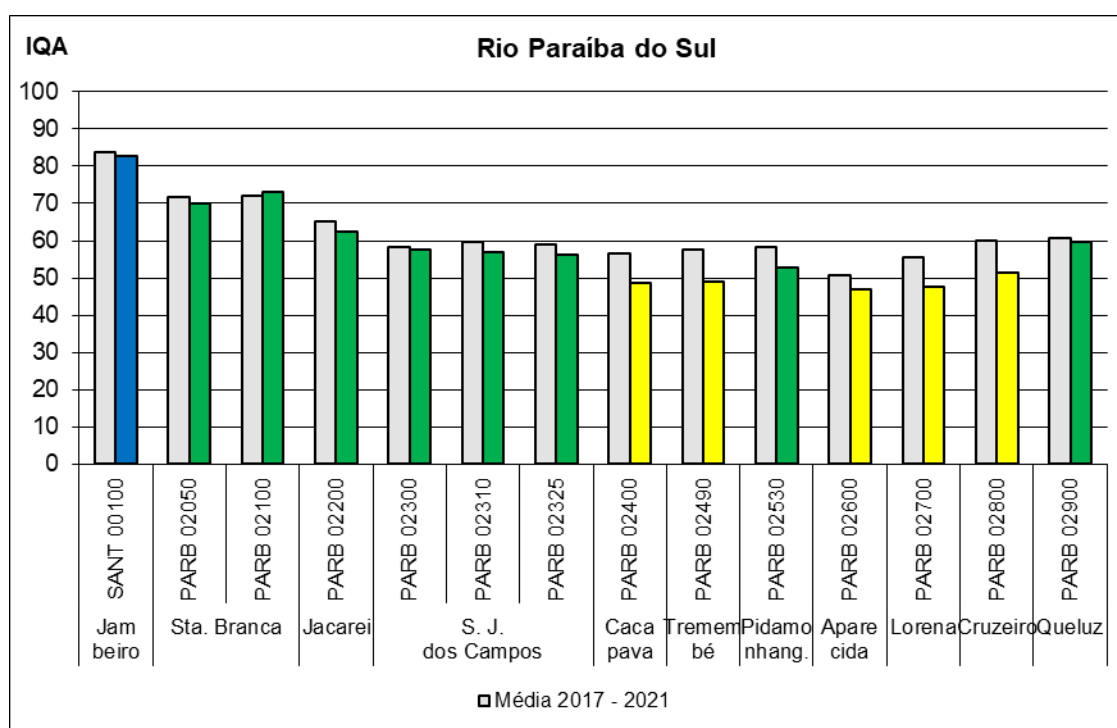
A análise integrada entre os aspectos de qualidade e de quantidade (vazão) foi realizada em corpos hídricos onde existem postos fluviométricos próximos ou coincidentes com os pontos de qualidade e consta no Apêndice P.

7.1. UGRHI 2 - Rio Paraíba do Sul

7.1.1. Rio Paraíba do Sul

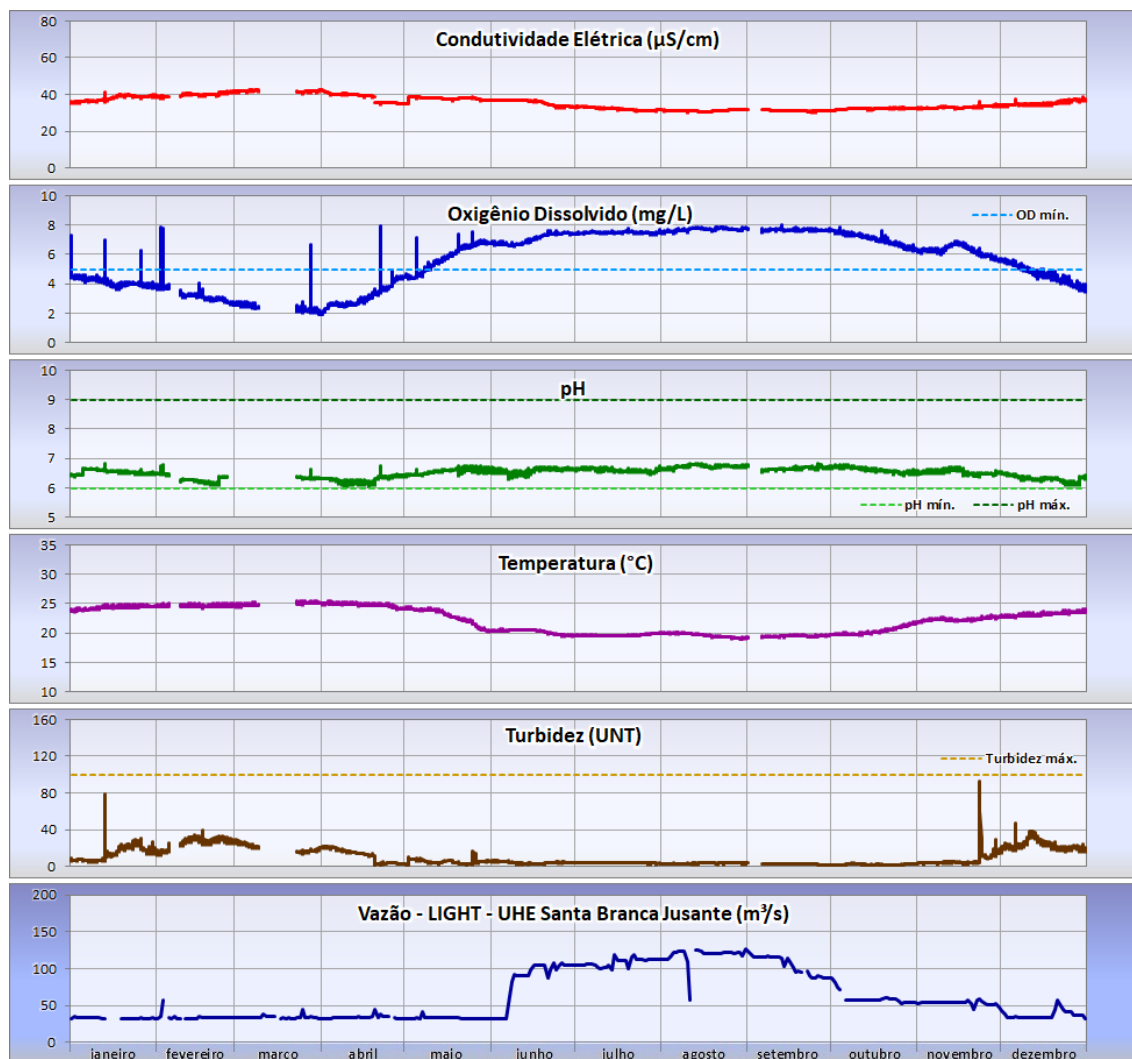
O Gráfico 7.1 apresenta o perfil do IQA para o Rio Paraíba do Sul, no seu trecho de montante, que percorre a UGRHI 2, em direção ao estado do Rio de Janeiro. Em 2022, a qualidade deste rio nos trechos avaliados foi similar à média histórica de 2017 - 2021 com IQA classificado na categoria Ótima e Boa entre Jambeiro e São José dos Campos. A classificação Regular no trecho a jusante de São José dos Campos, foi influenciada por maiores concentrações de *E. coli* e Fósforo Total e baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido obtidas nas campanhas de 2022.

Gráfico 7.1 – Perfil do IQA ao longo do Rio Paraíba do Sul em 2022 e nos últimos 5 anos.



A Figura 7.1 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Santa Branca em 2022.

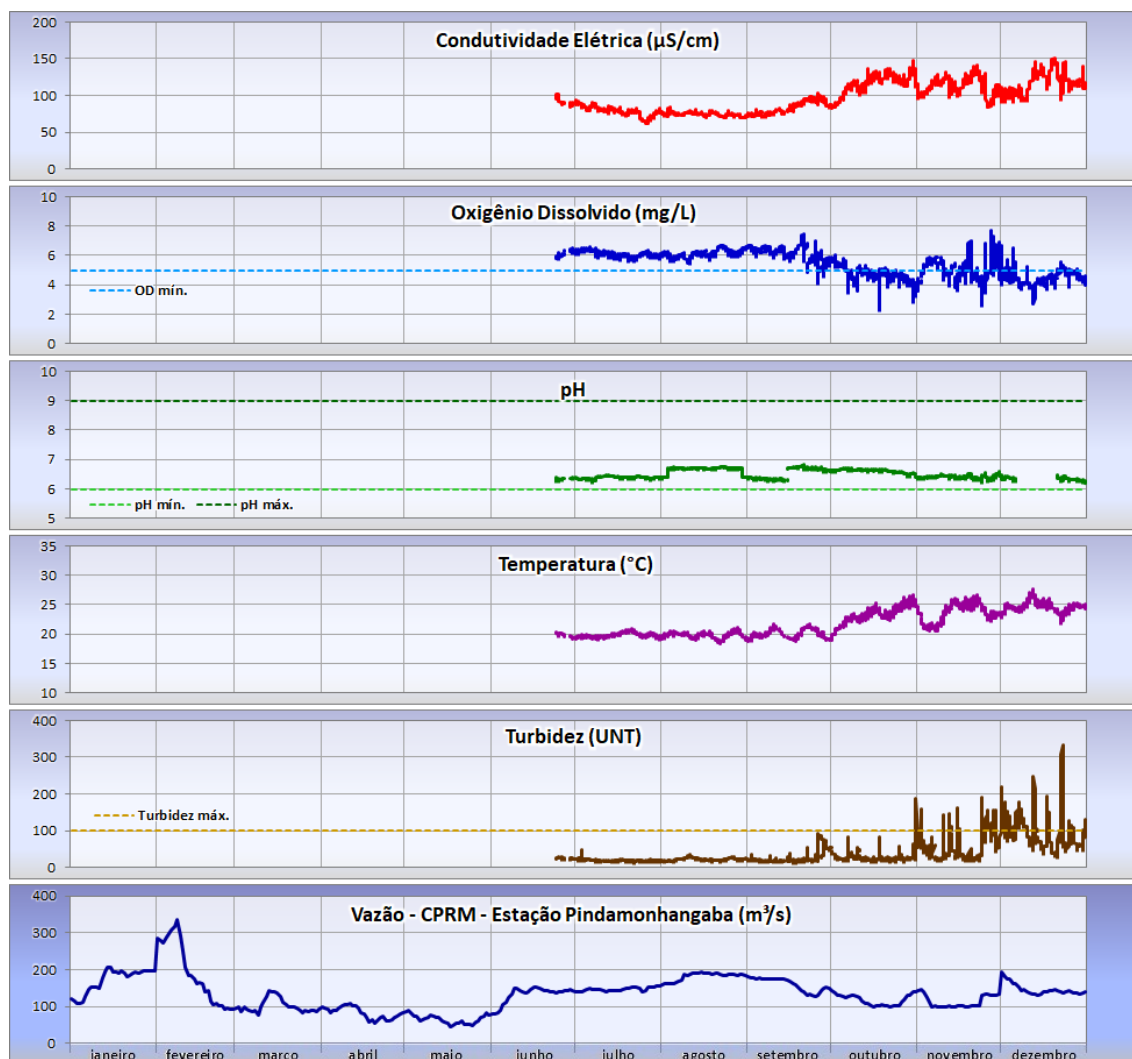
Figura 7.1 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Santa Branca monitora a qualidade das águas do Rio Paraíba do Sul no trecho imediatamente a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Santa Branca, ou seja, em sua cabeceira. Nesse ponto, onde a vazão é controlada pela Light, os baixos valores de Condutividade Elétrica e Turbidez demonstram que o curso de água é pouco impactado por cargas poluidoras. Em 2022, o Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade para rios Classe 2 em 62% do tempo. Os maiores valores de Oxigênio Dissolvido são observados entre os meses de maio e outubro, coincidindo com o aumento das descargas da barragem e, consequentemente, da vazão do rio. Os valores de pH e Turbidez atendem ao padrão de qualidade durante 100% o tempo.

A Figura 7.2 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pindamonhangaba em 2022.

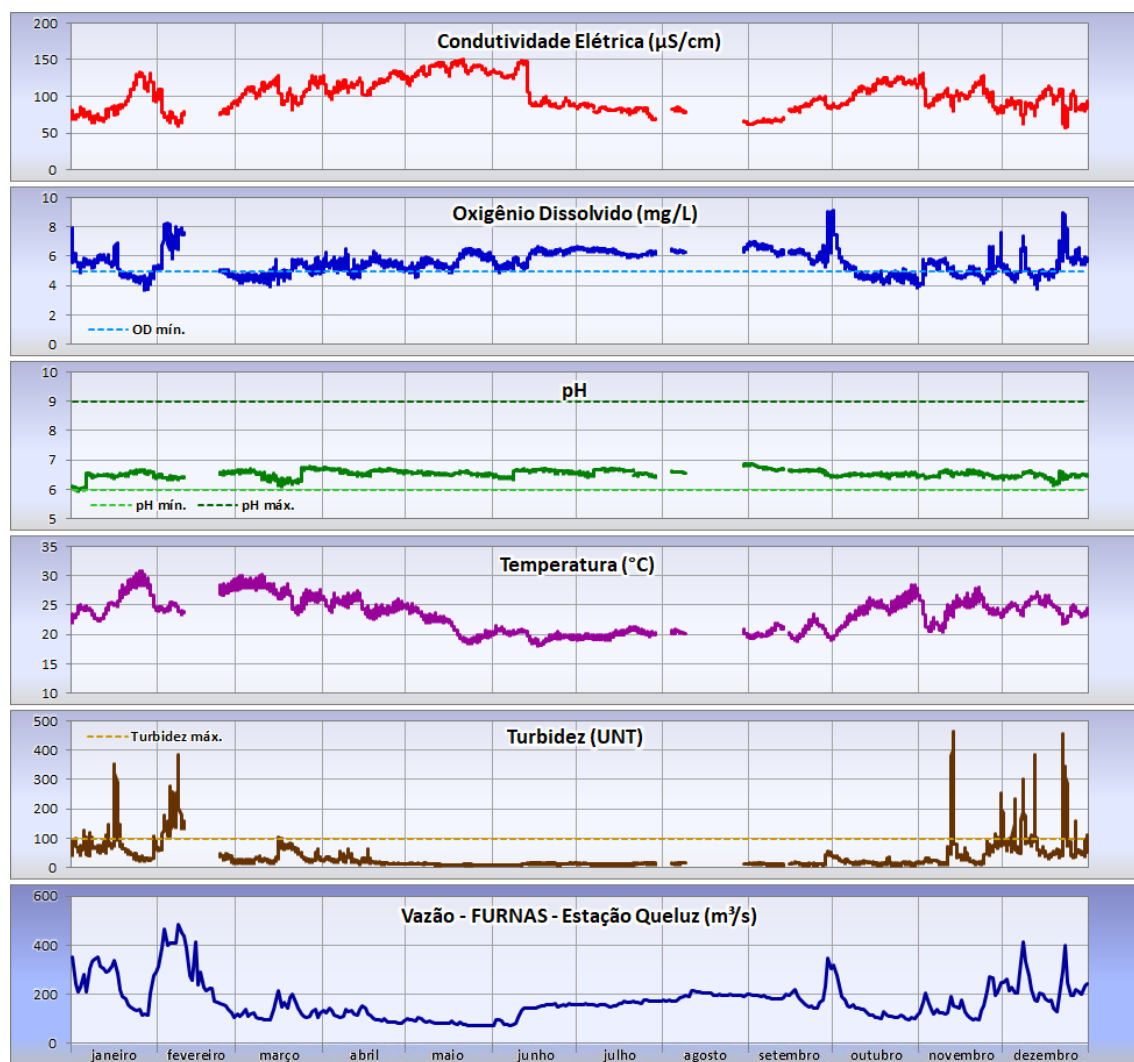
Figura 7.2 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Pindamonhangaba de janeiro a dezembro de 2022.



Implantada junto à captação de água da SABESP para tratamento na ETA Pindamonhangaba, a Estação Automática Pindamonhangaba monitora a qualidade das águas da porção central do Rio Paraíba do Sul no estado de São Paulo. Nesse trecho, o impacto das cargas poluidoras já pode ser observado nos valores de Condutividade Elétrica acima de 100 $\mu\text{S/cm}$. O Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade para rios Classe 2 em 63% do tempo. A turbidez atende o padrão de qualidade durante 92% do período monitorado, apesar dos picos acima de 100 UNT indicarem aporte de cargas difusas.

A Figura 7.3 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Queluz em 2022.

Figura 7.3 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2022.



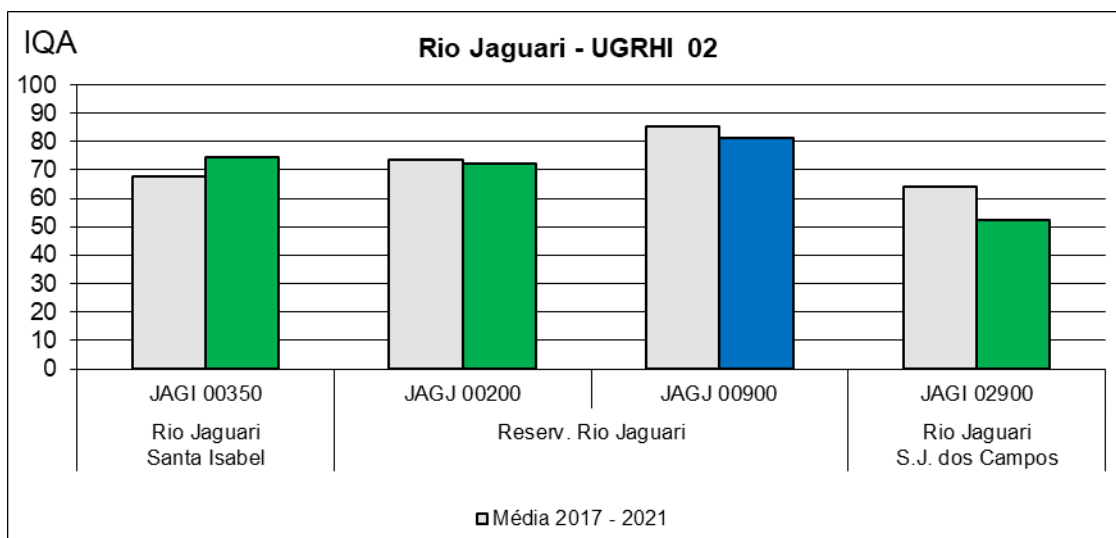
A Estação Automática Queluz monitora a qualidade das águas do Rio Paraíba do Sul na saída do estado de São Paulo em direção ao estado do Rio de Janeiro. Os valores de Oxigênio Dissolvido e pH atendem ao padrão de qualidade para rios Classe 2 em, respectivamente, 72 e 100% do período monitorado. A Condutividade Elétrica variou entre 50 e 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Apesar de atender o padrão em 93% do tempo, a Turbidez apresenta picos superiores a 200 UNT, coincidentes com os incrementos de vazão, indicativo de que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas difusas no rio.

7.1.2. Rio Jaguari – UGRHI 2

O Gráfico 7.2 apresenta o perfil do IQA para o Rio Jaguari (montante e jusante do reservatório) e para pontos localizados no Reservatório Jaguari, objeto de transposição das águas para o Reservatório Atibainha na UGRHI 5. Em 2022, a qualidade da água apresentou classificação Boa a

Ótima em todos os pontos, mantendo a qualidade observada no ano anterior e nos últimos cinco anos.

Gráfico 7.2 – Perfil do IQA ao longo do Rio Jaguari – UGRHI 2 em 2022 e nos últimos 5 anos.

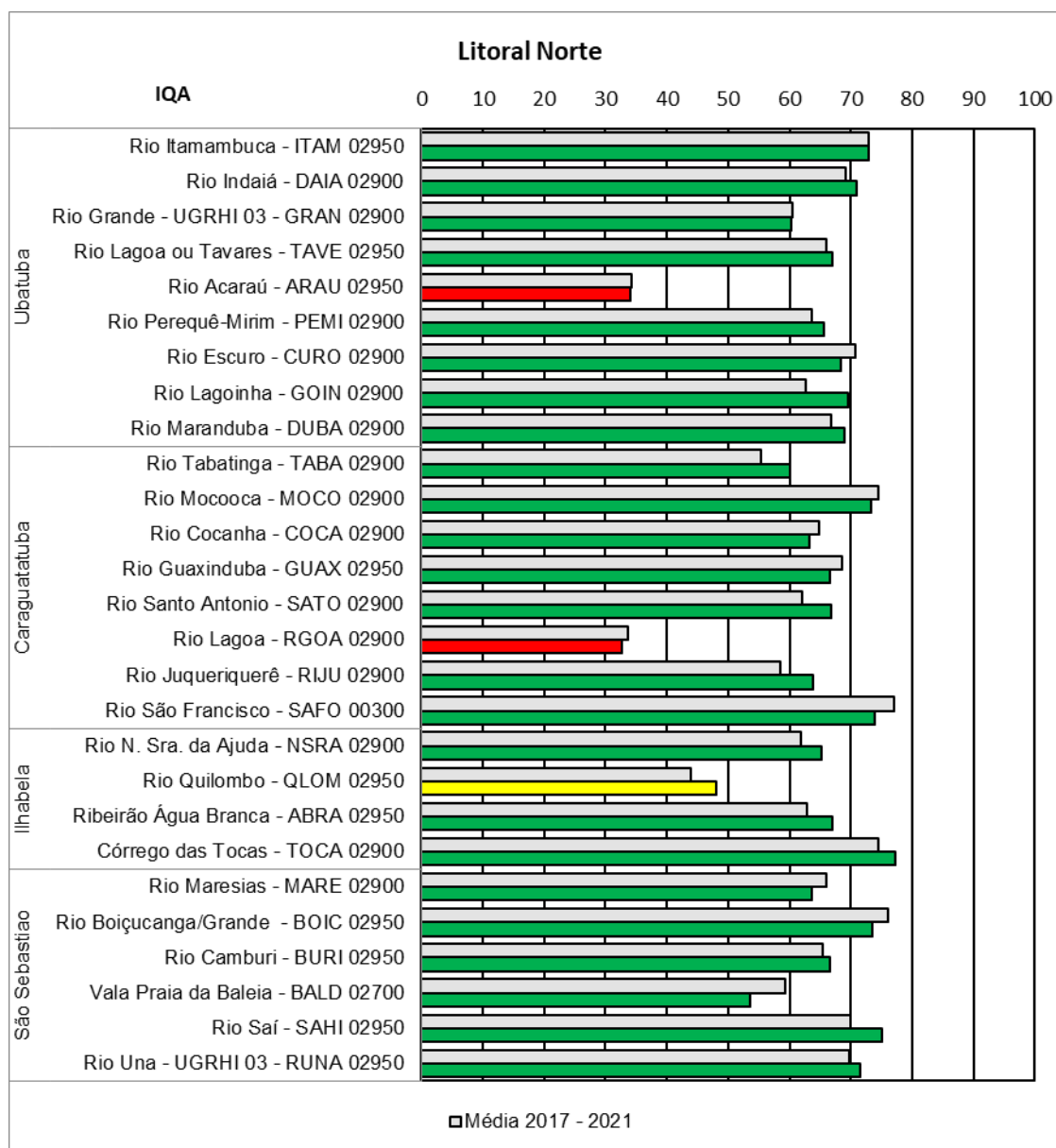


7.2. UGRHI 3 – LITORAL NORTE

O Gráfico 7.3 apresenta o IQA dos corpos hídricos monitorados na UGRHI 3 - Litoral Norte em 2022. Dos 27 cursos de água que deságuam nas praias do Litoral Norte, apenas três não apresentaram qualidade Boa. São eles: Rio Acaraú, em Ubatuba, Rio Lagoa, em Caraguatatuba e Rio Quilombo, em Ilhabela. O cenário de qualidade observado nesses três pontos vem se mantendo desde 2016. As Classificações Ruim e Regular do IQA foram influenciadas pela presença de variáveis associadas à presença de matéria orgânica (principalmente baixos níveis OD e elevadas concentrações de COT e *E. coli*) oriunda do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, inclusive de áreas irregularmente ocupadas.

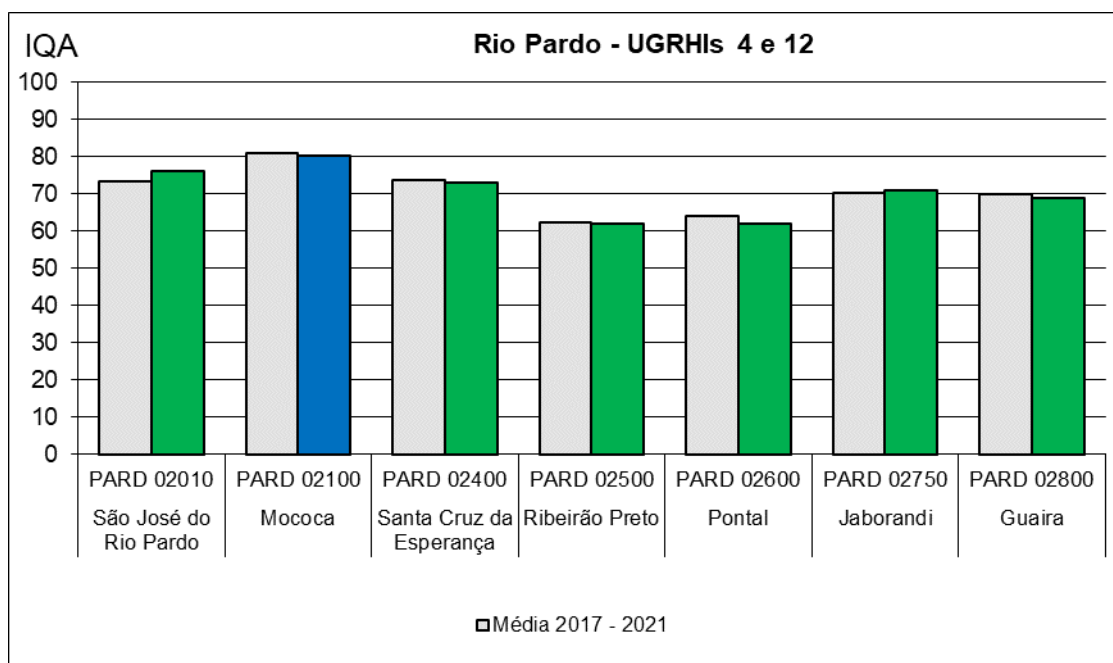
A falta de rede de drenagem municipal associada a ocupações irregulares, além de lançamentos irregulares e o uso inadequado de fossas sépticas, representam os maiores problemas, em termos de qualidade das águas, para os municípios da UGRHI 3. Portanto, a universalização da coleta e tratamento de esgotos e soluções adequadas para o esgotamento sanitário das áreas irregulares são fundamentais para reverter esse quadro.

Gráfico 7.3 – Perfil do IQA ao longo dos cursos de água do Litoral Norte em 2022 e nos últimos 5 anos.



7.3. UGRHIs 4 e 12 – Rio Pardo

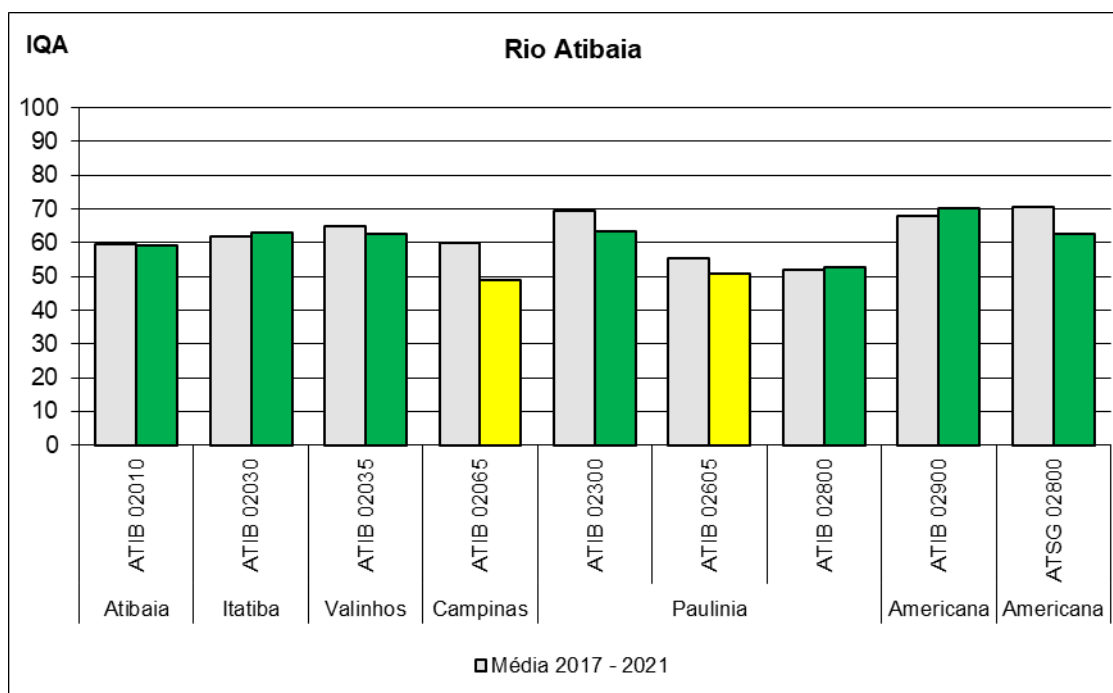
O Gráfico 7.4 apresenta o IQA para os pontos amostrados ao longo da calha do Rio Pardo em 2022. A qualidade das águas no Rio Pardo permaneceu predominantemente na classificação Boa do IQA, mantendo a mesma classificação de qualidade dos últimos cinco anos.

Gráfico 7.4 – Perfil do IQA ao longo do Rio Pardo – UGRHs 4 e 12 em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.4. UGRHI 5 – PIRACICABA / CAPIVARI / JUNDIAI

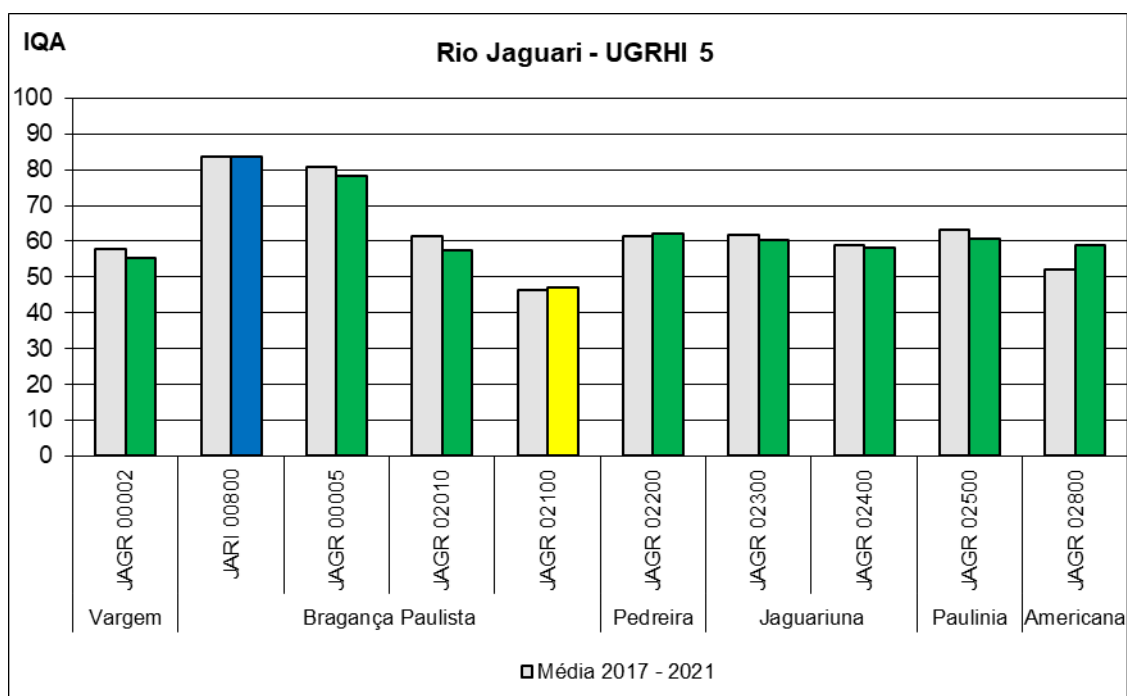
7.4.1. Rio Atibaia

O Rio Atibaia em 2022 apresentou classificação na categoria Boa do IQA em quase toda a sua extensão, com exceção nos trechos em Campinas (ATIB 02065) e Paulínia (ATIB 02605), classificados na categoria Regular (Gráfico 7.5), influenciados principalmente por concentrações elevadas de *E. coli* e de matéria orgânica, oriundas das bacias dos ribeirões dos Pinheiros e Anhumas, que contribuem com expressiva carga orgânica no Rio Atibaia a montante dos dois trechos monitorados.

Gráfico 7.5 – Perfil do IQA ao longo do Rio Atibaia em 2022 e nos últimos 5 anos.

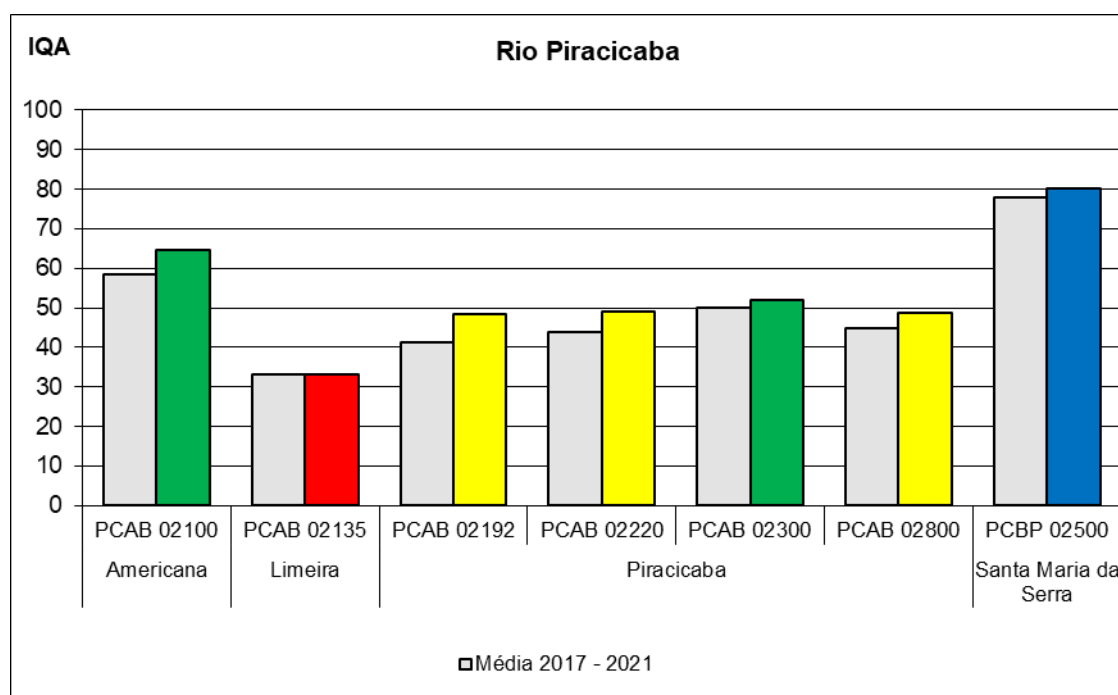
7.4.2. Rio Jaguari – UGRHI 5

Em 2022, o Rio Jaguari foi classificado na categoria Boa, com IQA próximo da média histórica em todos os trechos amostrados, com exceção no trecho a jusante de Bragança Paulista, com classificação Regular, influenciada por baixos níveis de OD e elevadas concentrações de *E. coli* nas campanhas realizadas nesse ano. Ressalta-se que esse ponto se localiza a jusante da confluência com o Ribeirão Lavapés, pertencente à Classe 4, com histórico de concentrações elevadas de matéria orgânica e de *Escherichia coli* (Gráfico 7.6).

Gráfico 7.6 – Perfil do IQA ao longo do Rio Jaguari em 2022 e nos últimos 5 anos.

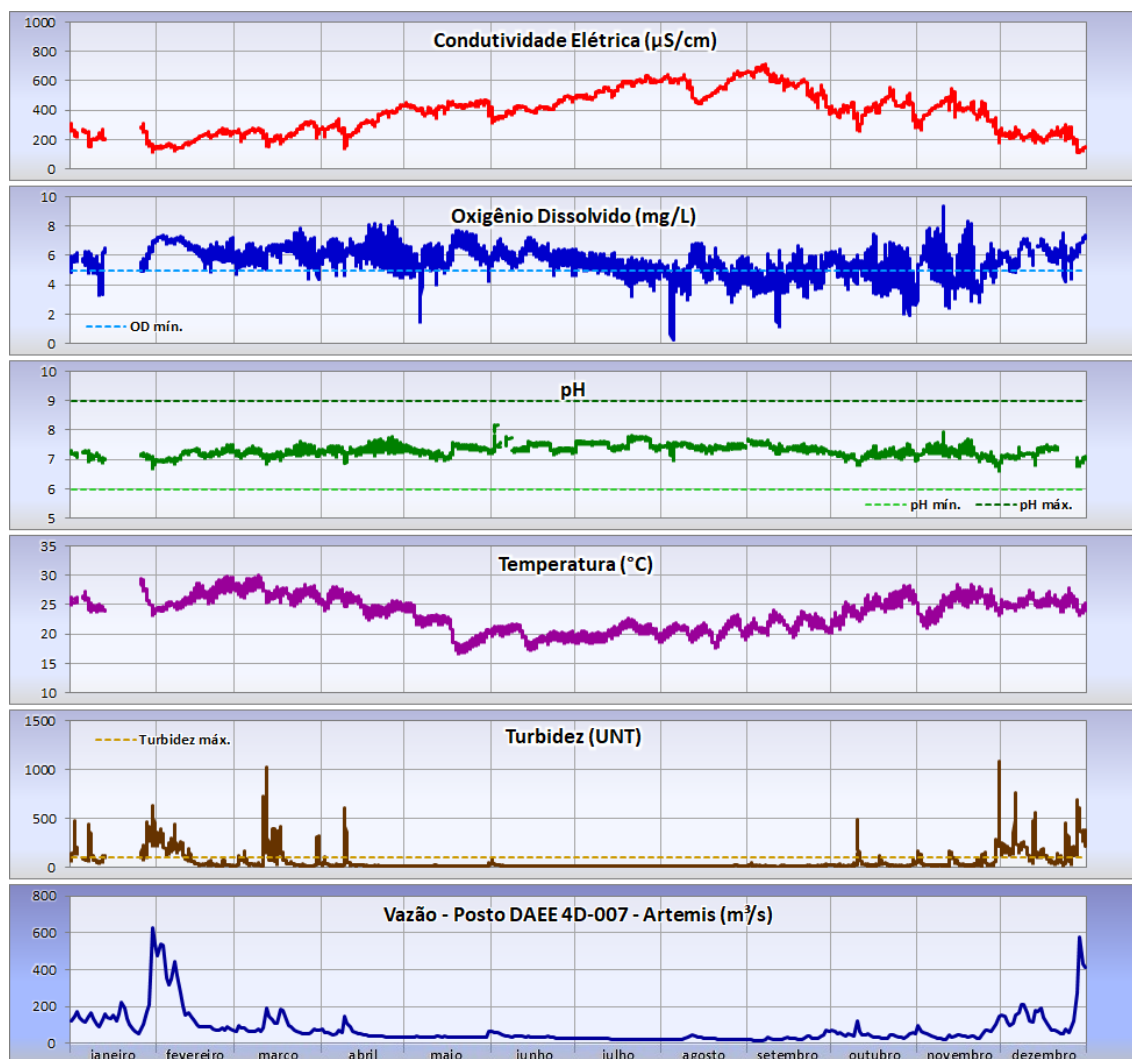
7.4.3. Rio Piracicaba

Em 2022, a qualidade do Rio Piracicaba manteve a classificação Boa no trecho a jusante do Reservatório de Salto Grande. O trecho de Limeira, manteve a qualidade Ruim, no mesmo patamar da média histórica, influenciada por baixos níveis de Oxigênio Dissolvido e elevadas concentrações de matéria orgânica e *E. coli*. Destaca-se que esse trecho do Rio Piracicaba recebe contribuições de montante oriundas das bacias dos ribeirões Tatu e Quilombo, que drenam os municípios de Limeira e Sumaré, respectivamente, ambos com déficits nos índices de saneamento municipal. Já no trecho a jusante do município de Piracicaba, houve melhora do IQA em relação à média histórica, atingindo a classificação Boa. Os demais trechos apresentaram classificação predominantemente Regular, não mostrando diferença expressiva da média histórica. O Braço do Rio Piracicaba foi classificado na categoria Ótima, mantendo o observado na média histórica (Gráfico 7.7).

Gráfico 7.7 – Perfil do IQA ao longo do Rio Piracicaba em 2022 e nos últimos 5 anos.

A Figura 7.4 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Piracicaba em 2022.

Figura 7.4 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2022.

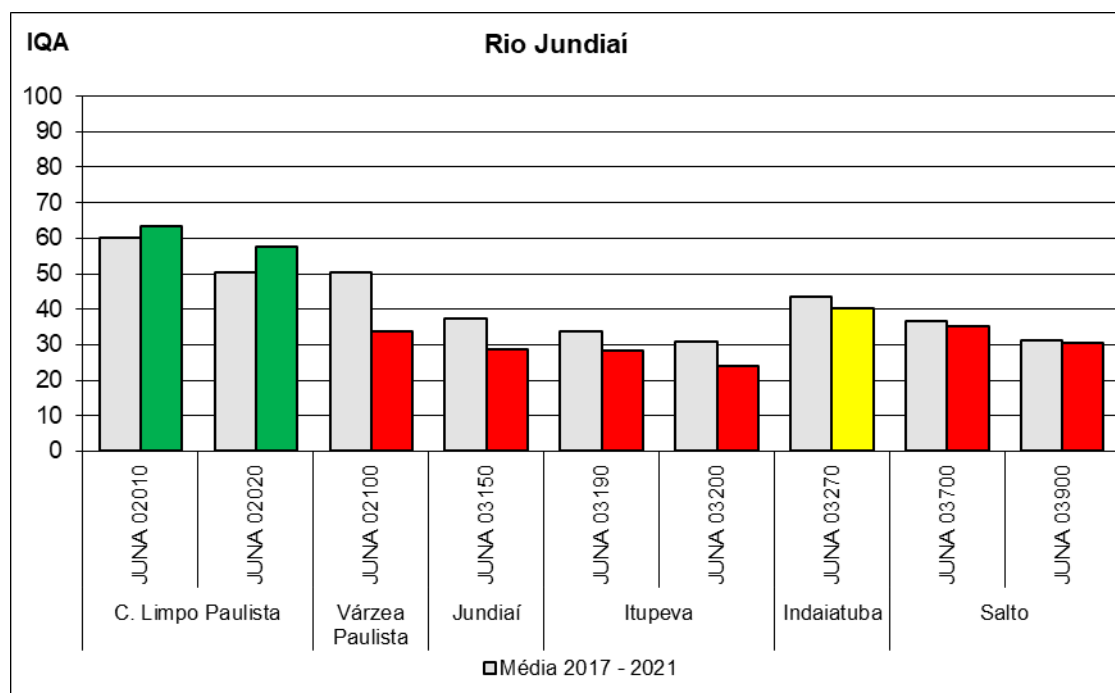


A Estação Automática Piracicaba determina a qualidade das águas de um dos mais importantes afluentes do Rio Tietê, o Rio Piracicaba, a jusante da cidade de Piracicaba e da foz do Rio Corumbataí. O Oxigênio Dissolvido atende o padrão de qualidade estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05 para rios Classe 2 em 78% do tempo. Em 2022, percebe-se que, ao longo do período seco, no qual o Rio Piracicaba apresentou as menores vazões, os valores de condutividade apresentaram aumento gradativo, atingindo 700 $\mu\text{S/cm}$ no início de setembro, ocorrendo também maior registro de níveis de Oxigênio Dissolvido abaixo de 5 mg/L acompanhados de alguns eventos com registros de OD abaixo de 2,0 mg/L. Apesar de atender ao padrão em 83% do tempo, a Turbidez apresentou registros acima de 500 UNT, geralmente coincidentes com aumentos na vazão do rio. Isso indica que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas difusas.

7.4.4. Rio Jundiá

Em 2022, a qualidade foi Boa e acima da média histórica no trecho de montante do Rio Jundiá em Campo Limpo Paulista. A qualidade da água piora principalmente nos trechos entre Jundiá e Itupeva e em Salto, com registro de elevadas concentrações de matéria orgânica, nutrientes (Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal) e *E. coli*. No trecho em Indaiatuba, a qualidade manteve a média histórica na qualidade Regular (Gráfico 7.8).

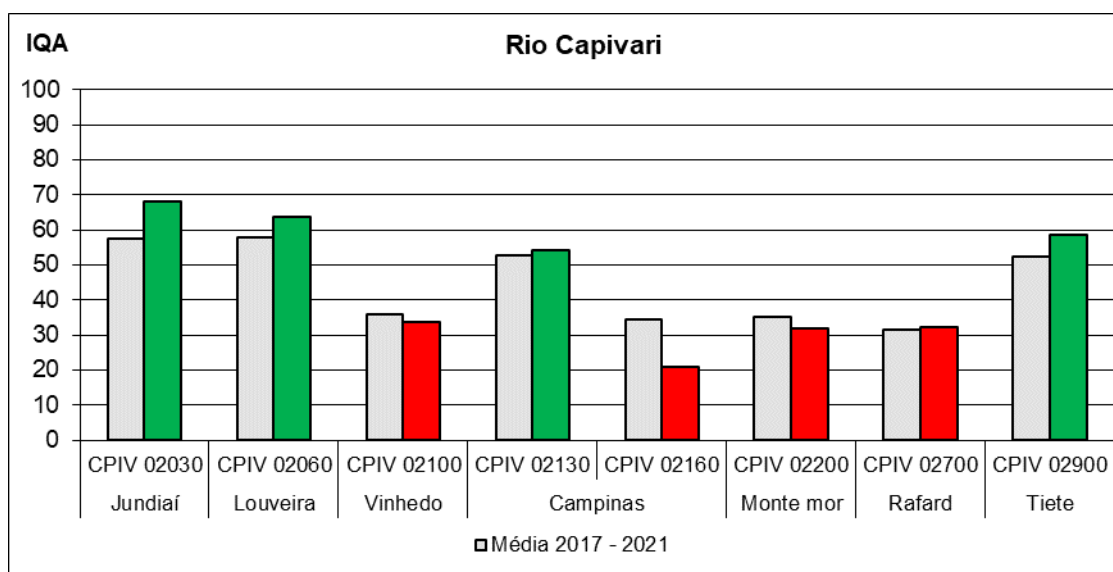
Gráfico 7.8 – Média Anual do IQA ao longo do Rio Jundiá em 2022 e nos últimos 5 anos.



No final de 2022 foi inaugurada a Estação Automática Itupeva, no Rio Jundiá. Devido ao pequeno período de operação de 2022, a estação não foi contabilizada para este ano, entretanto, a evolução das variáveis medidas pode ser consultada no Apêndice S.

7.4.5. Rio Capivari

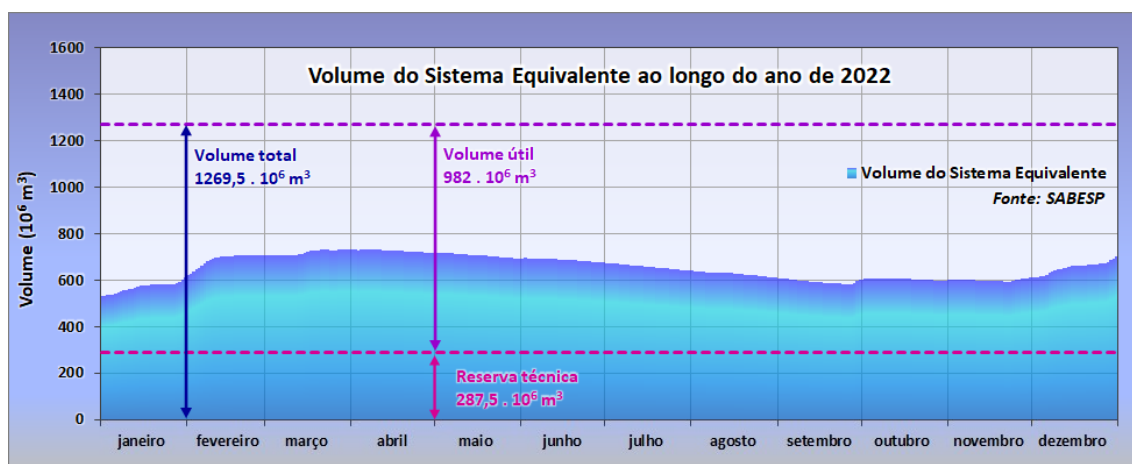
A qualidade da água, avaliada pelo IQA, no Rio Capivari apresentou a qualidade Boa e acima da média histórica no trecho a montante dos municípios de Louveira e de Campinas. A qualidade manteve a categoria Ruim, no mesmo patamar dos últimos 5 anos, nos trechos em Vinhedo e entre Campinas e Rafard, que estão a jusante do ponto de lançamento das ETES de Vinhedo e de Campinas. Ressalta-se que 40 % dos efluentes tratados do município de Campinas são lançados nesse corpo de água, influenciando negativamente a qualidade da água até o trecho de Tietê, aonde o IQA é historicamente classificado na categoria Boa, indicando melhora da qualidade da água devido a processos de autodepuração. (Gráfico 7.9).

Gráfico 7.9 – Média Anual do IQA ao longo do Rio Capivari em 2022 e nos últimos 5 anos.

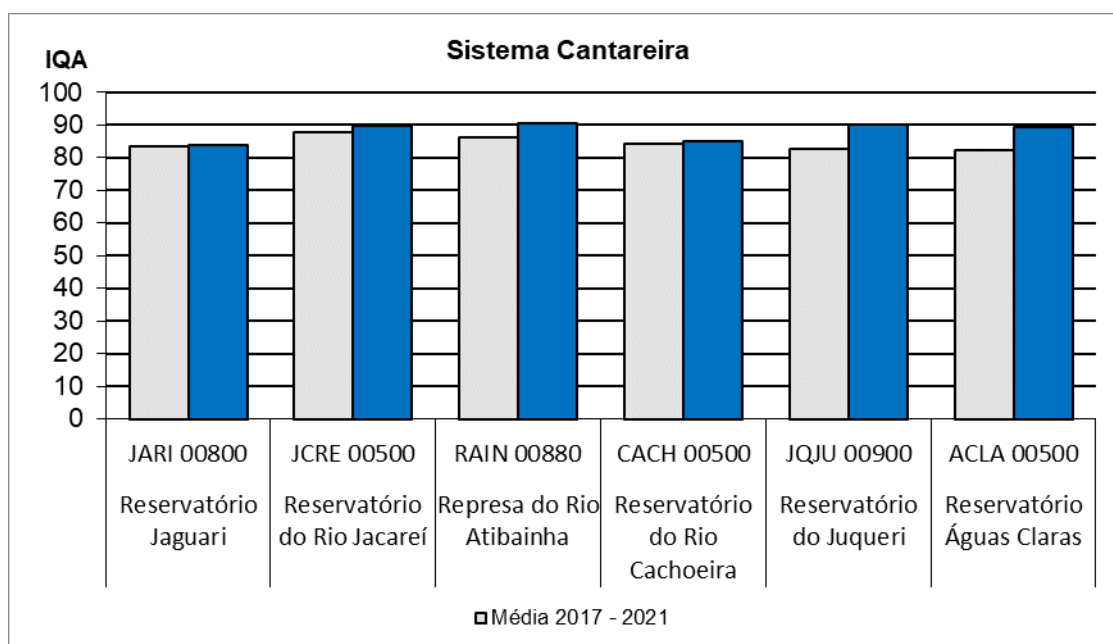
7.5. SISTEMA CANTAREIRA – UGRHs 5 e 6

Os reservatórios iniciais do Sistema Cantareira são o Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha. Para facilitar o entendimento do comportamento dinâmico desses três corpos hídricos, a SABESP denomina-os, em conjunto, como “Sistema Equivalente” e realiza o monitoramento sistemático do nível de água dos mesmos com vistas a acompanhar a evolução dos volumes armazenados. Nesses reservatórios, o volume é uma variável quantitativa importante para o entendimento dos fenômenos físicos, químicos e biológicos que determinam a qualidade das águas.

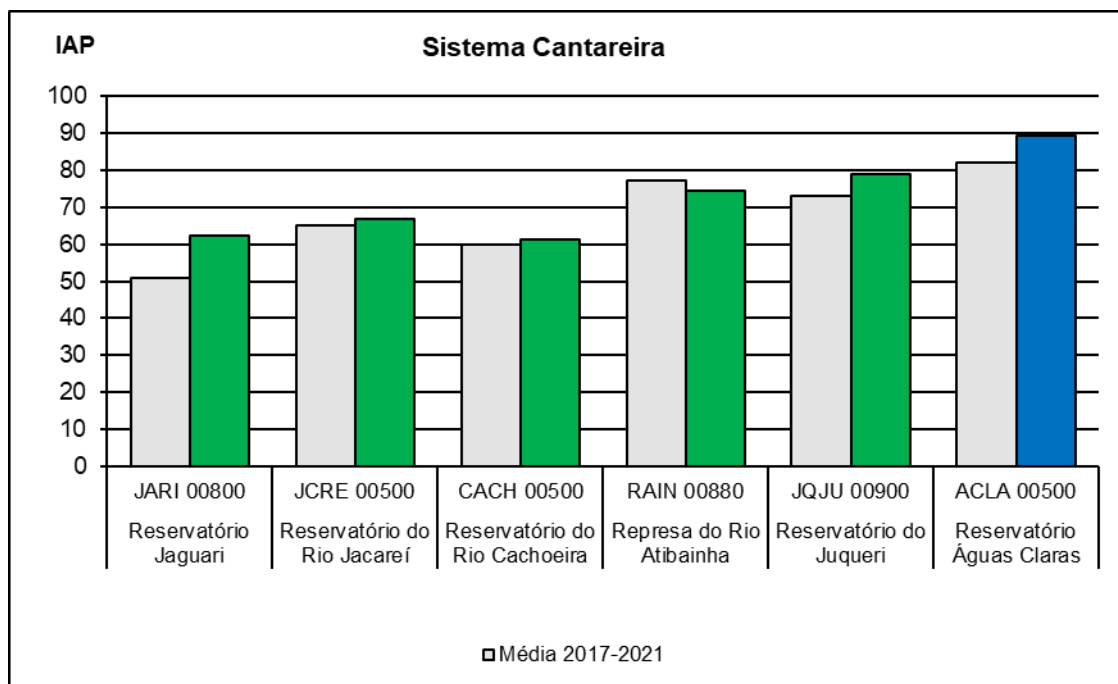
O Gráfico 7.10 apresenta a evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2022. De janeiro a março, houve aumento significativo do seu volume útil, que ultrapassou 60% no fim do período chuvoso. De abril a outubro, observou-se gradativa redução no volume do Sistema Equivalente, que chegou próximo de 30% em novembro, para então apresentar uma recuperação a partir de dezembro.

Gráfico 7.10 – Evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2022.

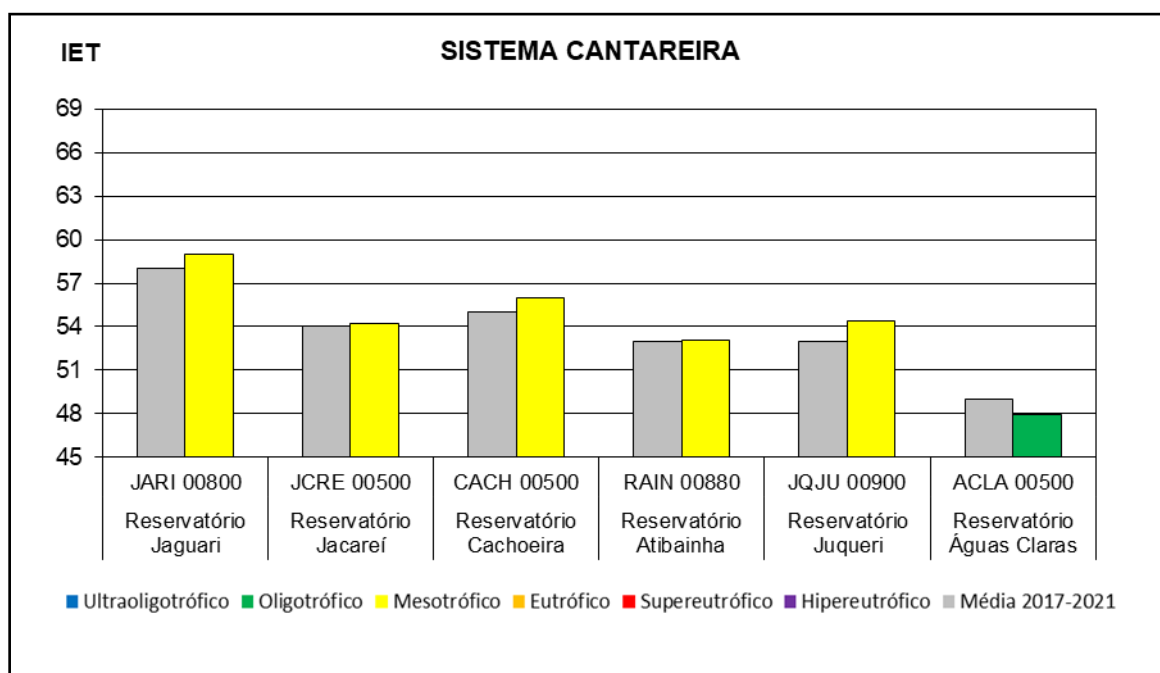
O Gráfico 7.11 apresenta o perfil do IQA para os reservatórios do Sistema Cantareira, seguindo o caminho das águas desde o Reservatório Jaguari até o Águas Claras, onde é feita a adução para a ETA do Guaraú. Em 2022, a qualidade da água de todos os reservatórios desse sistema foi classificada na categoria Ótima, se mantendo igual ou acima da média histórica.

Gráfico 7.11 – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2022 e nos últimos 5 anos.

O Gráfico 7.12 apresenta o perfil do IAP para os reservatórios do Sistema Cantareira. O IAP anual se manteve na categoria Boa e Ótima em 2022, se mantendo próximo dos patamares dos últimos 5 anos. A qualidade da água do Reservatório do Rio Jaguari apresentou melhora, passando da categoria Regular em 2021 para Boa em 2022.

Gráfico 7.12 – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2022 e nos últimos 5 anos.

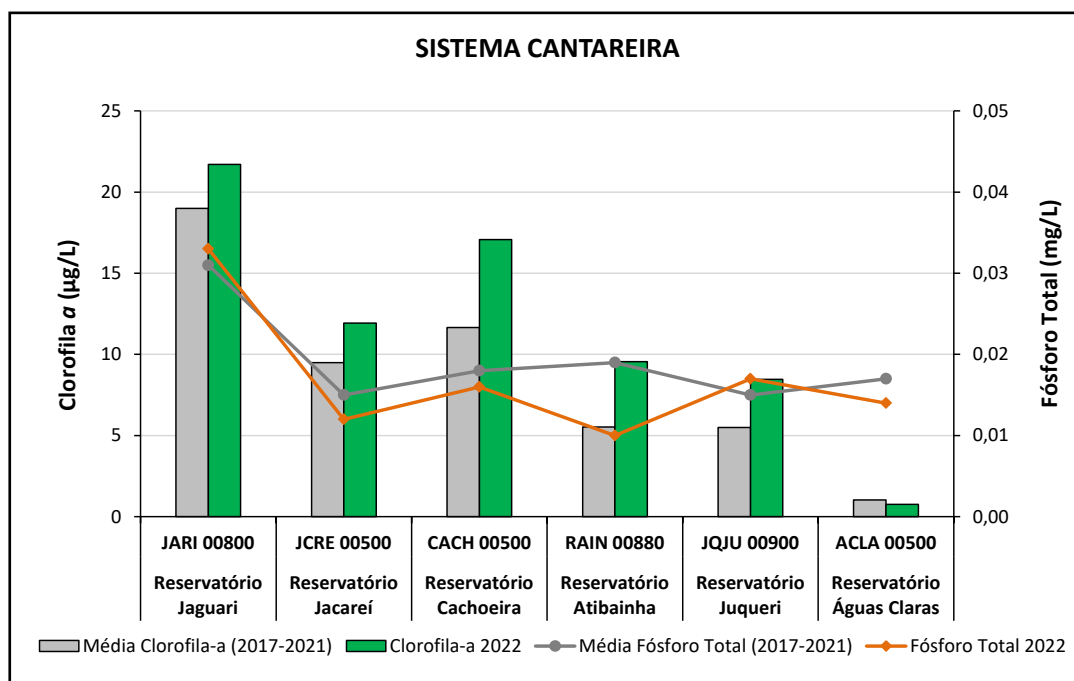
O Gráfico 7.13 apresenta a média anual do Índice de Estado Trófico – IET, em 2022 e a média do período histórico de 5 anos (2017 a 2021) no Sistema Cantareira para os reservatórios Jaguarí (JARI 00800), Jacaré (JCRE 00500), Cachoeira (CACH 00500), Atibainha (RAIN 00880), Juqueri (JQJU 00900) e Águas Claras (ACLA 00500).

Gráfico 7.13 – Valor da média anual do IET no Sistema Cantareira em 2022 e a média dos últimos 5 anos

Segundo o Índice de Estado Trófico – IET, os reservatórios do Sistema Cantareira (Gráfico 7.13) em 2022, tiveram classificações tróficas que variaram de Oligotrófica (ACLA 00500) a Mesotrófica (JARI 00800, JGRE 00500, CACH 00500, RAIN 00880 e JQJU 00900), mantendo a classificação média de 2017 a 2021.

O Gráfico 7.14 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila a e de Fósforo Total em 2022 e a média histórica do período de 2017 a 2021 dos reservatórios do Sistema Cantareira.

Gráfico 7.14 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total no Sistema Cantareira em 2022 e nos últimos 5 anos.



Com relação ao Fósforo Total, apenas nos reservatórios Jaguari (JARI 00800) e Cachoeira (CACH 00500), o limite estabelecido pela Resolução nº CONAMA 357/2005 de 0,020 mg/L foi ultrapassado em pelo menos uma das campanhas de amostragem. Em todos os demais as concentrações sempre estiveram abaixo do limite legal e as médias de concentração do Fósforo Total em 2022 ou foram muito próximas ou abaixo da média histórica (2017-2021).

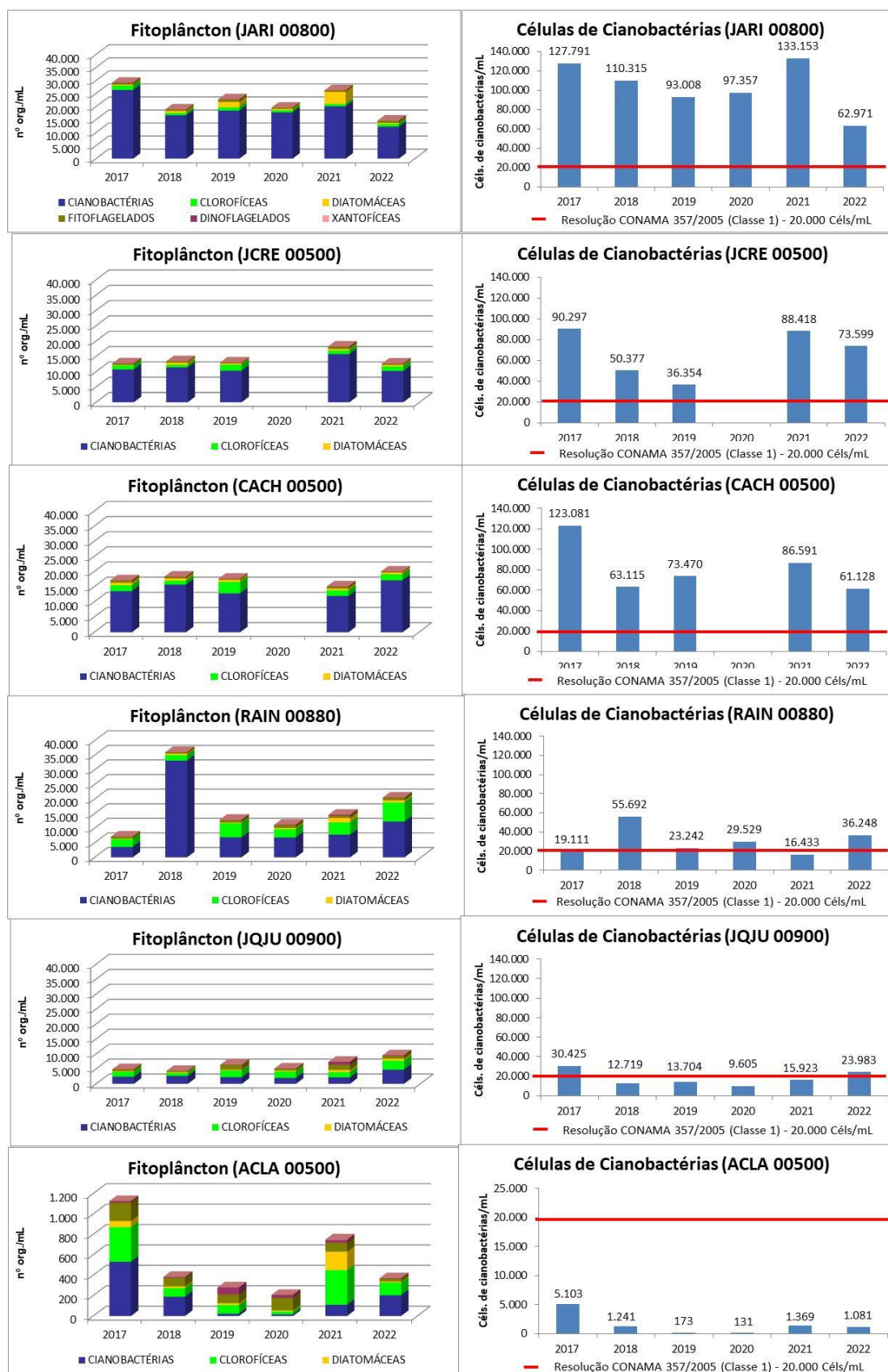
As concentrações de Clorofila a ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (10µg/L) em apenas uma campanha de amostragem no Reservatório Juqueri, em duas campanhas nos reservatórios Jacareí e Atibainha e em todas as amostragens nos reservatórios Cachoeira e Jaguari. Em comparação à média dos últimos cinco anos, apenas no Reservatório Águas Claras a média anual da concentração de Clorofila a foi inferior àquela dos últimos cinco anos (2017-2021). Esse reservatório, apresentou a melhor condição trófica dentre todos os reservatórios do Sistema Cantareira.

A Figura 7.5 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplancônica e de Número de Células de Cianobactérias no Sistema Cantareira no período de 2017 a 2022. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa com

exceção do ponto situado no Reservatório Águas Claras, que em 2021 teve uma maior contribuição de Clorofíceas e em 2022 foi dominado por Cianobactérias. Em 2022, as médias anuais do Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em praticamente todos os reservatórios, com exceção do Águas Claras (ACLA 00500).

O Quadro 7.1 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias no Sistema Cantareira em 2021 e 2022, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as considerações relevantes.

Figura 7.5 – Média anual da composição da Comunidade Fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Sistema Cantareira – 2017 a 2022.



Observação: Nos pontos JCRE 00500 e CACH 00500 não foi calculada a média em 2020 em função da Pandemia do COVID 19.

Quadro 7.1 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium* no Sistema Cantareira. Comparação entre 2021 e 2022.

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	Ceratium	Considerações
JARI 00800	2021						Melhora Em praticamente todos os quesitos.
	4	26.232	133.153	193.719 (fevereiro) 94% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2022						
	4	14.650	62.971	133.432 (novembro) 74% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	25	P	
JCRE 00500	2021						Não houve alterações significantes nos dados de NCC e da Comunidade Melhora Sutil em relação ao atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005
	4	18.183	88.418	163.638 (fevereiro) 85% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2022						
	4	12.624	73.599	130.867 (novembro) 34% das células – <i>Raphidiopsis</i> , 27% <i>Cyanogranis</i> ⁽²⁾	75	A	
CACH 00500	2021						Melhora Em relação à NCC.
	4	15.162	86.591	128.662 (novembro) 55% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	25	A	
	2022						
	4	20.035	61.128	101.062 (fevereiro) 83% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	50	A	
RAIN 00880	2021						Piora Em relação à média de organismos e atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005.
	4	14.591	16.433	25.493 (fevereiro) 78% das células – <i>Filamentosa</i> ni ⁽²⁾	75	A	
	2022						
	4	20.498	36.248	54.052 (novembro) 99% das células – <i>Cyanogranis</i> ⁽²⁾	25	A	
JQJU 00900	2021						Piora Em relação à média de organismos e ao atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005. Melhora Em relação à NCC.
	4	7.339	15.923	36.130 (agosto) 71% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	75	P	
	2022						
	4	9.526	23.983	50.903 (fevereiro) 44% das células – <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	50	A	

ACLA 00500	2021						Piora Em relação ao gênero dominante de cianobactéria. Melhora Em relação à NCC.
	4	750	1.369	4.812 (novembro) 47% das células – <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	100	A	
	2022						
	4	369	1.081	4.134 (maio) 59% das células – <i>Raphidioopsis</i> ⁽²⁾	100	A	

Legenda: org/mL – Organismos por mL; NCC – Número de Células de Cianobactérias; céls/mL – células por mL; *Ceratium* – dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.2 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 nos pontos JCRE 00500, RAIN 00880 e JQJU 00800. Os destaques em verde correspondem ao atendimento aos padrões para água tratada estabelecidos para cianotoxinas na Portaria GM/MS nº 888/2021.

Foram ultrapassados os limites de Número de Células de Cianobactérias, notadamente do gênero *Raphidiopsis* (potencial produtor de saxitoxina e cilindrospermopsina) na maior parte dos reservatórios do Sistema Cantareira em 2022, sendo observada a presença constante de saxitoxina, embora em concentrações abaixo de 1,0 µg/L.

Quadro 7.2 – Concentração de cianotoxinas – Sistema Cantareira – 2021 e 2022.

Ano	MC (µg.L ⁻¹)				STX (µg.L ⁻¹)				CYN (µg.L ⁻¹)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
JCRE 00500												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,16	0,29	0,18	0,13	0,16	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,50	0,22	0,18	0,12	< 0,05	< 0,05	NA	0,06
RAIN 00800												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,04	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,08	0,10	NA	0,06	0,06	0,05	NA	< 0,05
JQJU 00900												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,15	< 0,02	0,07	0,22	0,04	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	0,83	< 0,15	< 0,15	0,07	0,09	NA	0,02	< 0,05	< 0,05	NA	0,06

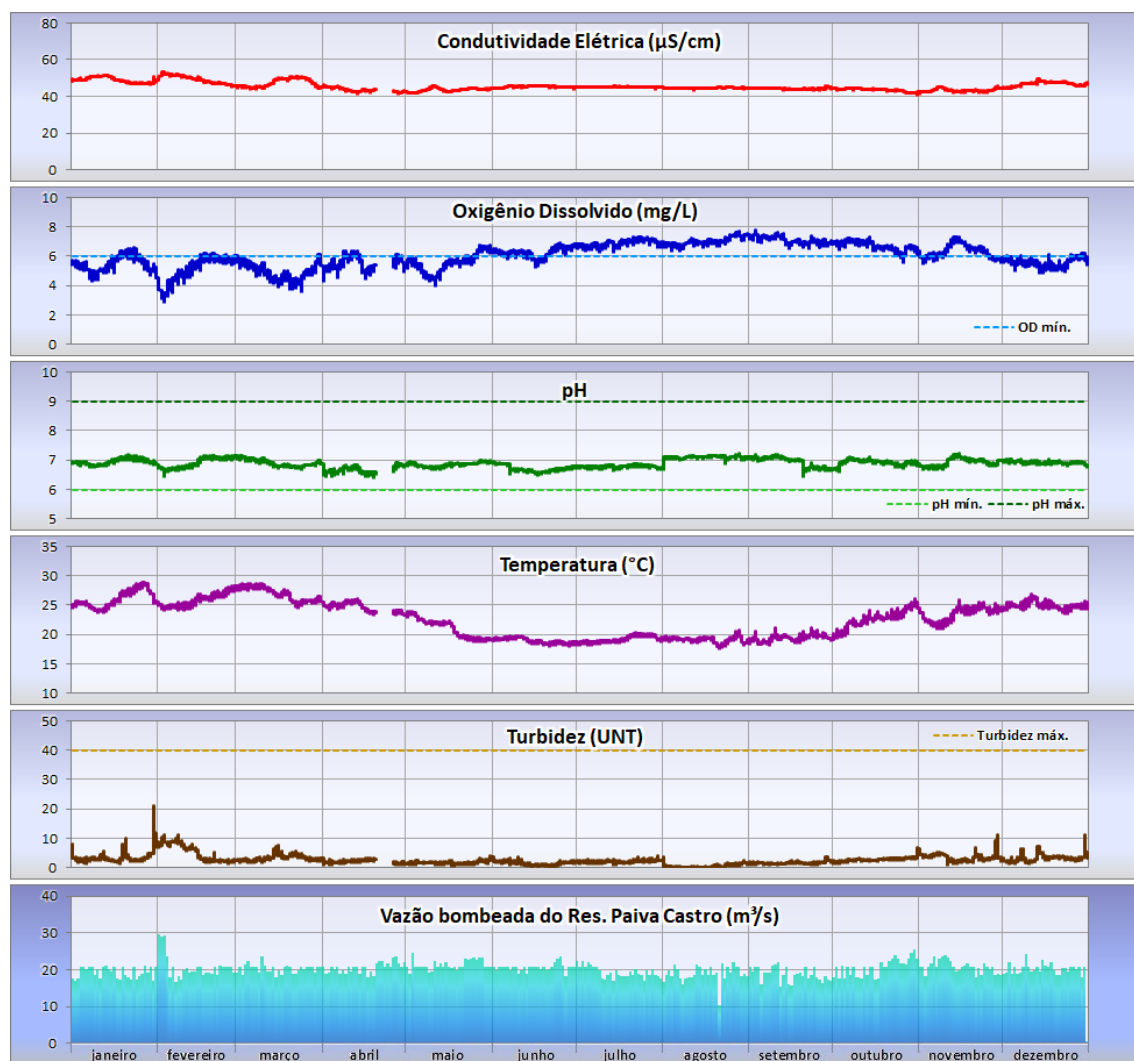
Limite de quantificação: MC < 0,15 µg/L; STX < 0,02 µg/L; CYN < 0,05 µg/L

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 µg/L; CYN 1,0 µg/L; STX 3,0 µg/L

■ Atendeu/■ Não atendeu; NA: Não analisado

A Figura 7.6 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Águas Claras em 2022.

Figura 7.6 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Águas Claras determina a qualidade das águas no Reservatório Águas Claras, integrante do Sistema Cantareira e última passagem das águas antes de alcançar a ETA Guaraú que tratou a vazão média de 21,2 m³/s nesse ano. Esse reservatório recebe as águas bombeadas do Reservatório Juqueri (Paiva Castro) que operou, em média, com 26% da sua capacidade durante o ano de 2022. A Condutividade Elétrica entre 40 e 50 µS/cm denota que as águas são pouco contaminadas por poluentes. Entretanto, o Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/05 para corpos d'água Classe 1 em apenas 53% do tempo. Isso pode ser reflexo de cargas poluidoras difusas afluentes aos mananciais do Sistema Cantareira, principalmente na época chuvosa, que implicam depleção da concentração de OD. A Turbidez e o pH atendem o padrão de qualidade ao longo de todo o ano.

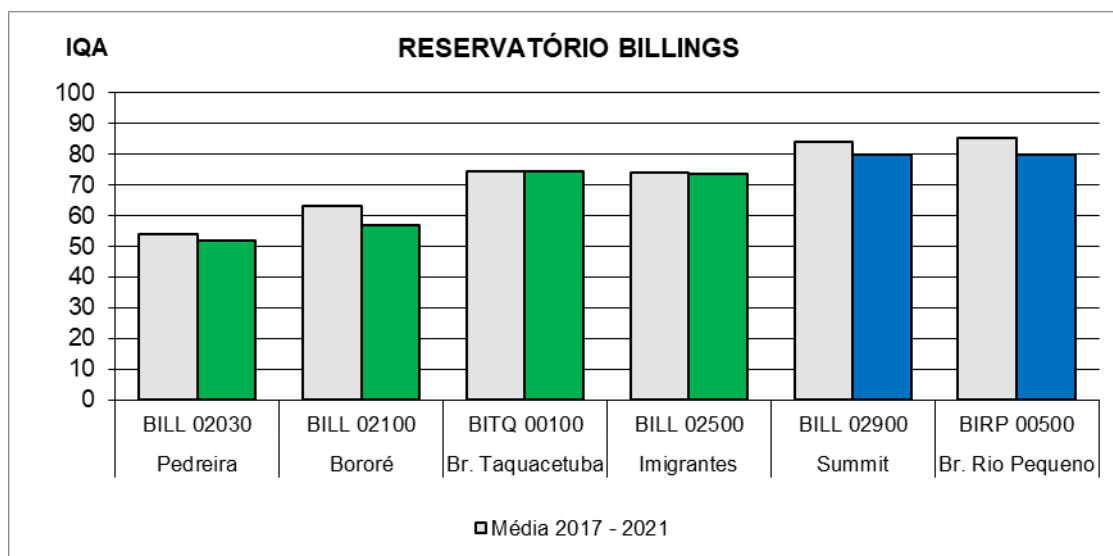
7.6. RESERVATÓRIOS DA UGRHI 6 – ALTO TIETÊ

7.6.1. Reservatório Billings

Existem seis pontos de amostragem no Reservatório Billings: BILL 02030, BILL 02100; BILL 02500, BITQ 00100, BILL 02900 e BIRP00500. O ponto BILL 02030 indica a condição de qualidade da água na entrada do reservatório; o ponto seguinte BILL 02100, a aproximadamente 7 km da barragem de Pedreira, reflete a diluição da água bombeada do Rio Pinheiros para o reservatório, além das afluições da própria bacia de drenagem do reservatório nesse trecho inicial. Os pontos BITQ 00100 e BILL 02900 representam a qualidade da água nas saídas do reservatório: reversão do Braço do Taquacetuba para o Reservatório Guarapiranga e o Summit Control, respectivamente. As principais fontes de poluição do reservatório encontram-se em seu trecho inicial e consistem no bombeamento do Rio Pinheiros e na ocupação antrópica das bacias de drenagem do Ribeirão Cocaia e Ribeirão Bororé. O processo de autodepuração dessas cargas sofre influência do afunilamento existente na altura da Rodovia Imigrantes (ponto BILL 02500). O ponto BIRP 00500, localizado no Braço do Rio Pequeno, inserido no ano de 2015, representa a qualidade da água no ponto de transferência da água do Reservatório Billings para o Reservatório do Rio Grande.

O Gráfico 7.15 apresenta os valores do IQA em 2022, verificando-se manutenção da qualidade nas categorias Ótima e Boa na comparação com a média dos últimos 5 anos.

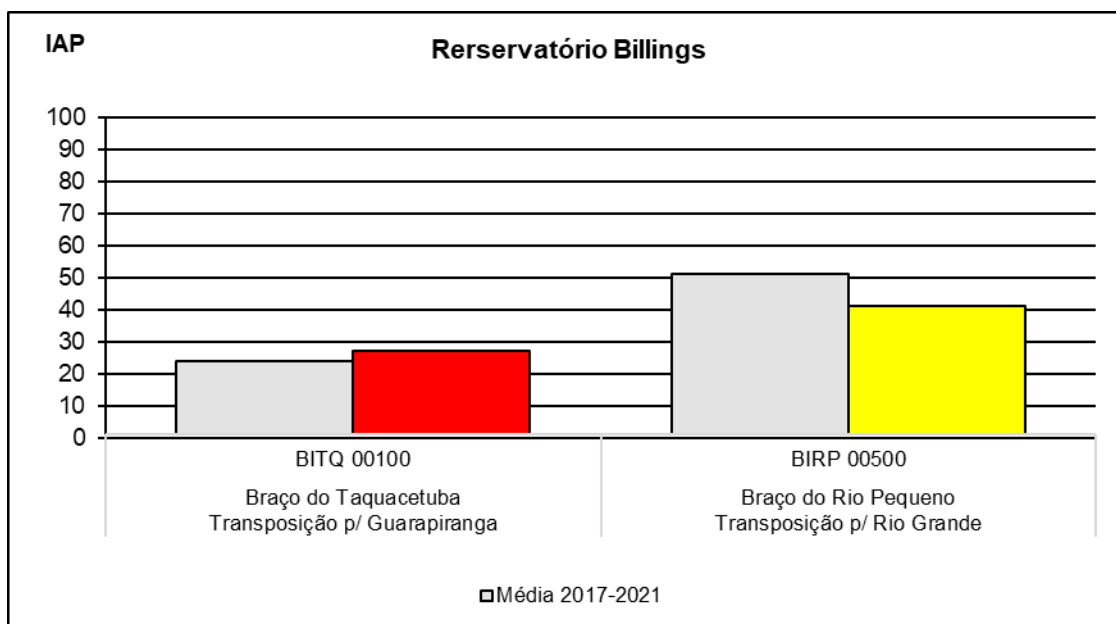
Gráfico 7.15 – Perfil do IQA – Reservatório Billings em 2022 e nos últimos 5 anos.



A classificação média do IAP em 2022 no ponto de transferência da água no Braço do Taquacetuba e no Braço do Rio Pequeno pode ser visualizada no Gráfico 7.16. A qualidade da água para fins de abastecimento público no Braço do Taquacetuba, manteve a classificação Ruim dos últimos 5 anos, influenciada por resultados elevados para a densidade de Cianobactérias, entre 102 e 284 mil cél/mL, e para o Potencial de Formação de Trihalometanos, entre 377 e 545 µg/L, obtida nos meses de junho, outubro e dezembro. Já no Braço do Rio Pequeno, houve piora da qualidade em relação à média histórica, que foi classificada na categoria Regular, também influenciada por resultados elevados para a densidade de Cianobactérias, entre 57 e 150 mil cél/mL, e para o

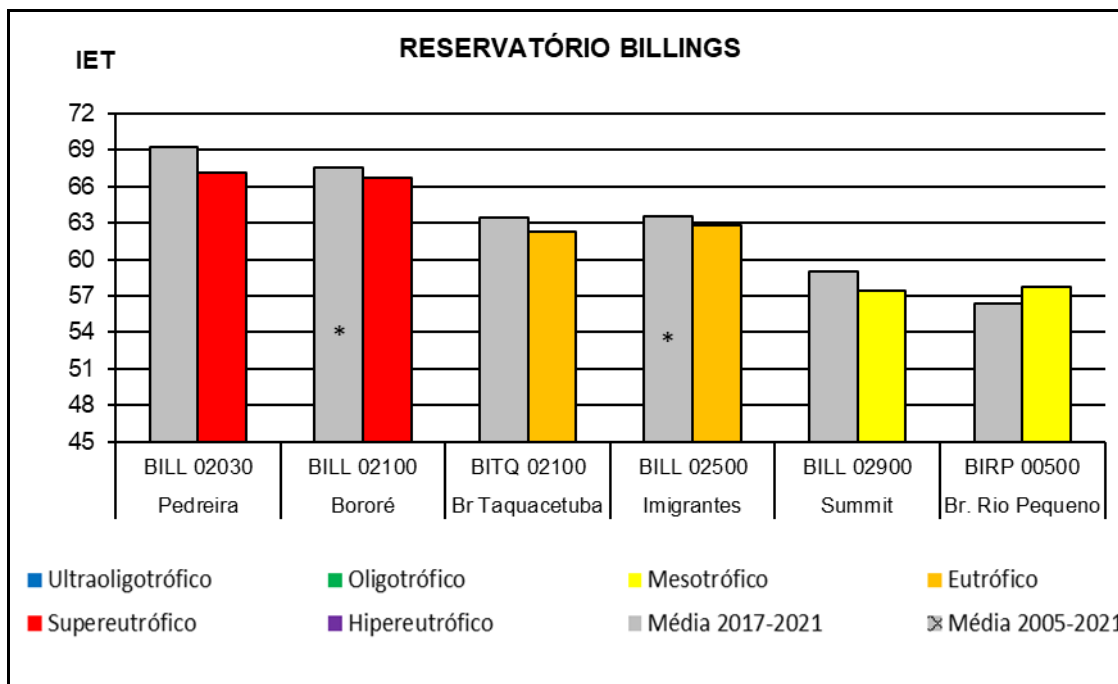
Potencial de Formação de Trihalometanos, com concentrações de 449 e 451 µg/L nos meses de março e outubro, respectivamente.

Gráfico 7.16 – IAP anual no ponto BITQ 00100 e BIRP 00500 em 2022 e nos últimos 5 anos.



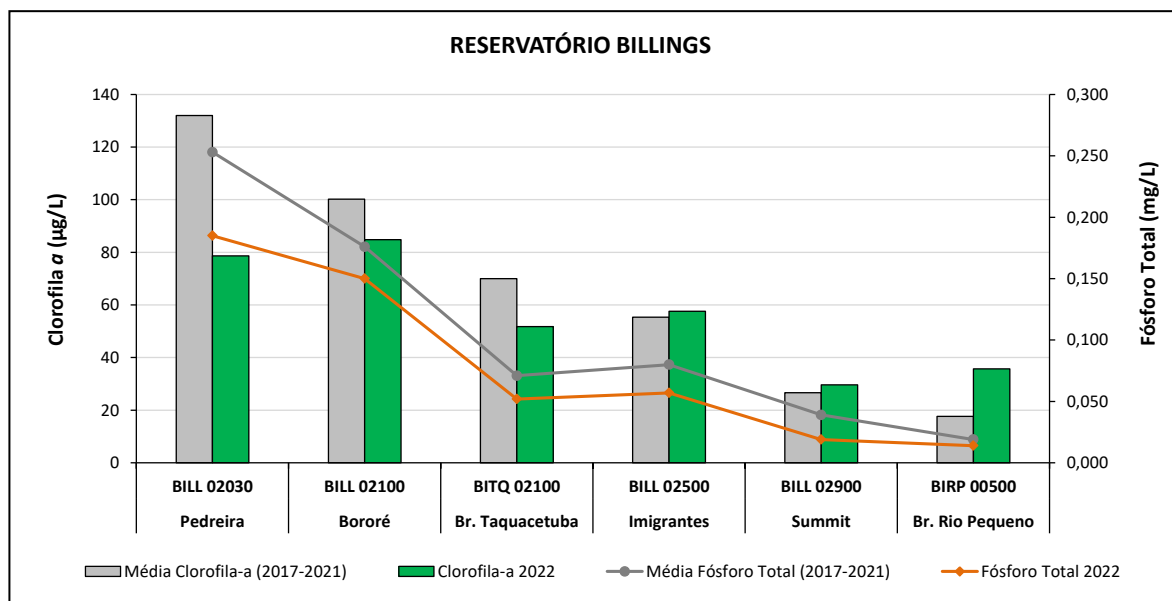
A fim de se avaliar a evolução temporal do nível trófico no Reservatório Billings, são apresentadas, no Gráfico 7.17, as médias anuais do IET em 2022 e as médias históricas, sendo considerado para esses cálculos o período de 2005 a 2021 para os pontos BILL 02100 (corpo central em frente ao braço do Bororé) e BITQ 00100 (Braço do Taquacetuba, na captação da SABESP), e o período de 2017 a 2021 para os pontos BILL 02030 (corpo central, a 1,5 km da Usina Elevatória de Pedreira), BILL 02500 (corpo central, sob a Rodovia dos Imigrantes), BILL 02900 (próximo à barragem Billings-Pedras – Summit Control) e BIRP 00500 (no Braço do Rio Pequeno).

Gráfico 7.17 – Valor da média anual do IET no Reservatório Billings em 2022 e a média dos últimos 5 anos (BILL 0230, BILL 02500, BILL 02900, BIRP 00500) e 17 anos (BILL 02100 e BITQ 02100).



Segundo o IET, os pontos mantiveram a classificação da média histórica, contudo o ponto BITQ 02900, obteve condição trófica ligeiramente melhor em relação à média. É possível observar que, segundo o IET, o Reservatório Billings apresenta um gradiente de qualidade das condições tróficas passando de Supereutrófico (Pedreira e Bororé), a Eutrófico (região da Rod. Dos Imigrantes e Braço do Taquacetuba) e, finalmente Mesotrófico (Summit Control e Braço do Rio Pequeno), com melhora da região do bombeamento em Pedreira em direção ao trecho mais ao sul, indicando um processo de depuração em relação a entrada das águas do Rio Pinheiros.

O Gráfico 7.18 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2022 e a média do período de 2017 a 2022 no Reservatório Billings, para os pontos BILL 02030, BILL 02100, BILL 02500, BITQ 00100, BILL 02900 e BIRP 00500.

Gráfico 7.18 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total no Reservatório Billings em 2022 e nos últimos 5 anos.

Os dados de Clorofila a e Fósforo Total refletem os resultados observados para o IET no Reservatório Billings. Observa-se que nos dois pontos próximos à barragem (BILL 02030 e BILL 02100), encontram-se com as maiores concentrações tanto de Fósforo Total quanto de Clorofila a, as quais diminuem ao longo desse reservatório em direção a Serra do Mar. A carga de nutrientes proveniente do bombeamento do Rio Pinheiros para o reservatório, por meio da Usina Elevatória de Pedreira, tem influência significativa nos processos de eutrofização observados no local.

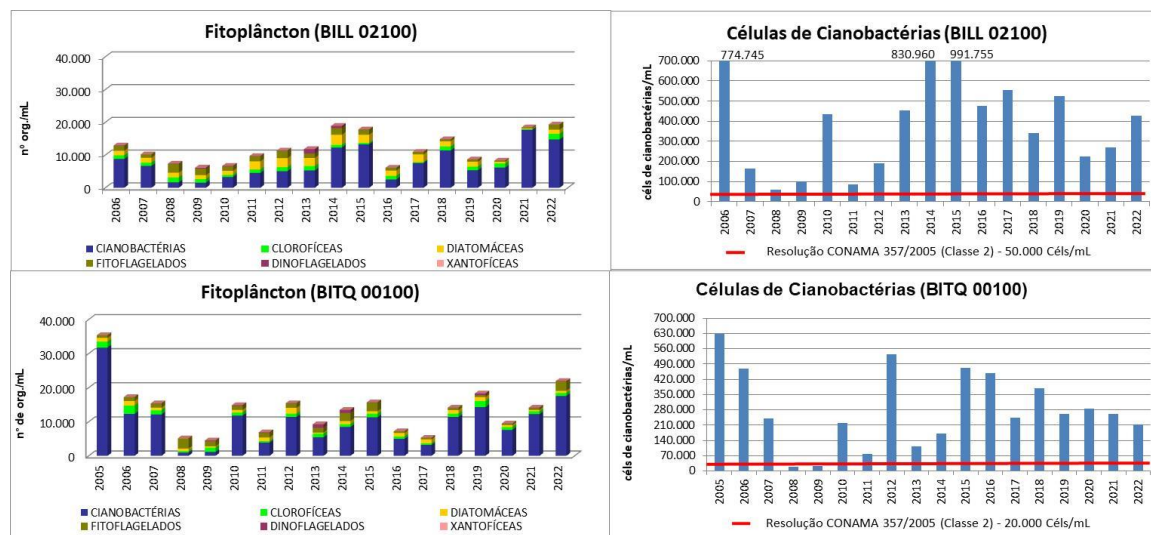
As concentrações de Fósforo Total ultrapassaram os limites de Classe 2 para ambientes lênticos de 0,03mg/L, na maioria das campanhas de amostragem no ponto BILL 02500 e em todas as campanhas nos pontos BILL 02030, BILL 02100 e BITQ 00100. Apenas nos pontos BILL 02900 e BIRP 00500 as concentrações obtidas para o Fósforo Total não ultrapassaram os limites estabelecidos pela referida legislação para Classe 2 e Classe Especial. Todos os pontos apresentaram em 2022, concentração média anual inferior à média dos cinco anos anteriores.

Considerando-se as concentrações de Clorofila a, pela média anual de 2022, todos os pontos apresentaram elevado grau de trofia, classificados entre Supereutrófico a Hipereutrófico, com exceção do ponto BILL 02900, todos superaram os limites de 10 e 30µg/L estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

No Reservatório Billings, observa-se que nos dois pontos do seu trecho inicial (BILL 02030 e BILL 02100), encontram-se com as maiores concentrações tanto de Fósforo Total quanto de Clorofila a que diminuem ao longo desse reservatório em direção a Serra do Mar. As elevadas concentrações de Fósforo Total, nesses dois pontos, provavelmente se devem à contribuição de esgotos domésticos, visto que foram detectadas a presença de *Escherichia coli* acima do limite estabelecido em legislação.

A Figura 7.7 apresenta os gráficos de Densidades médias anuais da Comunidade Fitoplanctônica e do Número de Células de Cianobactérias em dois pontos do Reservatório Billings, o braço do Bororé (BILL 02100) e o Braço do Taquacetuba (BITQ 00100), no período de 2006 até 2022.

Figura 7.7 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias –Billings Reservatório – 2006 a 2022.



No Braço do Taquacetuba não houve alteração significativa na distribuição dos grupos, seguindo o padrão de dominância de cianobactérias. Já para o braço do Bororé, observou-se uma melhora na distribuição dos grupos em relação ao ano anterior, mantendo-se a dominância do grupo das Cianobactérias. Assim como em 2021, as médias anuais do Número de Células de Cianobactérias ficaram acima do estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 nos dois pontos.

O Quadro 7.3 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias nos pontos do Reservatório Billings, registro de presença/ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as Considerações relevantes em 2022.

Quadro 7.3 – Resultados das médias anuais de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2021 e 2022. Reservatório Billings

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	Ceratium	Considerações
BILL 02030	2021						Melhora Diminuição das médias de organismos e células e aumento da porcentagem de atendimento à legislação.
	4	14.952	476.008	1.296.161 (julho) 95% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	4	13.952	335.145	861.913 (outubro) 91% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	25	A	
BILL 02900	2021						Sem alterações significantes nos dados de NCC, da Comunidade e atendimento à legislação
	4	22.381	172.327	283.429 (dezembro) 98% das células – <i>Woronichinia</i> ⁽²⁾	25	P	
	2022						
	4	22.133	215.305	504.253 (dezembro) 60% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	
BILL 02500	2021						Melhora Em relação à NCC.
	4	13.757	305.776	673.184 (dezembro) 88% das células – <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	4	15.738	193.278	321.437 (dezembro) 78% das células – <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	P	
BIRP 00500	2021						Piora Em relação à média de organismos Melhora Sutil em relação à NCC.
	3	27.972	101.677	164.653 (maio) 63% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2022						
	4	52.853	95.726	150.783 (outubro) 34% das células – <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	A	

Legenda: org/mL – Organismos por mL; NCC – Número de Células de Cianobactérias; céls/mL – células por mL; *Ceratium* – dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A – Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls/mL). Para o BIRP, o Limite da Conama é de 20.000 céls/mL

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.4 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no Reservatório Billings (BILL 02030, BITQ 00100 e BIRP 00500). Os destaques em verde e vermelho correspondem, respectivamente, ao atendimento ou não aos padrões de água tratada estabelecidos para

cianotoxinas na Portaria GM/MS nº888/2021, embora as amostras analisadas tenham sido de água bruta.

Quadro 7.4 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Billings – 2021 e 2022

	MC (µg.L ⁻¹)					STX (µg.L ⁻¹)					CYN (µg.L ⁻¹)			
BILL 02030														
	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Camp. 4		Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Camp. 4		Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Camp. 4
2021	1,77	117,00	6,20	33,90		NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA
2022	9,50	7,95	72,90	2,99		0,18	0,09	0,04	0,04		< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05
BITQ 00100														
2021	0,52	0,42	0,15	21,00		0,19	0,04	0,07	0,03		NA	NA	NA	NA
2022	4,00	3,41	3,71	9,05		0,08	0,17	0,08	0,24		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
BIRP 00500														
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	NA		0,30	0,21	0,11	NA		NA	NA	NA	NA
2022	0,36	0,22	< 0,15	< 0,15		0,18	0,14	0,19	0,17		< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05

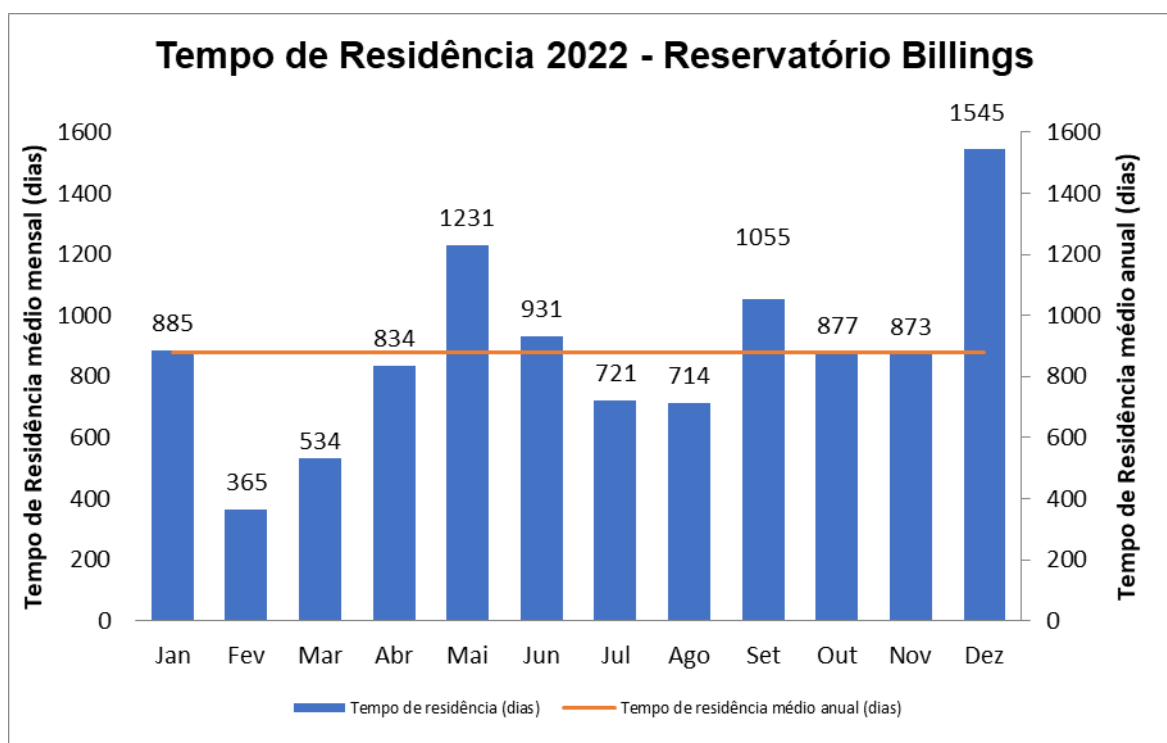
Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

■ Atendeu/ ■ Não atendeu; NA: Não analisada

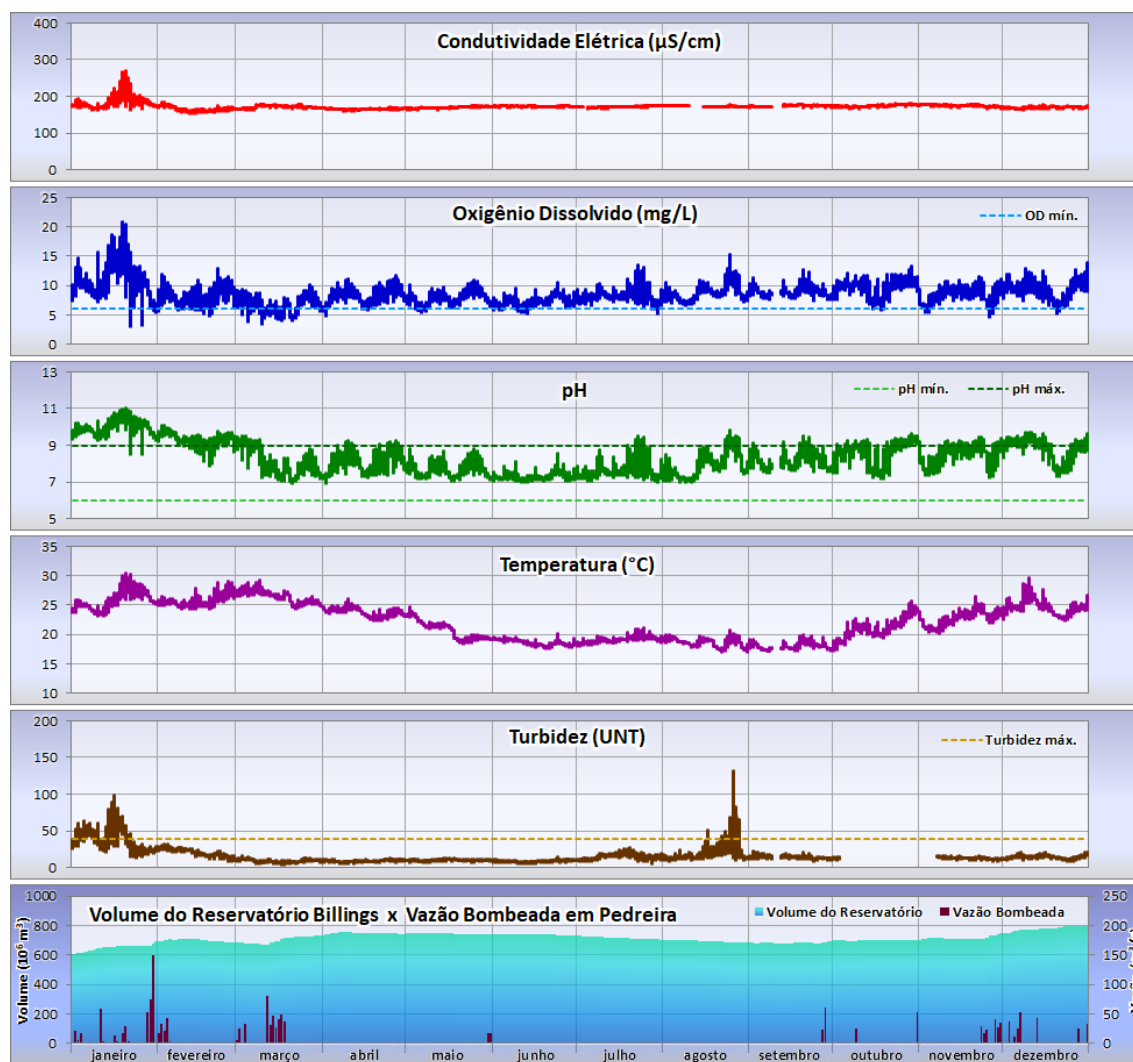
Em 2022, assim como em 2021, foram encontradas concentrações de microcistinas acima dos padrões de potabilidade nas amostras de água bruta analisadas nos pontos BILL 02030 e BITQ 00100. Em 2022, o maior valor foi obtido no ponto de Pedreira (BILL 02030) na 3ª Campanha (72,90 $\mu\text{g/L}$), coincidindo com o maior valor de NCC do ano, 861.913 céls/mL (outubro), nos quais aproximadamente 90% das células pertenciam ao gênero *Microcystis*.

Em 2021 o tempo de residência médio do Reservatório Billings foi 881 dias. Em 2022 esse valor não sofreu alteração significativa, pois reduziu para 880 dias (Gráfico 7.19).

Gráfico 7.19 – Tempo de residência (dias) do Reservatório Billings em 2022

A qualidade da água no Braço do Taquacetuba pode ser acompanhada através dos dados horários da Estação Automática Taquacetuba apresentados na Figura 7.8.

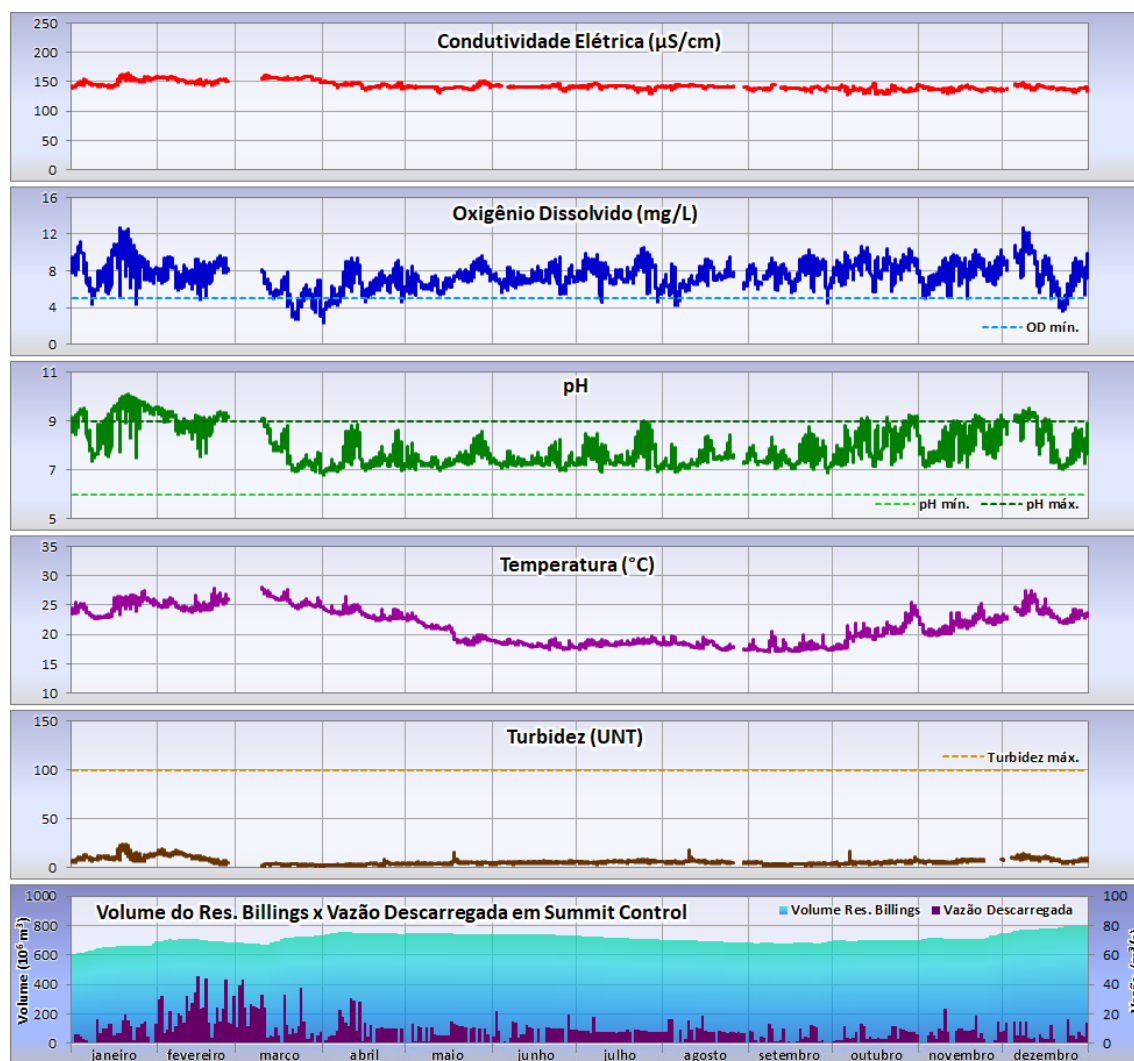
Figura 7.8 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Taquacetuba determina a qualidade das águas revertidas do Reservatório Billings para o Reservatório Guarapiranga. O Oxigênio Dissolvido atende o padrão de qualidade em 95% do tempo, apresentado grande variabilidade e atingindo valores superiores a 10 mg/L. Contudo, altas concentrações de oxigênio são devidas a eventos de *bloom* de algas e indicam estado de eutrofização do corpo de água. Esse quadro é favorecido pelas cargas poluidoras afluentes ao Reservatório Billings através do bombeamento das águas do Rio Pinheiros para controle de cheias. O pH acompanha o comportamento observado para o Oxigênio Dissolvido, com valores que excedem o padrão de qualidade em 29% do tempo. A Turbidez atendeu o padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 95% do tempo.

A Figura 7.9 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Summit Control em 2022.

Figura 7.9 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2022.

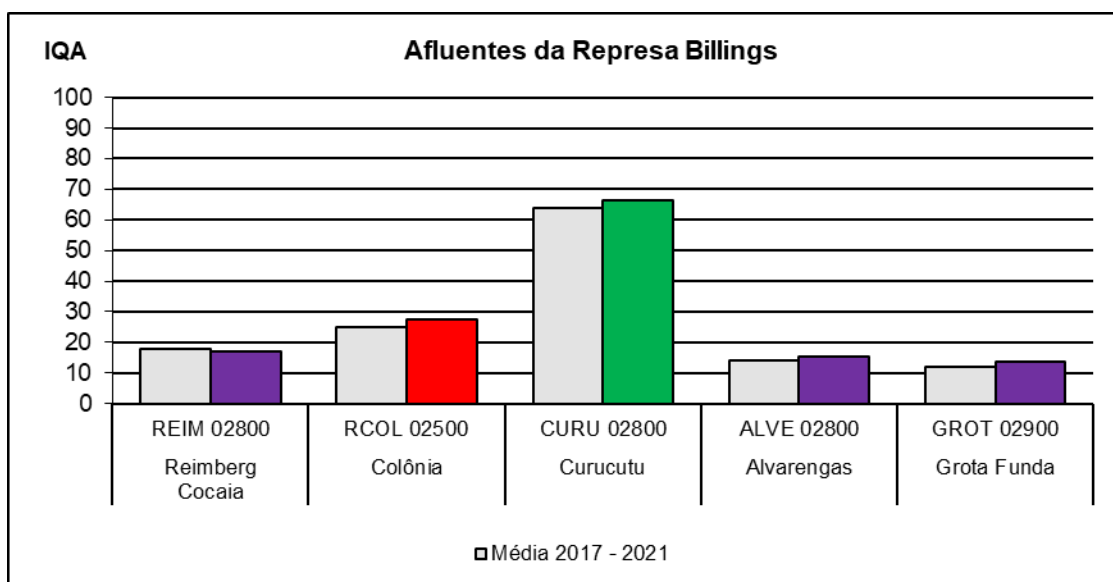


A Estação Automática Summit Control localiza-se junto à saída das águas do Reservatório Billings para a geração de energia na Usina Hidrelétrica Henry Borden. Dessa forma, essa Estação permite acompanhar a qualidade das águas que vão da UGRHI 6 – Alto Tietê para a UGRHI 7 – Baixada Santista. A Condutividade Elétrica permaneceu em torno de 150 $\mu\text{S/cm}$ durante todo o ano. O Oxigênio Dissolvido apresentou grande variabilidade, atingindo valores tanto acima de 10 mg/L, quanto abaixo do padrão (4% do tempo) para corpos de água Classe 2. Os valores de OD que extrapolam a saturação podem ser atribuídos a eventos de *bloom* de algas decorrentes da eutrofização. Acompanhando o comportamento do OD, o pH também apresentou grande variabilidade, excedendo o limite superior em 3% do tempo. Os valores baixos de Turbidez, que atendem ao padrão em 100% do tempo, são devidos ao fato de a água apresentar um tempo de residência bastante significativo no reservatório, o que favorece a sedimentação da maior parte dos sólidos no percurso em direção à barragem.

Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da água da represa Billings, a CETESB manteve a continuidade do monitoramento de alguns afluentes desse reservatório em conjunto com o Projeto FEHIDRO - Mananciais. A média anual do IQA desses afluentes é apresentada no Gráfico 7.20. Para o ano de 2022, todos os 5 (cinco) afluentes monitorados, não apresentaram mudanças significativas na sua qualidade, mantendo assim a média histórica do período de 2017 a 2021, destacando-se a classificação Boa do córrego Curucutu.

Cabe reforçar que a classificação Ruim e Péssima do IQA dos demais afluentes foi influenciada por parâmetros associados a presença de matéria orgânica, a exemplo de concentrações elevadas de matéria orgânica, *E. coli* e Fósforo Total e baixos níveis de OD, indicando a necessidade de implementação de melhorias no saneamento nas respectivas sub-bacias deste reservatório que possibilitem o atingimento das metas estabelecidas no Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica da Billings – PDPA Billings.

Gráfico 7.20 – IQA dos afluentes do Reservatório Billings – 2022.



7.6.2. Reservatório Guarapiranga

Existem dois pontos de amostragem no Reservatório Guarapiranga: o ponto GUAR 00900 indica a condição de qualidade da água próxima à barragem, local de captação; o outro ponto, GUAR 00100, reflete a qualidade da água próxima à foz do Rio Parelheiros, influenciada pela diluição da água bombeada do Reservatório Billings (Braço do Taquacetuba) para este reservatório.

Em 2022, a qualidade das águas no braço de Parelheiros (GUAR 00100) e na captação da SABESP, foi classificada na categoria Boa do IQA, mantendo a média histórica (Gráfico 7.21). É importante ressaltar que a qualidade das águas no ponto GUAR 00100, que se localiza a jusante da várzea do Rio Parelheiros, é influenciada pela carga orgânica advinda das bacias de drenagem do

Ribeirão Itaim e do Rio Parelheiros, as quais possuem deficiência nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos.

Gráfico 7.21 – Perfil do IQA no Reservatório Guarapiranga em 2022 e nos últimos 5 anos.

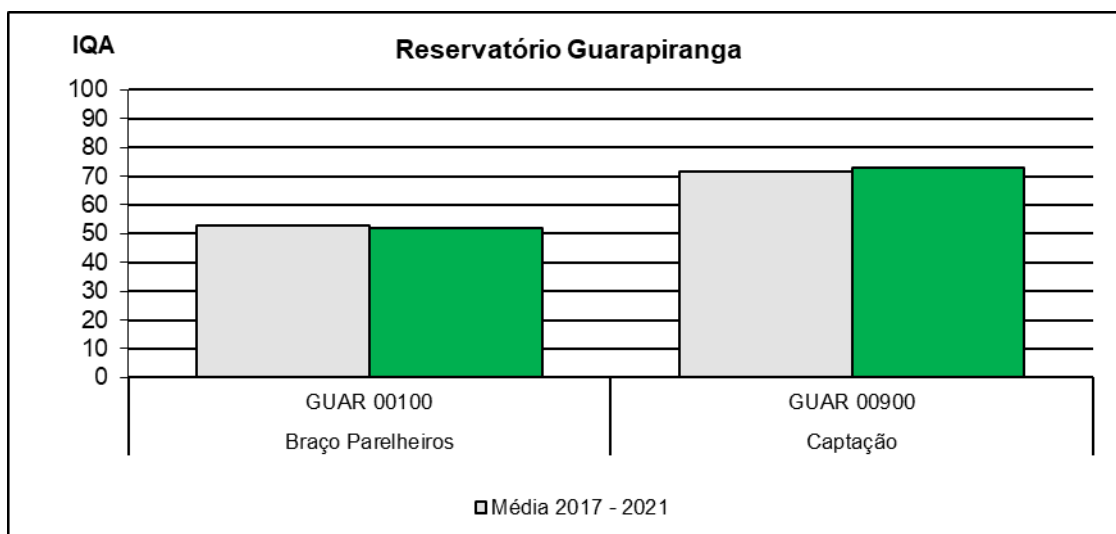
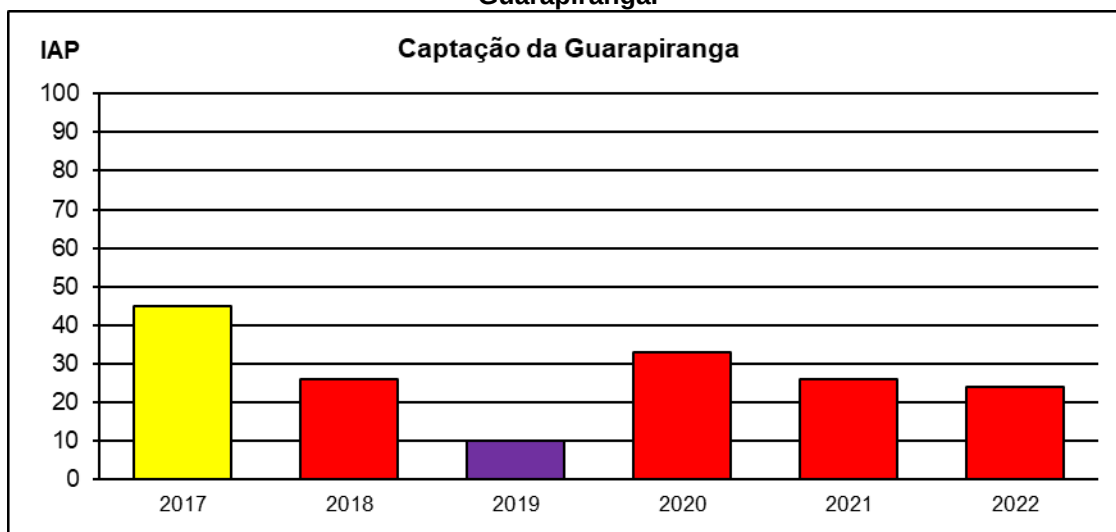


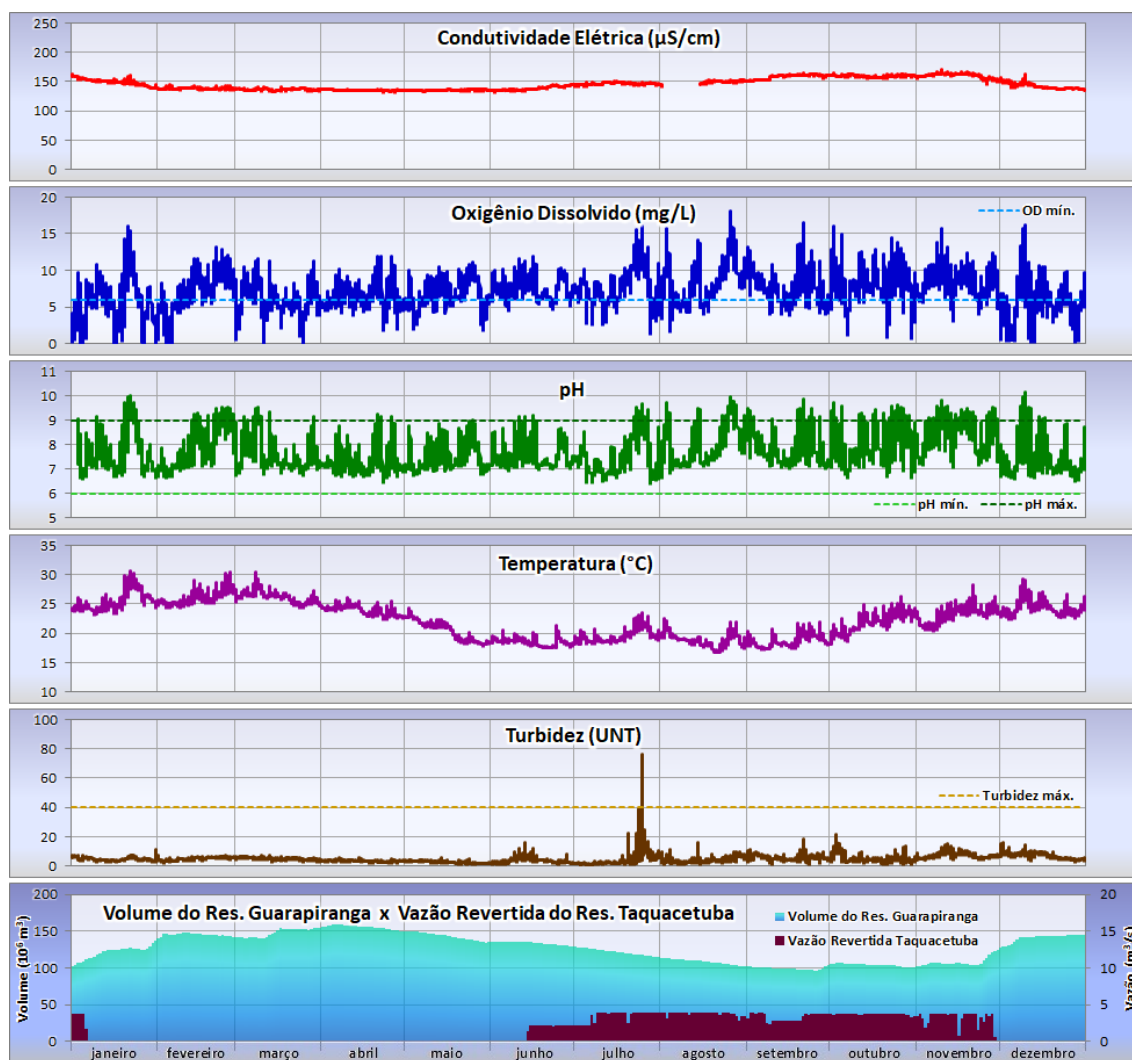
Gráfico 7.22 – Média Anual do IAP no ponto GUAR 00900 – Reservatório Guarapiranga.



A qualidade da água utilizada para fins de abastecimento público (IAP) no ponto GUAR 00900 no período de 2017 a 2022 é apresentada no Gráfico 7.22. Observa-se categoria predominantemente Ruim entre 2018 e 2022, com piora em relação a 2017, quando foi classificada na categoria Regular. A qualidade da água para fins de abastecimento público neste ponto é influenciada principalmente pelo Potencial de Formação de Trihalometanos e pelas densidades de cianobactérias, que vem se mantendo em patamares elevados desde 2016. Em 2022, foram registradas nesse ponto densidades de cianobactérias entre 34.483 e 58.503 céls/mL e valores de PFTHM de 418 e 455 µg/L, nos meses de março e dezembro, respectivamente.

A Figura 7.10 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Guarapiranga em 2022.

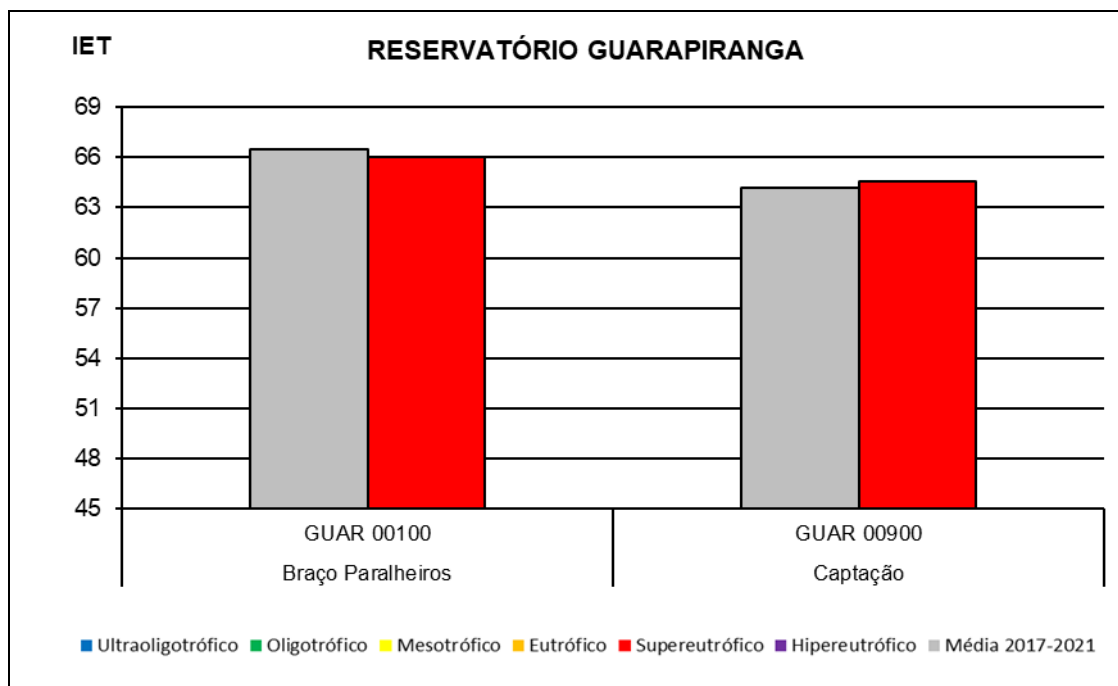
Figura 7.10 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Guarapiranga localiza-se junto à captação da SABESP para a ETA Rodolfo José Costa e Silva, localizada no Alto da Boa Vista, que tratou a vazão média de $13,8 \text{ m}^3/\text{s}$ em 2022. O Oxigênio Dissolvido atende o padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 67% do tempo e apresenta grande variabilidade, com eventos tanto de valores próximos de zero quanto acima de 15 mg/L . Os valores próximos de zero são associados a quebras da estratificação térmica do corpo de água que causa inversão das camadas de água de fundo e de superfície. Os valores que extrapolam a saturação podem ser atribuídos ao *bloom* de algas decorrente da eutrofização. O pH acompanha as variações observadas para o Oxigênio Dissolvido, encontrando-se acima do limite máximo estabelecido pela legislação em 11% do tempo. No período em que o volume do reservatório estava mais baixo, a Condutividade Elétrica apresentou-se mais alta, indicando menor diluição da carga poluidora afluente ao manancial.

O Gráfico 7.23 apresenta a média anual do Índice de Estado Trófico – IET, em 2022 e a média histórica do período de 5 anos (2017 a 2021) no Reservatório Guarapiranga para os pontos GUAR 00100, localizado no meio do Braço do Rio Parelheiros e GUAR 00900 na captação da SABESP junto à casa de Bombas.

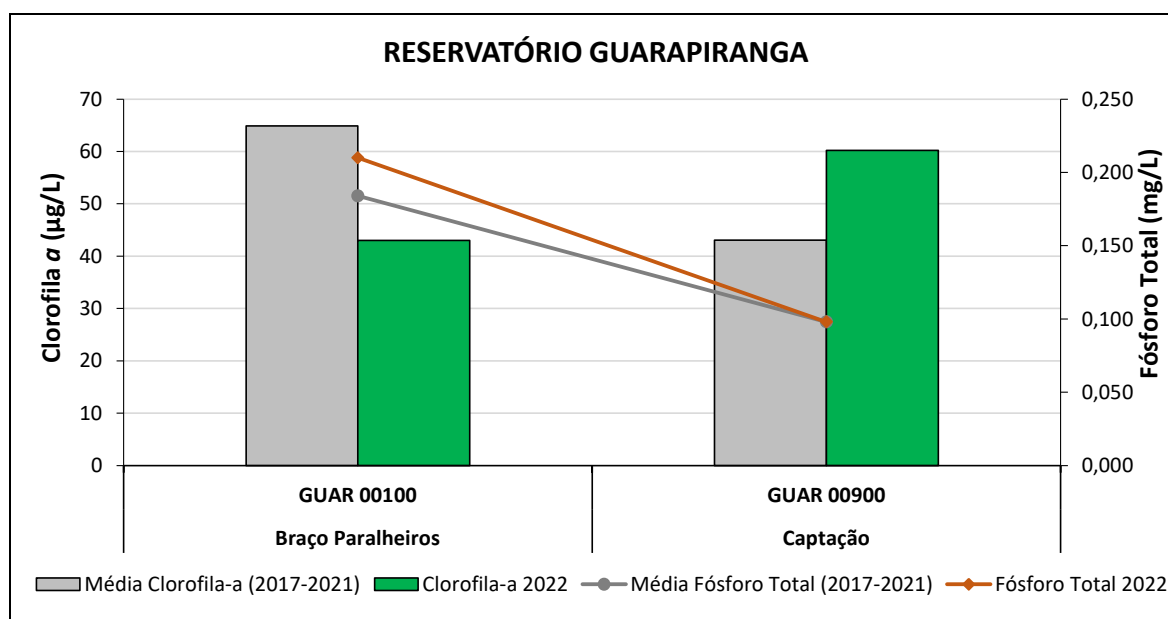
Gráfico 7.23 – Valor da média anual do IET no Reservatório Guarapiranga em 2022 e a média dos últimos 5 anos.



Segundo o Índice de Estado Trófico – IET, os dois pontos monitorados no Reservatório Guarapiranga, foram classificados pela média anual como Supereutrófico. Ambos os pontos apresentaram valores muito próximos às respectivas médias históricas mantendo, portanto, a mesma classificação, o que sugere que ao longo do tempo o ambiente não passa por processo de melhoria de sua qualidade.

O Gráfico 7.24 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2022 e a média do período de 2017 a 2021 no Reservatório Guarapiranga para os pontos GUAR 00100 e GUAR 00900.

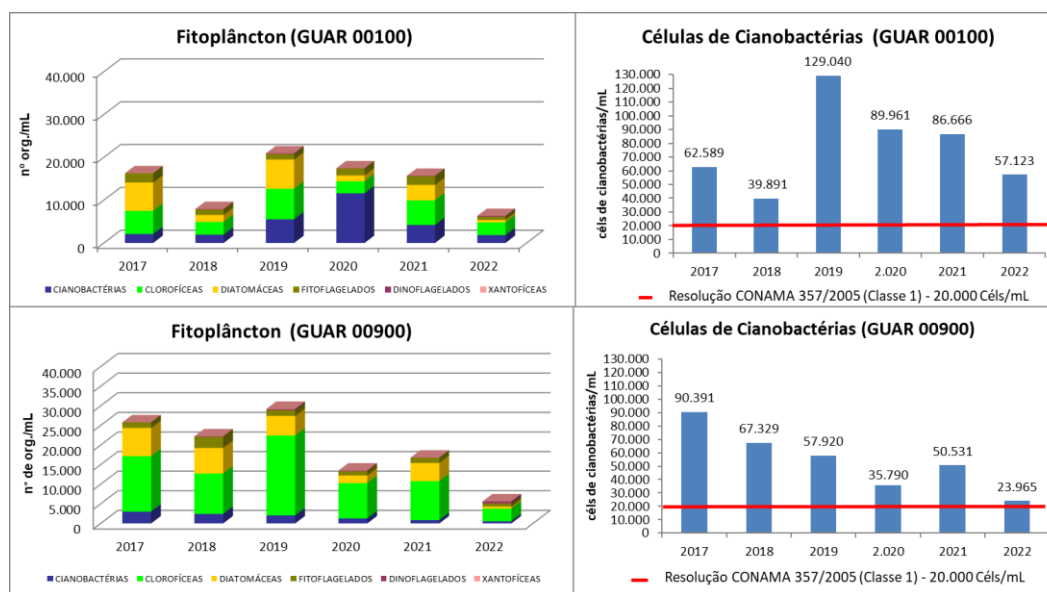
Gráfico 7.24 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total no Reservatório Guarapiranga em 2022 e nos últimos 5 anos.



Em ambos os pontos as concentrações de Fósforo ultrapassaram em todas as campanhas o limite de 0,020 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas Classe 1. A concentração média anual foi superior à média do período dos últimos cinco anos, apenas para o ponto GUAR 00100. As elevadas concentrações de Fósforo Total se devem ao aporte de esgotos domésticos, evidenciado pelas concentrações e a presença de *E. coli*, também acima do estabelecido pela legislação. Em relação à Clorofila a, o limite de 10µg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 foi superado em todas as campanhas em ambos os pontos, e no ponto GUAR 00900 a média anual foi superior à histórica.

A Figura 7.11 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplantônica e de Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga no período de 2017 a 2022. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa. Entretanto, houve uma queda significativa na média anual de densidade de organismos e Número de Células de Cianobactérias. As médias anuais do Número de Células de Cianobactérias estão acima do valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 7.11 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Guarapiranga – 2017 a 2022.



O Quadro 7.5 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Guarapiranga em 2021 e 2022, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e outras considerações relevantes.

Quadro 7.5 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (células/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2021 e 2022. Reservatório Guarapiranga

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (cél/s/mL)	Maior valor NCC do ano (cél/s/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	Ceratium	Considerações
GUAR 00100	2021						Melhora Quanto ao NCC e Densidade da comunidade.
	3	15.682	86.666	137.099 (setembro) 37% das células - Microcystis e 28% de Aphanocapsa ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	4	6.330	57.123	124.952 (março) 45% das células - Raphidiopsis e 32% Merismopedia ⁽²⁾	0	P	
GUAR 00900	2021						Melhora Quanto ao NCC, Densidade da comunidade e atendimento à Resolução CONAMA nº357/2005.
	4	16.782	50.531	82.394 (junho) 95% das células - Woronichinia ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	4	5.608	23.965	58.503 (março) 72% das células - Aphanocapsa ⁽²⁾	50	P	

Legenda: org/mL – Organismos por mL; NCC – Número de Células de Cianobactérias; céls/mL – células por mL; *Ceratium* – dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.6 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no Reservatório Guarapiranga (GUAR 0100 e GUAR 0900). Os destaques em verde e vermelho correspondem, respectivamente, ao atendimento ou não aos padrões para água tratada estabelecidos para cianotoxinas na Portaria GM/MS nº888/2021.

Em 2022, apenas no ponto GUAR 00100, região da entrada do Rio Parelheiros, foi observada, em uma única campanha de amostragem da água bruta no primeiro quadrimestre, a ultrapassagem ao limite de concentração de microcistina na água para água tratada.

Quadro 7.6 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Guarapiranga – 2021 e 2022.

Ano	MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GUAR 0100												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	3,09	< 0,15	0,20	0,08	0,04	< 0,02	0,06	0,08	0,07	< 0,05
GUAR 0900												
2021	< 0,15	0,47	< 0,15	NA	0,08	0,05	0,04	NA	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,04	0,04	NA	< 0,02	NA	0,10	NA	< 0,05

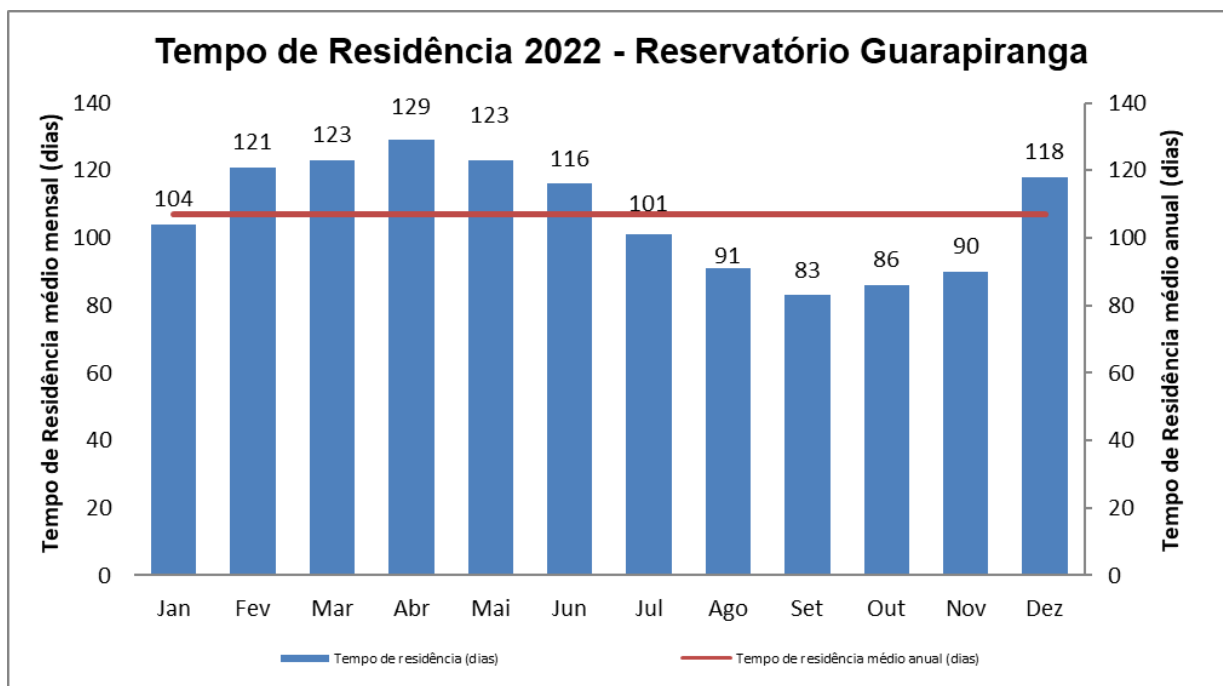
Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

■ Atendeu/■ Não atendeu; NA: Não analisada

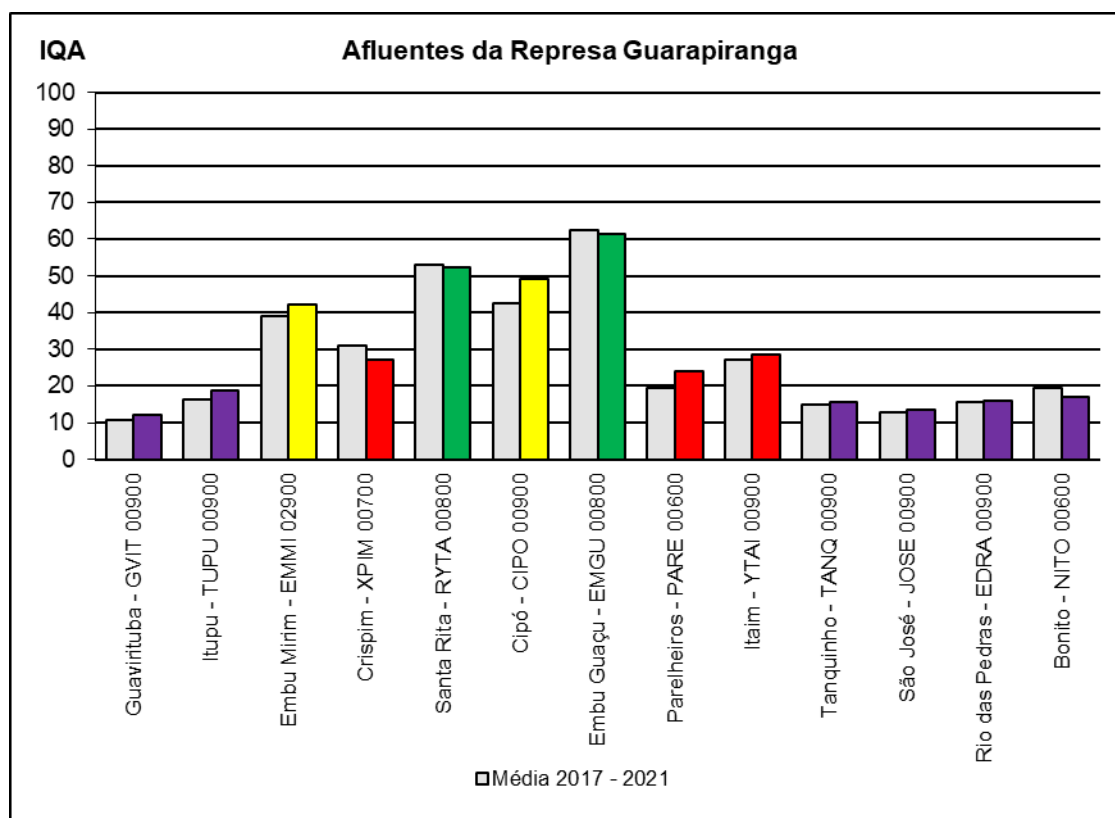
Em 2021, o tempo de residência médio do Reservatório Guarapiranga foi de 88 dias e em 2022 esse valor aumentou, indo para 107 dias (Gráfico 7.25).

Gráfico 7.25 – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do Reservatório Guarapiranga – 2022.



Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da represa Guarapiranga, são monitorados os afluentes desse reservatório: 13 pontos pertencentes à Rede Básica realizados em conjunto com o Projeto FEHIDRO-Mananciais.

O Gráfico 7.26 apresenta o IQA médio anual dos afluentes monitorados do Reservatório Guarapiranga.

Gráfico 7.26 – IQA dos afluentes do Reservatório Guarapiranga – 2022.

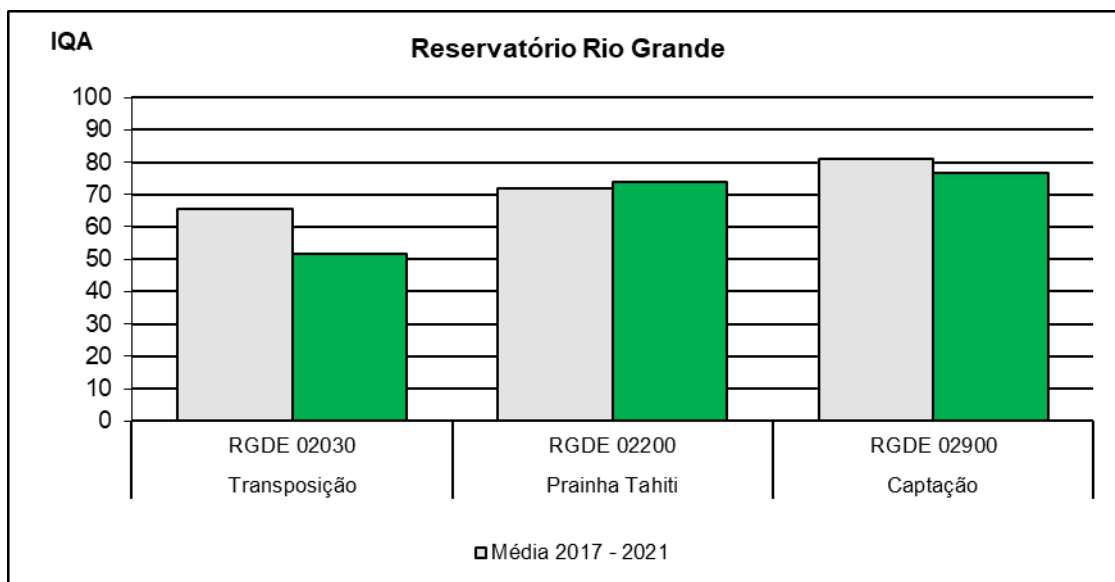
Em 2022, o Rio Embu-Guaçu e seus afluentes (Cipó e Santa Rita), além do Rio Embu-Mirim, foram classificados nas categorias Boa e Regular do IQA, mantendo a classificação dos últimos 5 anos. Destacam-se o córrego Santa Rita e o Rio Embu-Guaçu, os quais vem mantendo a qualidade Boa da água na bacia do Guarapiranga, mesmo com elevada população e ocupação desordenada e irregular. A qualidade da água dos demais afluentes reflete os problemas dessa ocupação, com IQA classificado nas categorias Ruim e Péssima, influenciados pelo excesso de matéria orgânica, concentrações elevadas de *E. coli*, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Turbidez e baixos níveis de OD. Esses resultados indicam a necessidade de implementação de melhorias no saneamento nas respectivas sub-bacias deste reservatório de forma a possibilitar o atingimento das metas estabelecidas no Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga – PDPA Guarapiranga.

7.6.3. Reservatório Rio Grande

O Reservatório Rio Grande foi monitorado em três pontos: RGDE 02030 (Foz do Rio Grande), RGDE 02200 (Prainha Tahiti) e RGDE 02900 (Captação). Salienta-se que o ponto RGDE 02030 foi incluído em 2015, em função da transferência da água para o Reservatório Taiaçupeba, que integra o Sistema Produtor do Alto Tietê.

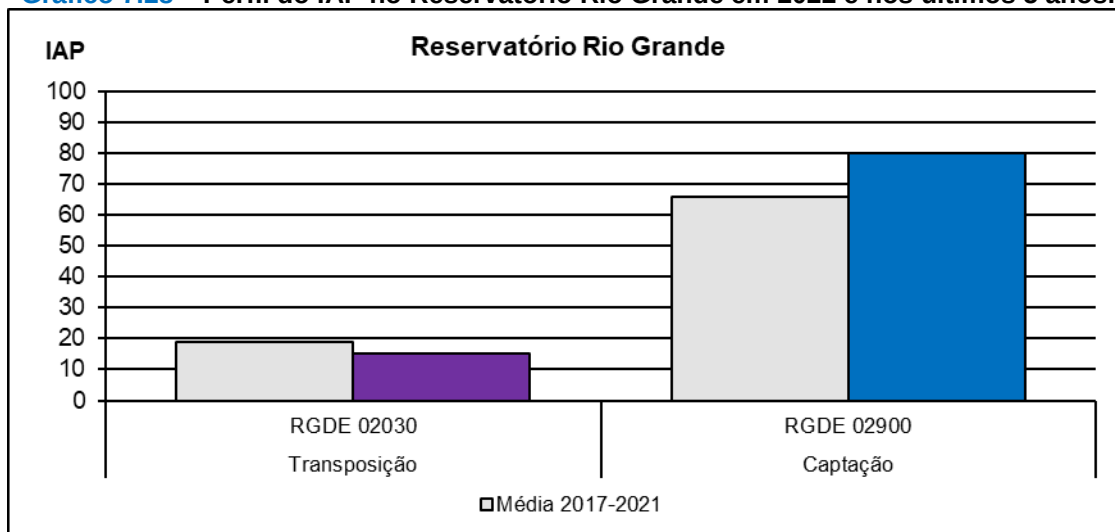
Em 2022, a qualidade da água nos três pontos monitorados nesse reservatório foi classificada na categoria Boa do IQA. Destaca-se, porém, o ponto na foz do Rio Grande (RGDE 02030) que apresentou média do IQA inferior à média dos últimos 5 anos, influenciada por concentrações baixas de OD na maior parte do tempo monitorado (Gráfico 7.27).

Gráfico 7.27 – Perfil do IQA no Reservatório Rio Grande em 2022 e nos últimos 5 anos.

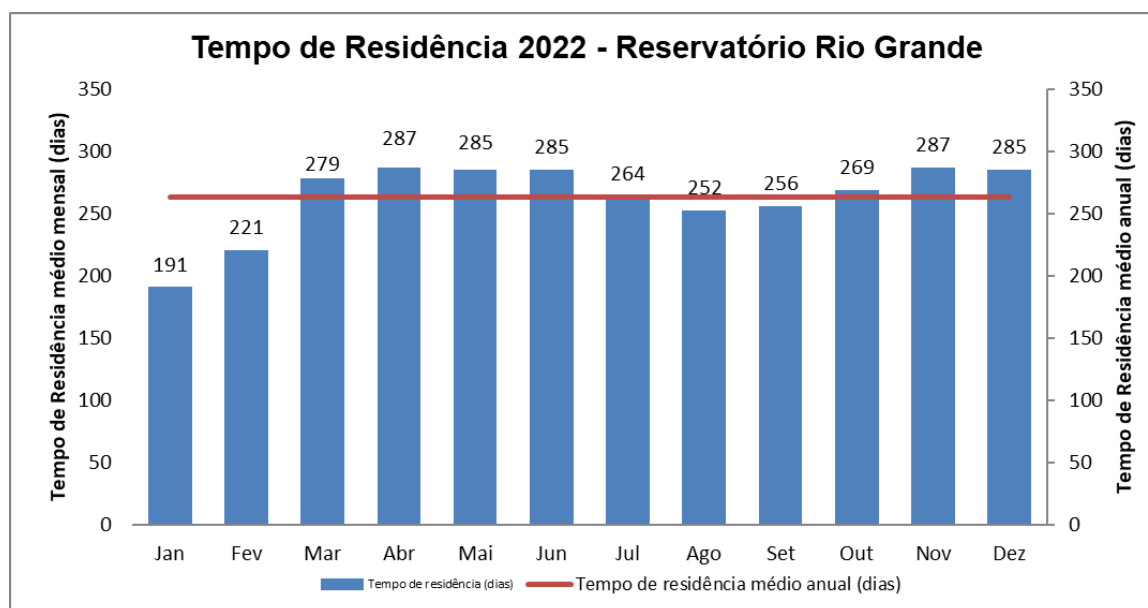


A classificação do índice que avalia a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público (IAP) no ponto de transferência manteve a qualidade Péssima, com média do IAP no mesmo patamar dos últimos 5 anos. Essa classificação foi influenciada por valores elevados de PFTHM em 100% das campanhas realizadas nesse ano. Já na captação da SABESP, o IAP manteve a categoria Ótima (Gráfico 7.28), com pontuação anual acima da média histórica.

Gráfico 7.28 – Perfil do IAP no Reservatório Rio Grande em 2022 e nos últimos 5 anos.

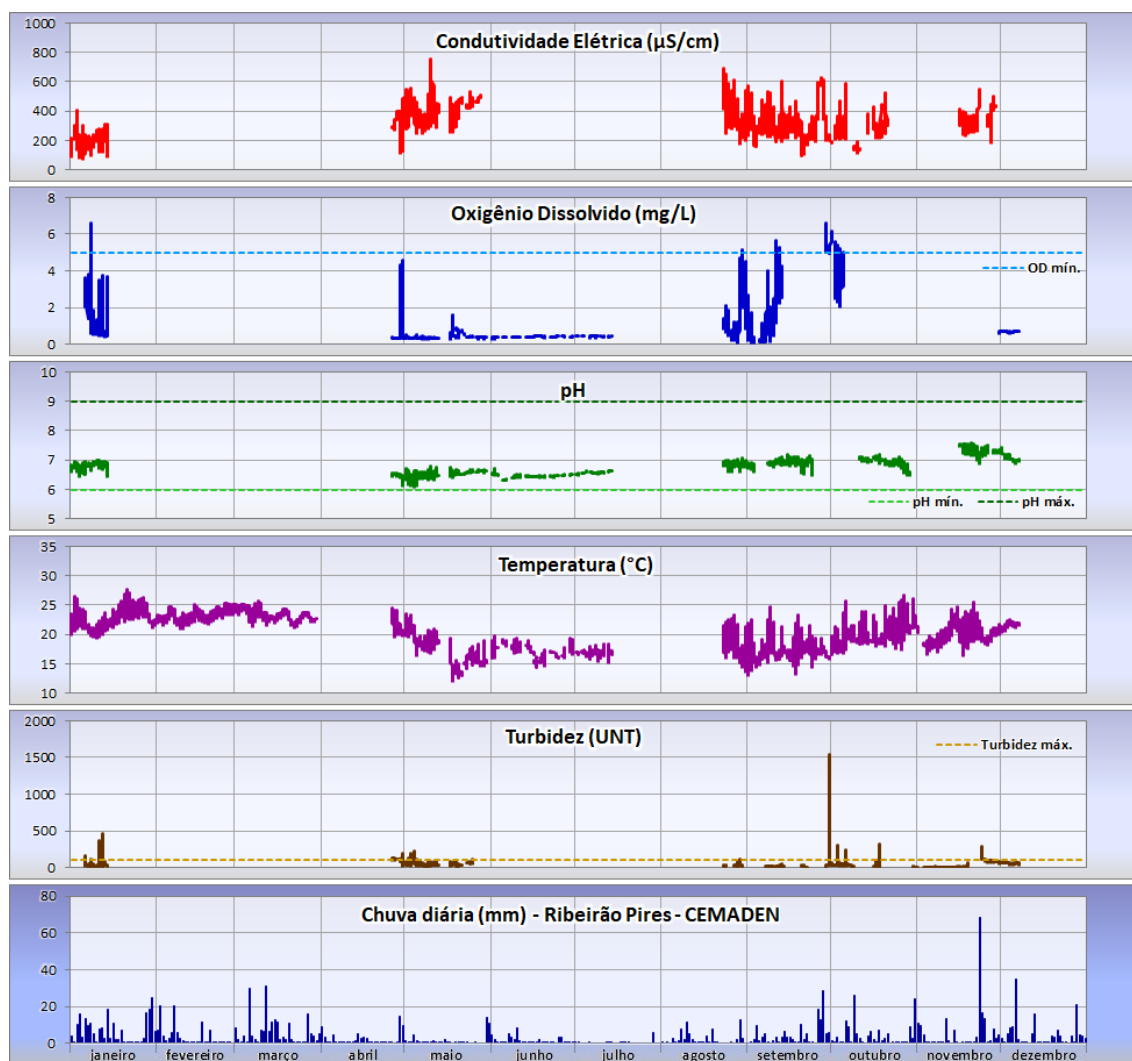


Em 2021, o tempo de residência médio do Reservatório Rio Grande foi de 195 dias e em 2022 esse valor aumentou para 263 dias (Gráfico 7.29).

Gráfico 7.29 – Tempo de residência (dias) do Reservatório Rio Grande – 2022

A Figura 7.12 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Ribeirão Pires, em 2022, um dos principais formadores do Reservatório Rio Grande, que deságua próximo ao ponto RGDE 02030.

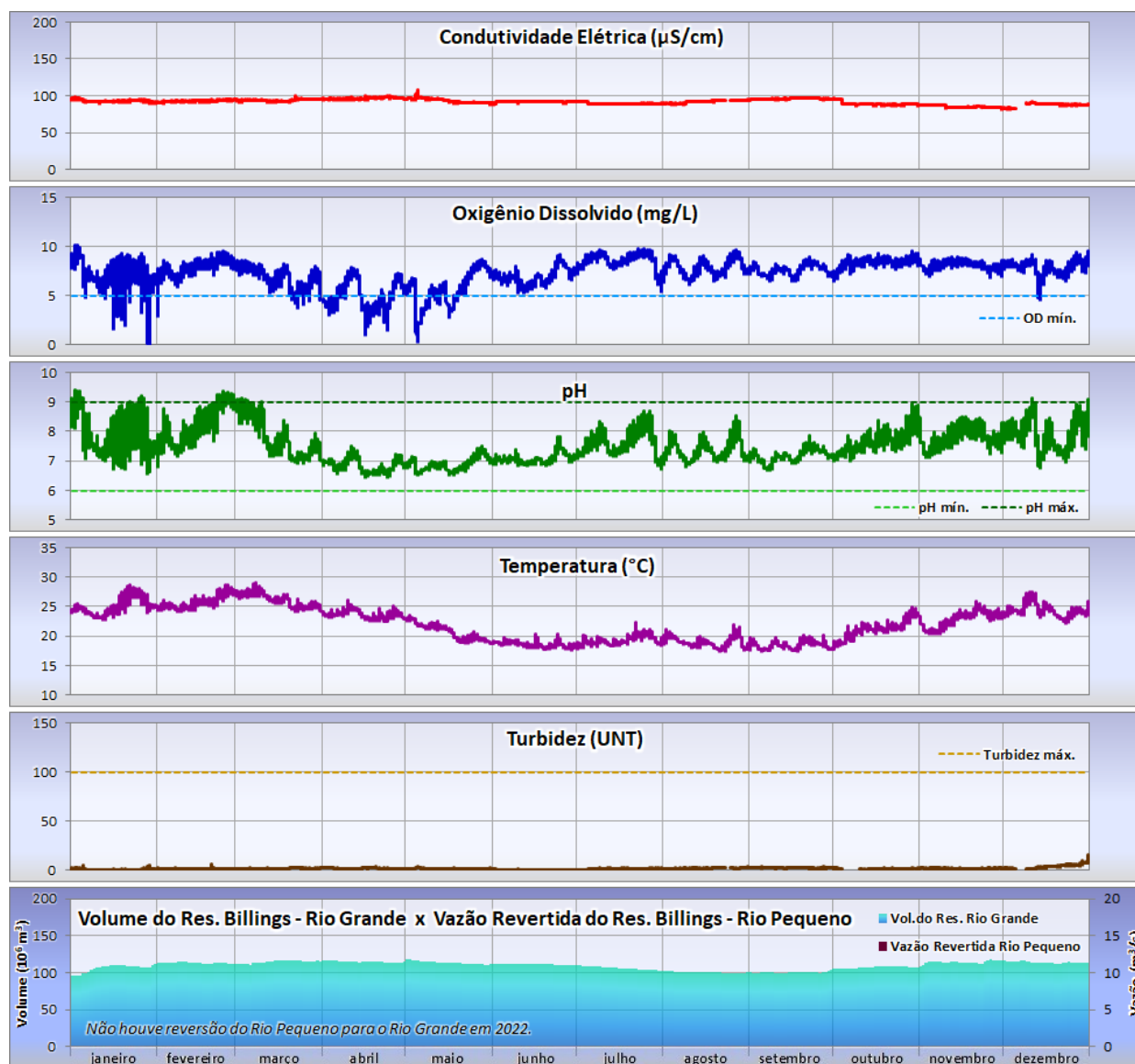
Figura 7.12 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Ribeirão Pires de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Ribeirão Pires monitorava a qualidade das águas do Ribeirão Pires praticamente em sua foz junto ao Reservatório Billings – Rio Grande. Os altos valores de condutividade elétrica, com picos acima de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, demonstram tratar-se de um curso de água impactado por cargas poluidoras. As chuvas promovem a diluição dessas cargas, pois implicam aumento dos níveis de Oxigênio Dissolvido, ainda que esse importante parâmetro de qualidade se apresente abaixo do padrão de qualidade para corpos de água Classe 2 em 97% do tempo. A Turbidez atende o padrão de qualidade durante 89% do ano, apesar dos picos acima de 200 UNT que coincidem com a ocorrência de chuvas, quando há maior aporte de cargas difusas.

A Figura 7.13 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande, na captação, em 2022.

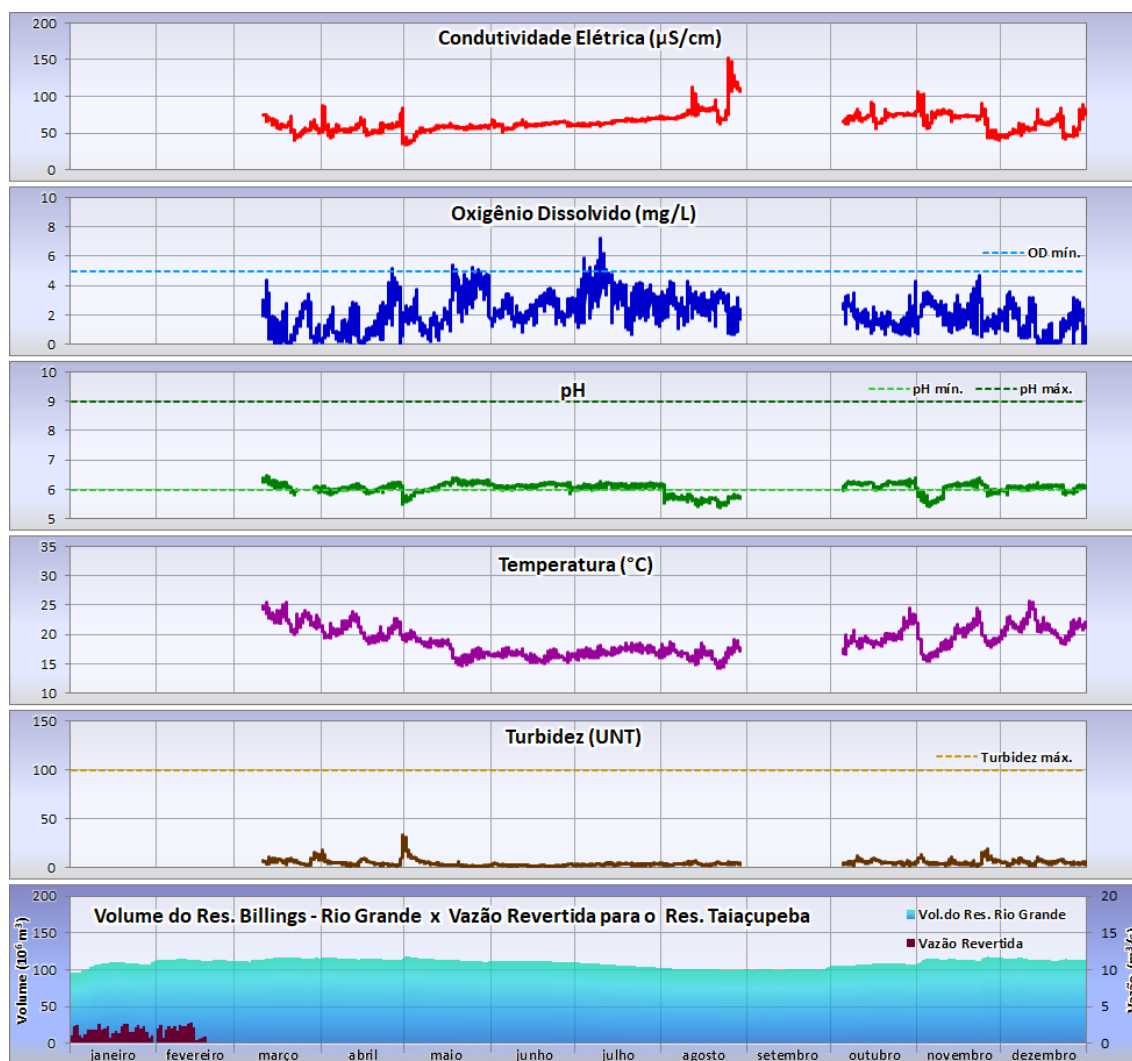
Figura 7.13 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Rio Grande localiza-se no compartimento Rio Grande do Reservatório Billings e determina a qualidade das águas captadas pela SABESP para a ETA Rio Grande, que tratou a vazão média de 4,6 m³/s em 2022. O Oxigênio Dissolvido e o pH atenderam o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água classe 2 em 97% e 92% do tempo, respectivamente. Valores muito altos de OD, que extrapolam a saturação, são indicativos do fenômeno de eutrofização, que causa crescimento desordenado (*bloom*) de algas. O pH acompanha as variações do oxigênio dissolvido, ultrapassando, em alguns momentos, o limite máximo previsto na legislação. Não houve reversão das águas do Braço do Rio Pequeno para o Reservatório Rio Grande. A condutividade elétrica manteve-se em torno de 100 µS/cm ao longo de todo o ano.

A Figura 7.14 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande Transposição em 2022.

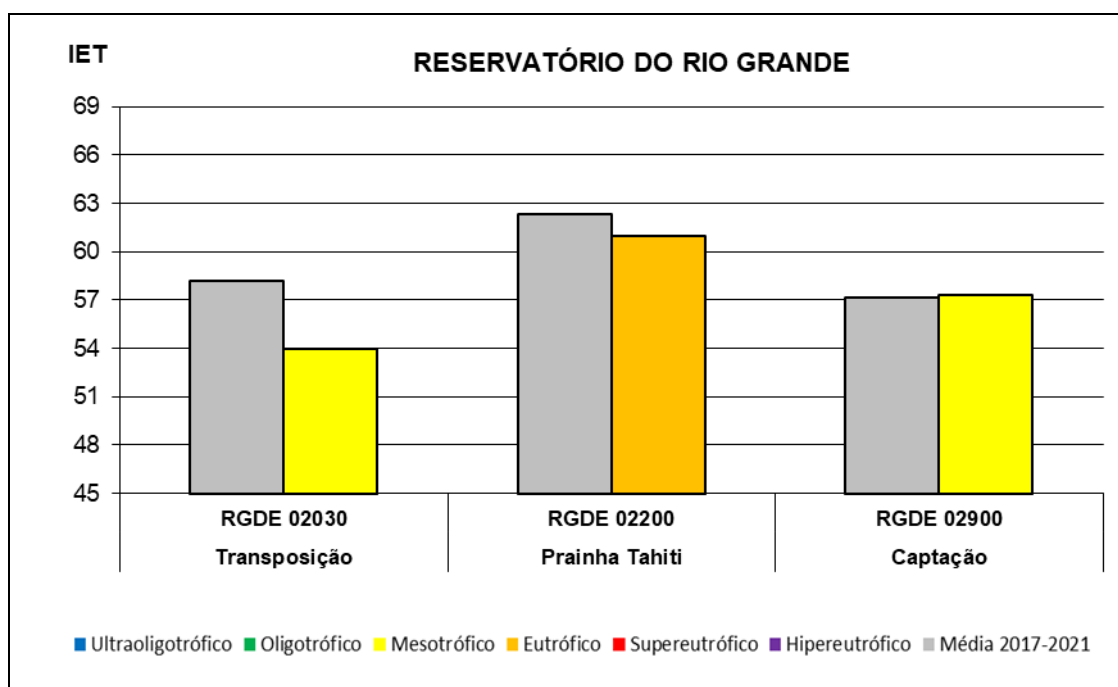
Figura 7.14 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rio Grande Transposição de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Rio Grande Transposição foi implantada em março de 2022 com o objetivo de monitorar a qualidade das águas transpostas do sistema Rio Grande (Billings) para o Sistema Produtor Alto Tietê (Reservatório Taiaçupeba). A Condutividade Elétrica manteve-se abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na maior parte do tempo. O Oxigênio Dissolvido atendeu o padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/05 para corpos d'água Classe 2 menos de 1% do período monitorado. O comportamento do Oxigênio Dissolvido, que associadamente ao pH não aponta para a ocorrência de *bloom* de algas decorrente de processo de eutrofização do corpo de água, pode estar relacionado ao aporte de carga orgânica a partir das bacias do Ribeirão Pires e do Rio Grande. O pH e a Turbidez atenderam ao padrão em 72% e 100%, respectivamente.

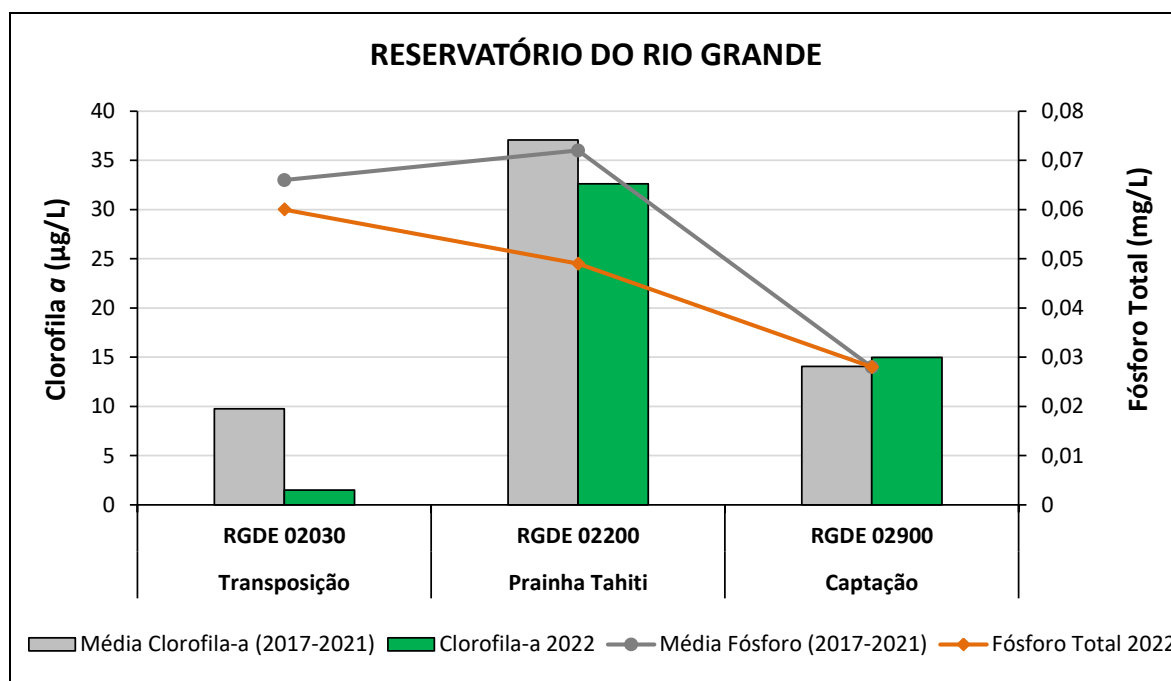
O Gráfico 7.30 apresenta a média anual do IET, em 2022 e a média histórica do período de 5 anos (2017 a 2021) no Reservatório do Rio Grande para os pontos RGDE 02030 -, RGDE 02200 - e RGDE 02900.

Gráfico 7.30 – Valor da média anual do IET no Reservatório do Rio Grande em 2022 e a média dos últimos 5 anos.



Segundo o IET, os pontos RGDE 02030 e RGDE 02900, em 2022, apresentaram classificação Mesotrófica, pela média anual, com valores menor e equivalente, respectivamente, às médias dos últimos cinco anos. O ponto RGDE 02200, obteve classificação como Eutrófico, mantendo a classificação do período histórico.

O Gráfico 7.31 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2022 e a média do período de 2017 a 2021 no Reservatório do Rio Grande para os pontos RGDE 02030, RGDE 02200 e RGDE 02900.

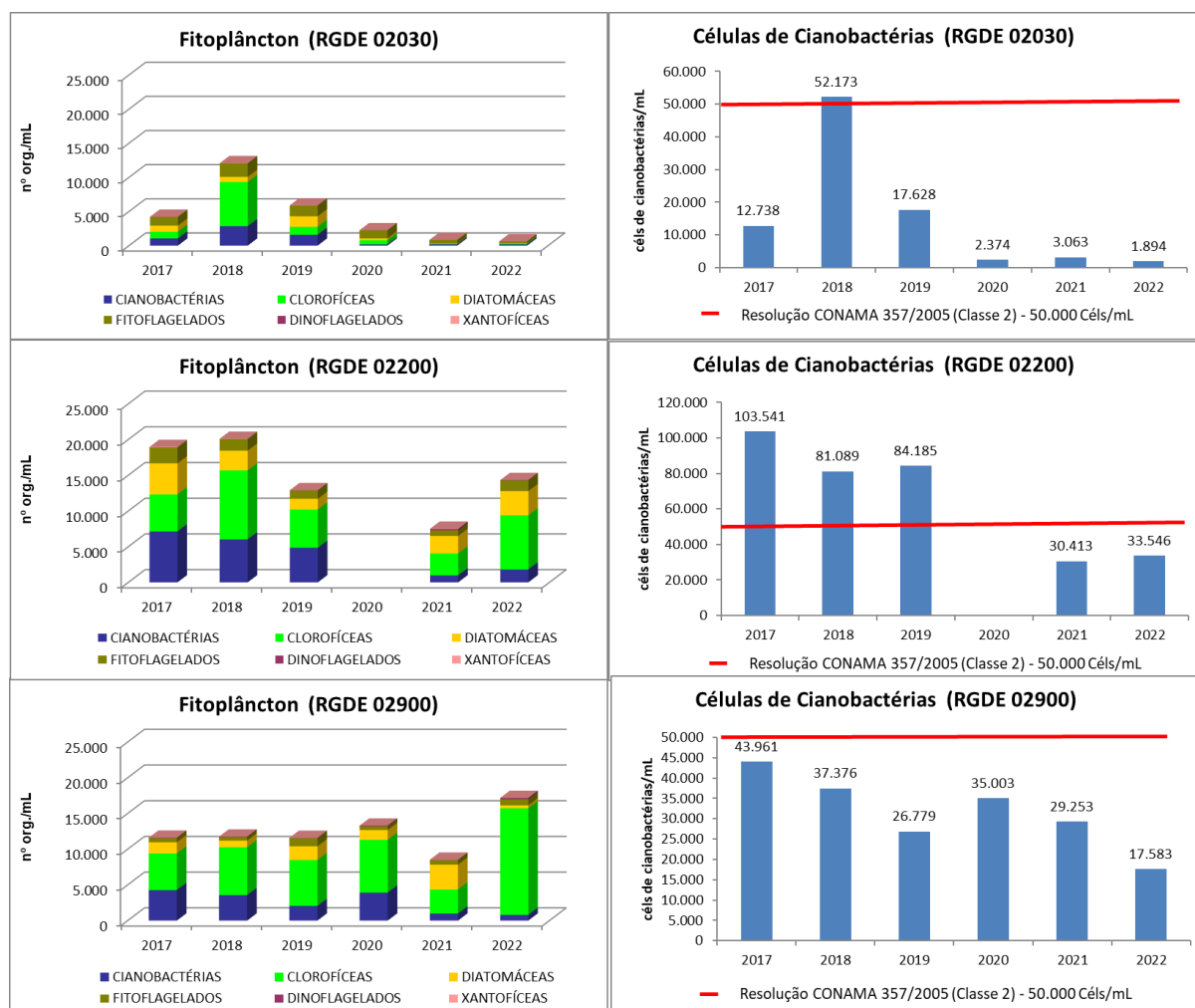
Gráfico 7.31 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total no Reservatório do Rio Grande em 2022 e nos últimos 5 anos.

O limite de concentração de Fósforo Total estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,03 mg/L) foi ultrapassado, com exceção do RGDE 02900, em todas as campanhas de monitoramento realizadas em 2022. No ponto RGDE 02030, as elevadas concentrações de Fósforo Total provavelmente estão relacionadas ao lançamento de efluentes domésticos, visto que a densidade de *Escherichia coli* ultrapassou o limite da legislação em algumas campanhas. Nos pontos RGDE 02030 e RGDE 02200 a concentração média de Fósforo Total em 2022 foi inferior à média dos anos de 2017 a 2021.

As concentrações de Clorofila a, em 2022, se mantiveram em conformidade com a legislação, exceto apenas no ponto RGDE 02200, onde na maioria das campanhas foi ultrapassado o limite de 30 µg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Apenas no ponto RGDE 02900 a média em 2022 superou a média histórica, mesmo que ligeiramente.

A Figura 7.15 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplancônica e de Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Rio Grande no período de 2017 a 2022. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa. Em 2022, a média anual do Número de Células de Cianobactérias ficou abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 7.15 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Rio Grande – 2017 a 2022.



Observação: No ponto RGDE 02200 não houve coleta em 2020 em função da Pandemia do COVID 19.

O Quadro 7.7 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Rio Grande em 2022, os registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e outras Considerações relevantes.

Quadro 7.7 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2021 e 2022. Reservatório Rio Grande.

Ponto	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (célis/mL)	Maior valor NCC do ano (célis/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	Ceratium	Considerações
RGDE 02030	2021						Melhora Quanto ao NCC e Densidade da comunidade.
	3	827	3.063	6.437 (julho) 82% das células - filamentosa ni. ⁽²⁾	100	A	
	2022						
	4	626	1.894	2.772 (setembro) 76% das células Pseudanabaena ⁽²⁾	100	A	
RGDE 02200	2021						Piora Aumento das densidades médias da comunidade e de NCC. Diminuição de atendimento à Resolução CONAMA 357/2005
	6	7.507	30.413	87.724 (dezembro) 98% das células - Woronichinia ⁽²⁾	70	P	
	2022						
	5	14.984	41.751	71.498 (junho) 73% das células - Aphanocapsa ⁽²⁾	60	P	
RGDE 02900	2021						Piora Aumento das densidades médias da comunidade Melhora. Em relação à NCC.
	6	8.532	29.253	60.620 (dezembro) 98% das células - Woronichinia	80	P	
	2022						
	5	15.525	17.464	28.102 (dezembro) 84% das células - Woronichinia	100	P	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célula/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 célula/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.8 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no Reservatório Rio Grande (RGDE 02030 e RGDE 02900). Os destaques em verde correspondem ao atendimento aos padrões para água tratada estabelecidos para cianotoxinas na Portaria GM/MS nº888/2021.

Em geral a densidade de Células de Cianobactérias esteve abaixo do limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº888/2021 de 20.000 célula/mL que define a obrigatoriedade de determinação

semanal de cianotoxinas na água bruta. Essa situação pode estar refletida na não observância de concentrações de cianotoxinas acima dos limites estabelecidos pela mesma Portaria.

Quadro 7.8 – Concentração de cianotoxinas - Reservatório Rio Grande - 2021 e 2022.

Ano	MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
RGDE 02030												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,10	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	NA	< 0,02	NA	< 0,02	NA	< 0,05	NA	< 0,05
RGDE 02900												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,15	0,12	0,07	0,16	0,02	NA	NA	NA	NA
	< 0,15	< 0,15	0,24		0,03	0,02	0,04		NA	NA	NA	
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,02	NA	0,06	NA	0,07	NA	0,05	NA
	< 0,15				< 0,02				< 0,05			

Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

■ Atendeu/■ Não atendeu; NA: Não analisada

7.6.4. Sistema Alto Tietê

Os reservatórios de Ponte Nova, Biritiba-Mirim, Jundiaí e Taiaçupeba, existentes na cabeceira do Rio Tietê, são utilizados no suprimento do Sistema Produtor do Alto Tietê.

A média do IQA oscilou entre Boa e Ótima no trecho de montante do Rio Tietê, no Rio Biritiba-Mirim e nos reservatórios de Jundiaí e Taiaçupeba, com variação negativa em relação à média dos últimos 5 anos, influenciada por aumento da matéria orgânica em todos os pontos (Gráfico 7.32).

Gráfico 7.32 – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2022 e nos últimos 5 anos.

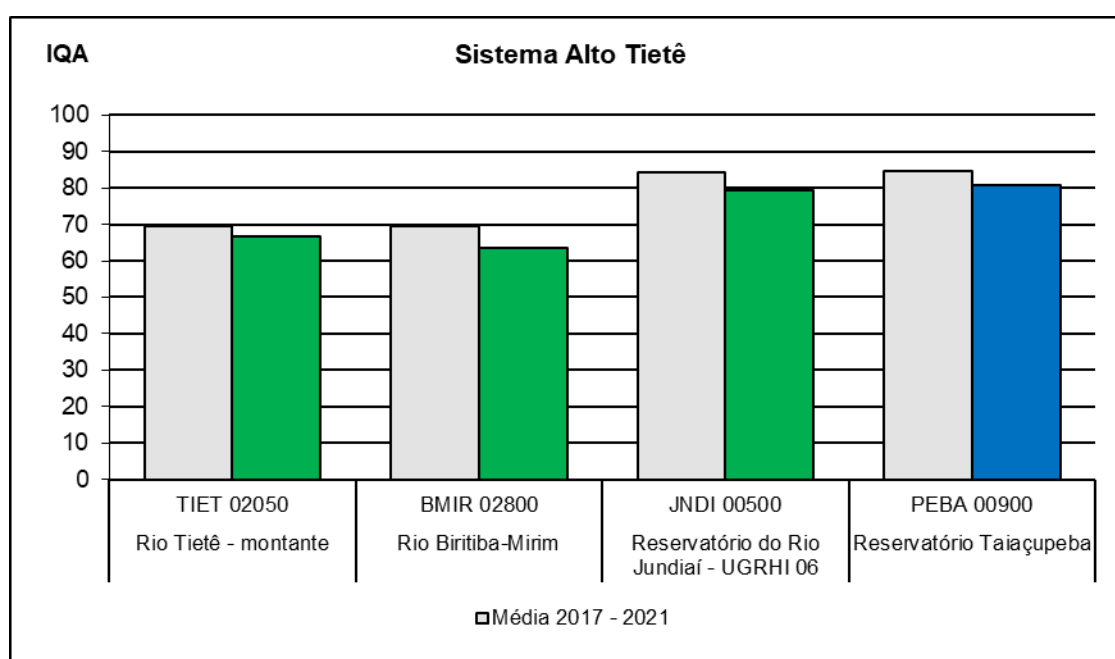
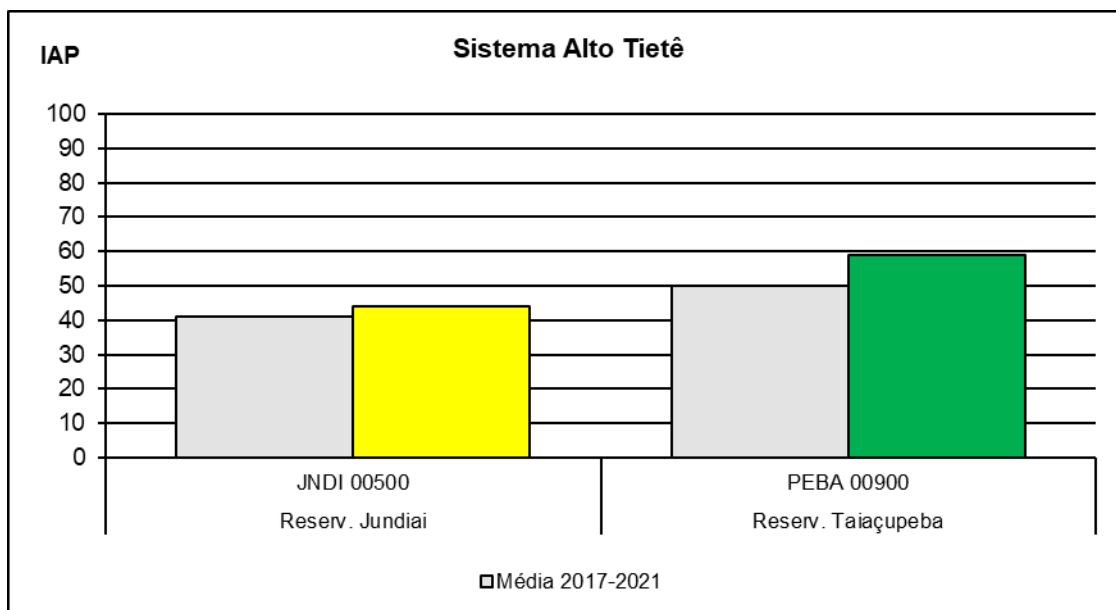
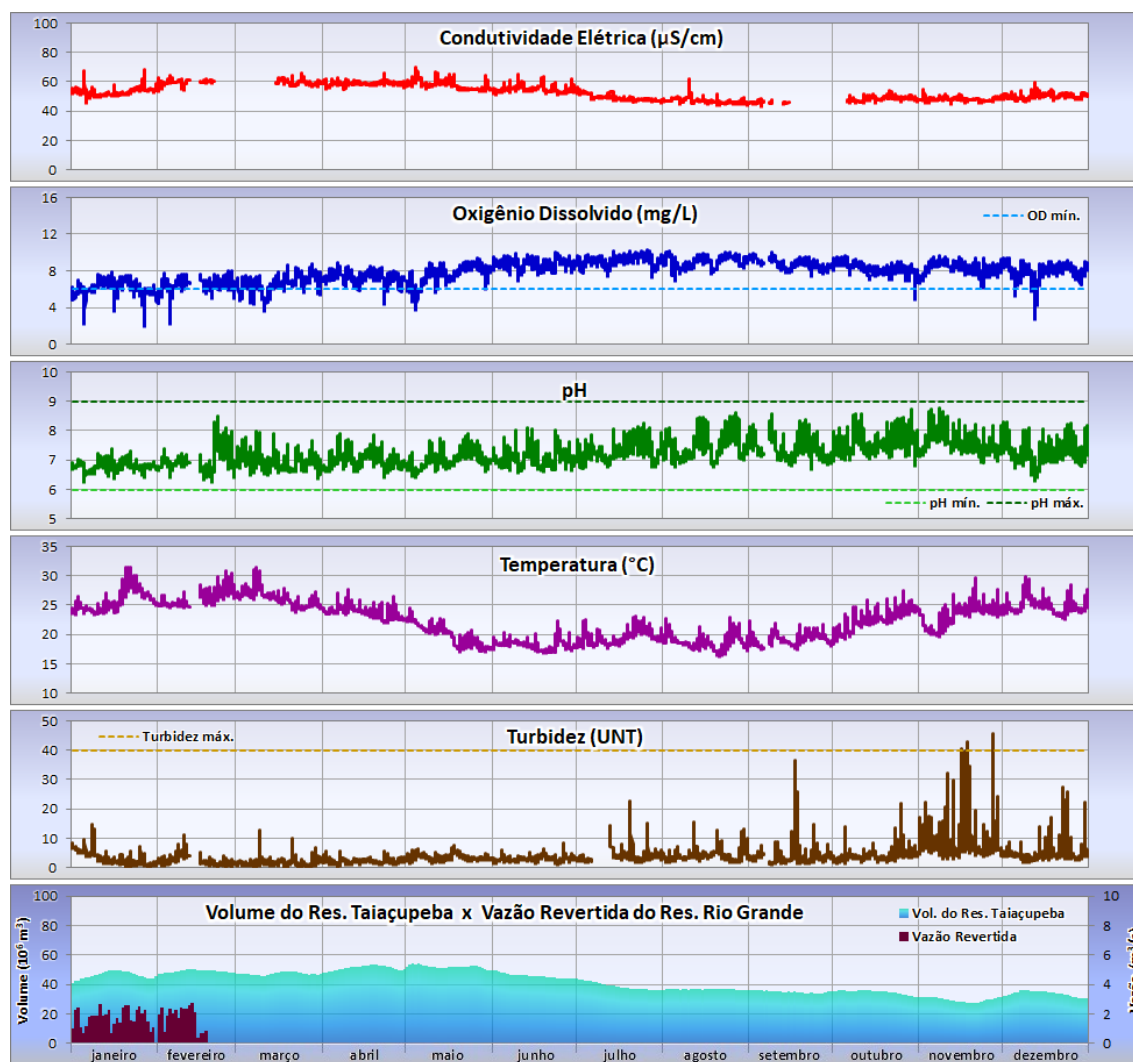


Gráfico 7.33 – Média Anual do IAP nos reservatórios Jundiá e Taiaçupeba em 2022 e nos últimos 5 anos.

A qualidade da água para fins de abastecimento público foi avaliada nos reservatórios Jundiá e Taiaçupeba. A média anual do IAP em 2022 para o Reservatório do Taiaçupeba foi classificada na Categoria Boa, acima da média dos últimos 5 anos, apresentando uma melhora em comparação a este período, influenciada por concentrações menores de PFTHM. Já o Reservatório do Jundiá manteve a categoria Regular do IAP, no mesmo patamar da média histórica, influenciado por concentrações elevadas de PFTHM em todas das campanhas realizadas nesse ano (Gráfico 7.33).

A Figura 7.16 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Taiaçupeba em 2022.

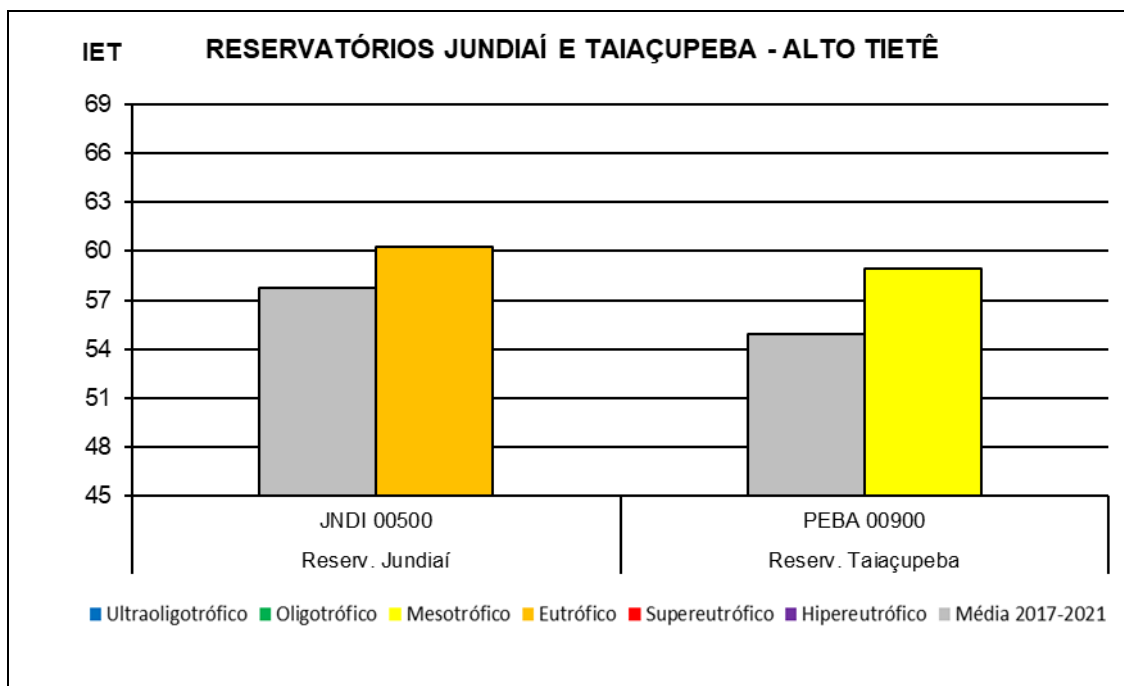
Figura 7.16 – Evolução das variáveis medidas na Estação Automática Taiacupeba de janeiro a dezembro de 2022.



A Estação Automática Taiacupeba monitora a qualidade das águas do Reservatório Taiacupeba, integrante do Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT, onde a SABESP captou uma vazão média de 13,6 m³/s em 2022. As águas do reservatório apresentam valores baixos de Condutividade, indicativo de águas pouco impactadas por cargas poluidoras, com o Oxigênio Dissolvido atendendo ao padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 92% do tempo. Além das águas provenientes do SPAT, o Reservatório Taiacupeba pode receber as águas revertidas do Reservatório Billings – Rio Grande, como observado nos meses de janeiro e fevereiro. A Turbidez apresentou grande variabilidade ao longo do ano, mas registrou valores em desacordo com o padrão de qualidade em menos de 1% do tempo.

O Gráfico 7.34, apresenta a média anual IET, em 2022 e a média do período de 2017 a 2021 dos reservatórios Jundiá (JNDI 00500) e Taiacupeba (PEBA 00900) localizados no Alto Tietê.

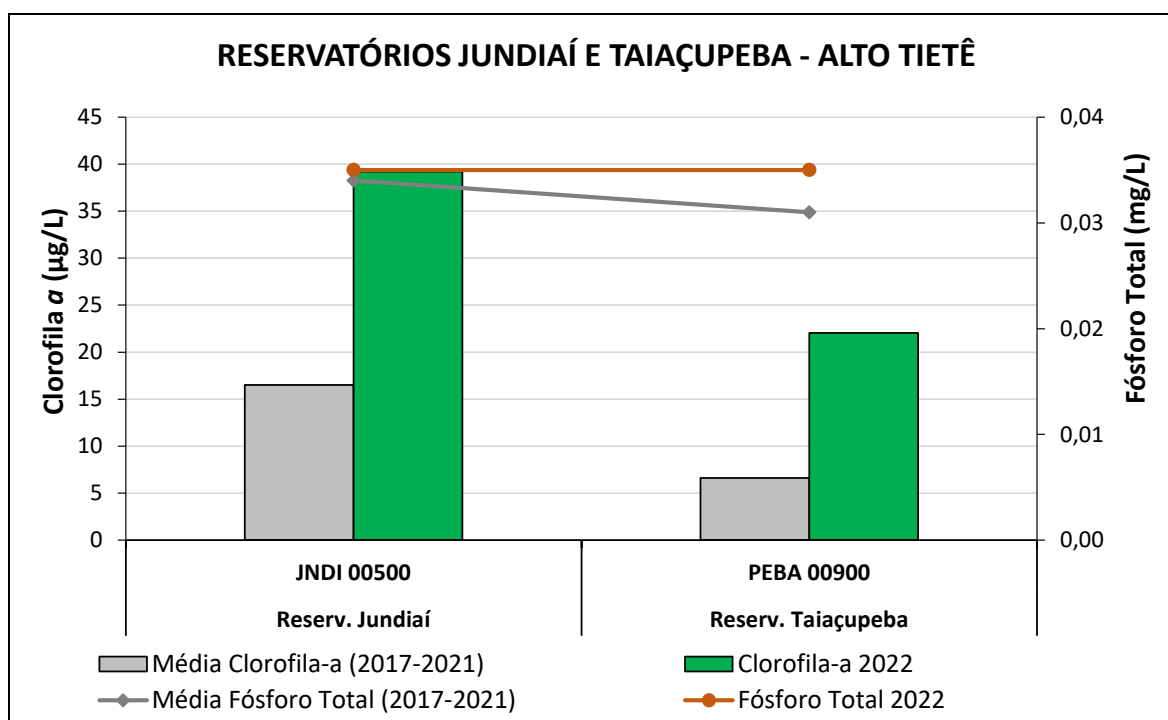
Gráfico 7.34 – Valor da média anual do IET nos reservatórios Jundiá e Taiaçupeba em 2022 e a média dos últimos 5 anos.



Segundo o IET, os dois reservatórios Jundiá e Taiaçupeba, foram classificados pela média anual como Eutrófico e Mesotrófico, respectivamente. A classificação de ambos os pontos, em 2022, foi superior à média histórica (2017-2021). O Reservatório Jundiá desde 2013 exibe aumento gradual do nível de trofia, e atingiu em 2022 o limite máximo dessa classificação.

O Gráfico 7.35 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2022 e a média do período de 2017 a 2021 nos reservatórios Jundiá (JNDI 00500) e Taiaçupeba (PEBA 00900).

Gráfico 7.35 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total nos reservatórios Jundiá e Taiaçupeba em 2022 e nos últimos 5 anos.

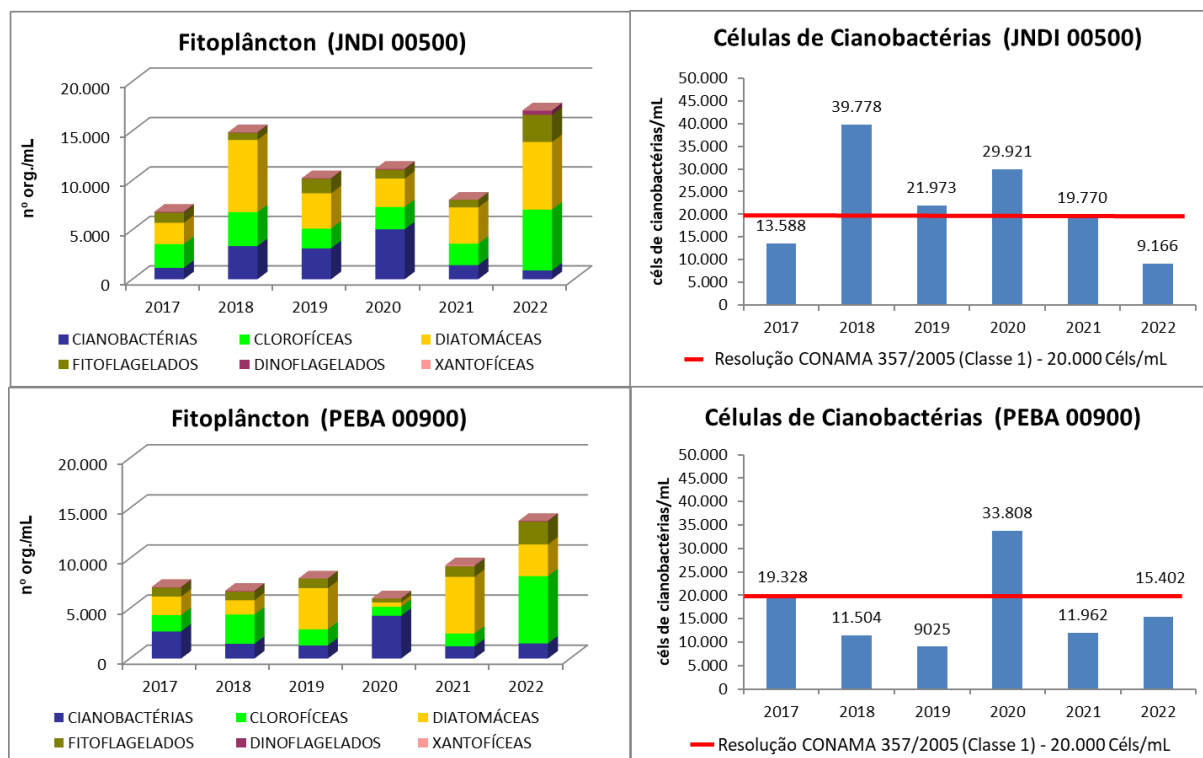


As concentrações de Fósforo Total, em ambos os reservatórios e em todas as campanhas de amostragem, ultrapassaram o limite de 0,020 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para ambientes lênticos Classe 1. Em ambos os reservatórios a média das concentrações em 2022 foram ligeiramente superiores à média histórica.

Com relação à Clorofila a, assim como para o Fósforo Total, o limite de 10 µg/L definido na Resolução CONAMA nº 357/2005 foi superado em todas as campanhas de amostragem, e em relação à média histórica, ambos os reservatórios apresentaram, em 2022, valores bastante superiores.

A Figura 7.17 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplantônica e de Número de Células de Cianobactérias nos reservatórios Jundiá (JNDI 00500) e Taiaçupeba (PEBA 00900) no período de 2017 a 2022. Houve um aumento na média anual de densidade de organismos em ambos os reservatórios. As médias anuais do Número de Células de Cianobactérias em 2022 ficaram abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 7.17 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias 2017 a 2022.



O Quadro 7.9 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica e Número de Células de Cianobactérias nos reservatórios Jundiaí (JNDI 00500) e Taiaçupeba (PEBA 00900) em 2022, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e considerações relevantes.

Quadro 7.9 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Sistema Alto Tietê. Comparação entre 2021 e 2022.

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratium</i>	Considerações
JNDI 00500	2021						Melhora
	4	8.039	19.770	36.406 (Outubro) 54% das células - <i>Aphanocapsa</i> e 44% de <i>Cyanogranis</i> ⁽²⁾	75	A	Em relação a atendimento à CONAMA e NCC
	2022						Piora
	4	17.079	9.166	14.905 (março) 44% das células - <i>Pseudanabaena</i> e 25% <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	100	A	Em relação à densidade de organismos e maior representatividade de <i>Raphidiopsis</i> .
PEBA 00900	2021						Piora
	4	9.308	11.062	22.759 (outubro) 78% das células - <i>Cyanogranis</i> ⁽²⁾	75	A	Quanto à NCC e Densidade da comunidade.
	2022						
	4	13.741	15.402	28.663 (março) 60% das células - <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	75	A	

Legenda: org/mL – Organismos por mL; NCC – Número de Células de Cianobactérias; céls/mL – células por mL; *Ceratium* – dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.10 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no Reservatório do Rio Jundiá (JNDI 00500) e no Reservatório Taiaçupeba (PEBA 00900). Os destaques em verde correspondem ao atendimento aos padrões para água tratada estabelecidos para cianotoxinas na Portaria GM/MS nº888/2021.

A baixa densidade de células de cianobactérias obtida ao longo dos anos de 2021 e 2022 pode ter influenciado os resultados relativos às concentrações das cianotoxinas monitoradas.

Quadro 7.10 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório do Rio Jundiá (JNDI 00500) e Reservatório Taiaçupeba (PEBA 00900) – 2021 e 2022.

Ano Campanha	MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
JNDI 00500												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,03	< 0,02	NA	< 0,02	< 0,05	0,06	NA	< 0,05
PEBA 00900												
2021	0,24	0,17	< 0,15	< 0,10	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	NA	< 0,02	NA	< 0,02	NA	0,05	NA	< 0,05

Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

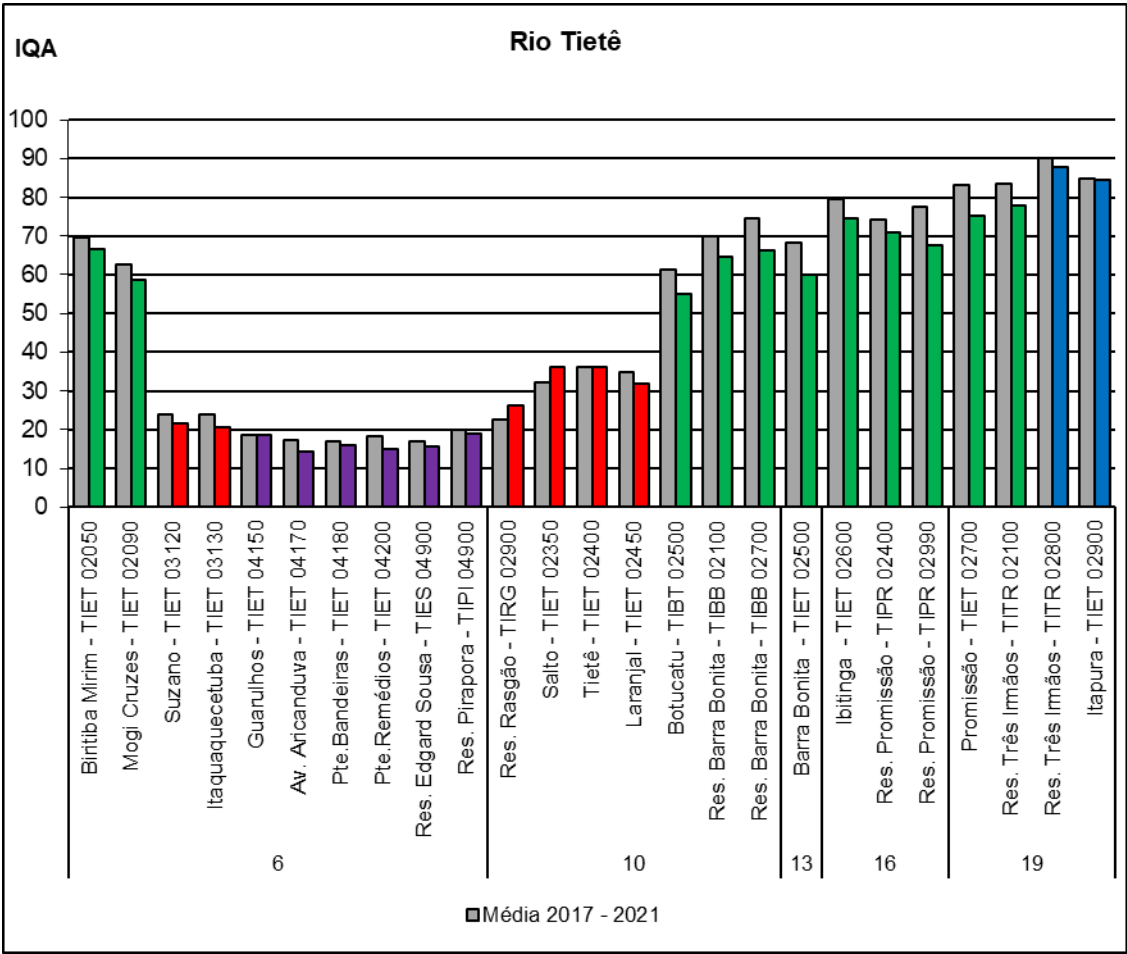
Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

■ Atendeu/■ Não atendeu; NA: Não analisado

7.7. RIO TIETÊ – UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19

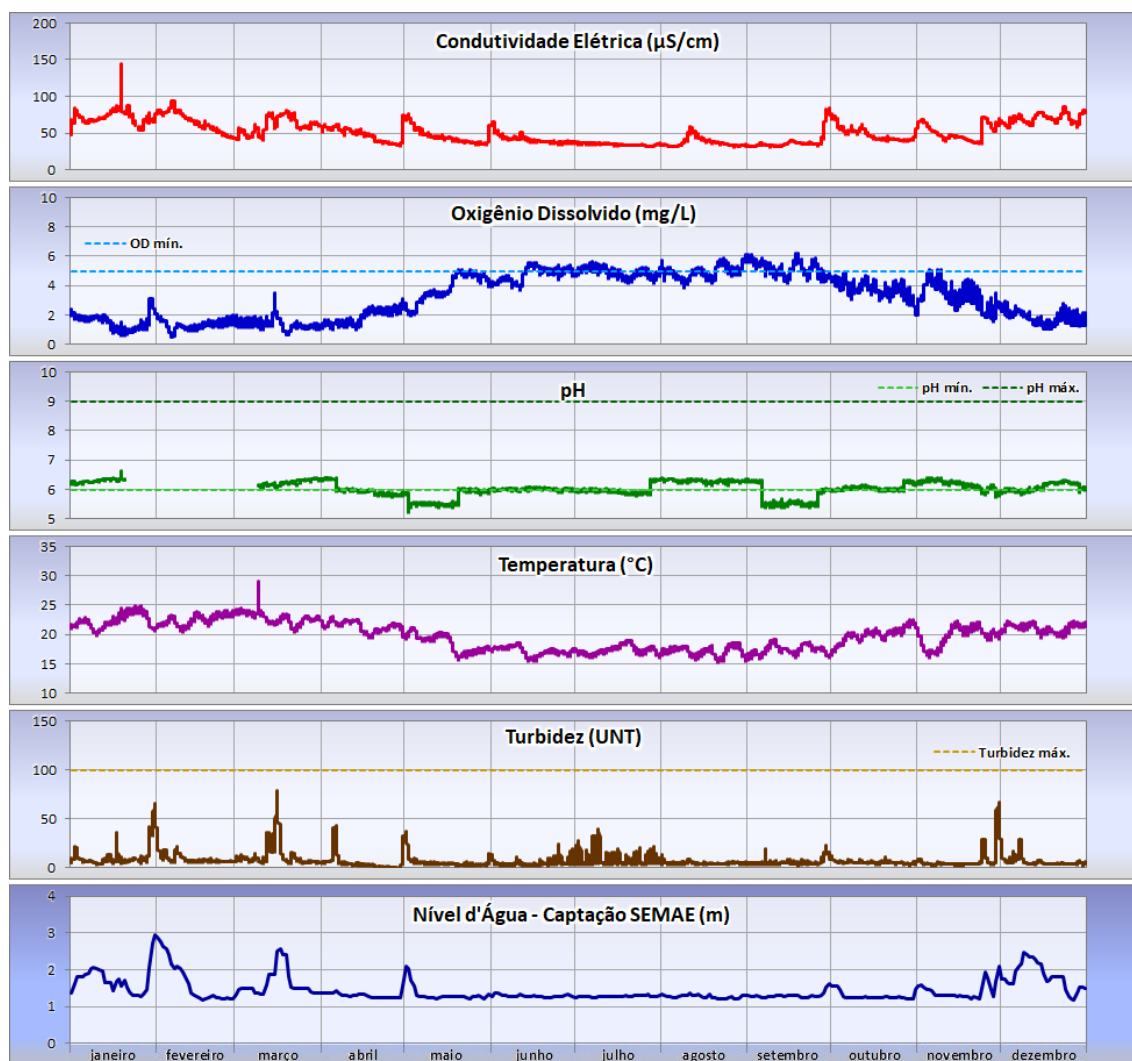
O Gráfico 7.36, apresenta o perfil do IQA ao longo da calha do Rio Tietê, que percorre todo o estado de São Paulo e atravessa as UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19. Em 2022, esse rio foi avaliado pelo IQA em 25 pontos ao longo de toda a sua extensão, desde o trecho mais próximo da sua nascente, em Biritiba-Mirim, no Alto Tietê, até próximo da sua foz, no baixo Tietê, em Itapura. Nas proximidades da sua nascente até Mogi das Cruzes, o Rio Tietê manteve a qualidade Boa, com IQA similar ao da média histórica. No trecho que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo até Pirapora do Bom Jesus, que é o exutório da UGRHI 6 e aonde se concentra a maior parcela da carga orgânica oriunda da RMSP, a qualidade da água variou entre Ruim e Péssima, com níveis de Oxigênio Dissolvido entre 0,21 e 1,31 mg/L e de Carbono Orgânico Total entre 12 e 78 mg/L. Na UGRHI 10, no trecho do Rio Tietê entre Salto e Laranjal Paulista, evidencia-se um início de autodepuração da água com aumento dos níveis de OD (entre 1,4 e 7,5 mg/L) e redução das concentrações de COT (entre 8,0 e 24 mg/L), apesar do IQA classificado na categoria Ruim. A qualidade do Rio Tietê no trecho que atravessa Botucatu, assim como nos trechos represados do Rio Tietê, que abrangem os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, apresentou IQA médio na categoria Boa, consolidando o processo de autodepuração da carga orgânica, porém abaixo da média histórica, influenciada principalmente por maiores concentrações de Fósforo Total que é um elemento conservativo. A qualidade manteve-se na categoria Boa e Ótima, com IQA próximo da média histórica, a partir do Reservatório Três Irmãos até a foz no Rio Paraná.

Gráfico 7.36 – Perfil do IQA ao longo do Rio Tietê em 2022 e nos últimos 5 anos.



A Figura 7.18 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Mogi das Cruzes em 2022.

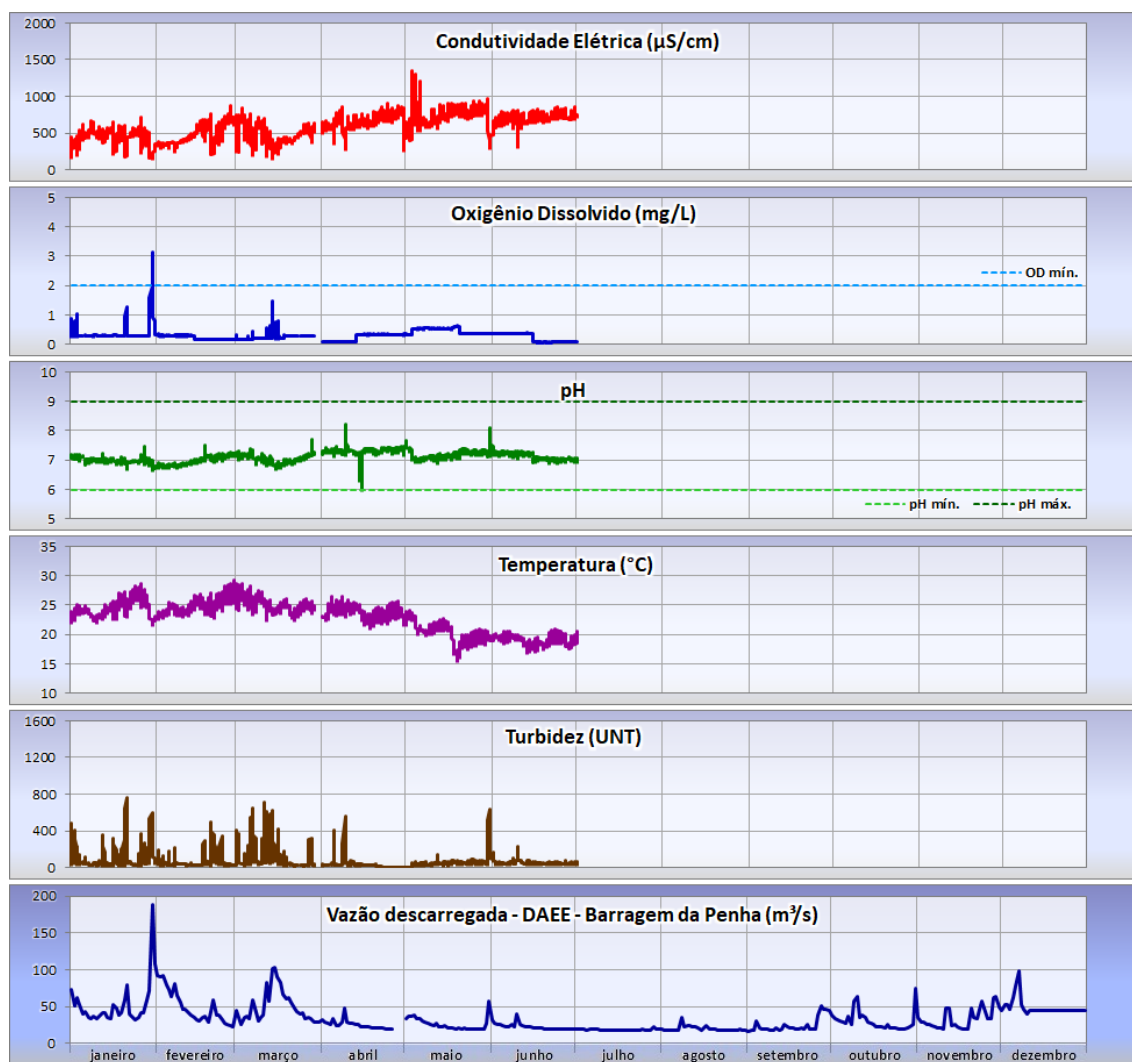
Figura 7.18 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2022.



Localizada junto à captação de água do SEMAE Mogi das Cruzes, a Estação Automática Mogi das Cruzes monitora a qualidade das águas Rio Tietê em trecho próximo à cabeceira. Apesar da região ser pouco impactada por cargas poluidoras pontuais, trata-se de bacia com predominância de uso agrícola do solo, que contribui com expressiva carga poluidora difusa. Isso é confirmado pela Condutividade Elétrica em patamar mais elevado e pelos picos de Turbidez observados nos períodos de maior vazão do rio. O Oxigênio Dissolvido apresenta-se acima do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios Classe 2 em apenas 16% do tempo, justamente no período em que a vazão do rio é menor. O pH, tipicamente baixo, atende ao padrão de qualidade durante 58% do ano.

A Figura 7.19 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Penha em 2022.

Figura 7.19 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Penha de janeiro a dezembro de 2022.

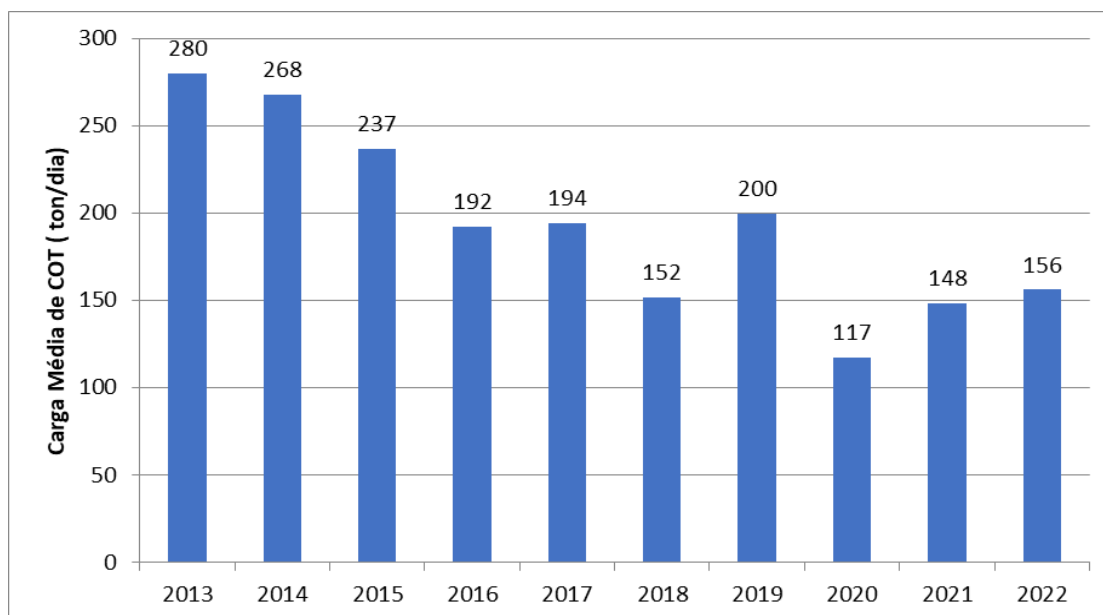


A Estação Automática Penha localiza-se no trecho de entrada do Rio Tietê na capital paulista, onde já se verifica praticamente ausência de Oxigênio Dissolvido na água. Devido a intervenções na calha do rio a montante, a sedimentação no trecho monitorado tornou inviável a operação da estação no segundo semestre. A Condutividade Elétrica alcança valores acima de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando alto comprometimento desse trecho do rio por cargas poluidoras. As diminuições dos valores de Condutividade coincidem com os aumentos nos valores da vazão, evidenciando a contribuição das chuvas para a diluição da carga poluidora. Os picos de Turbidez, também coincidentes com as elevações de vazão do rio, denotam o aporte de cargas difusas, apesar de não haver padrão de turbidez para rios Classe 4.

Uma vez que os trechos mais críticos do Rio Tietê se situam a jusante da RMSP, selecionou-se o trecho da barragem de Pirapora (TIPI 04900) que recebe toda a contribuição da bacia hidrográfica do Alto Tietê, por ser o exutório dessa bacia. O Gráfico 7.37 mostra a evolução da carga média anual de Carbono Orgânico Total (COT) medida no exutório da bacia do Alto Tietê considerando um período de 10 anos, entre 2013 e 2022. Para o cálculo da carga de COT foram utilizados os dados de

vazão média diária no dia da coleta. A carga anual é a média aritmética das cargas de COT obtidas em cada campanha de coleta.

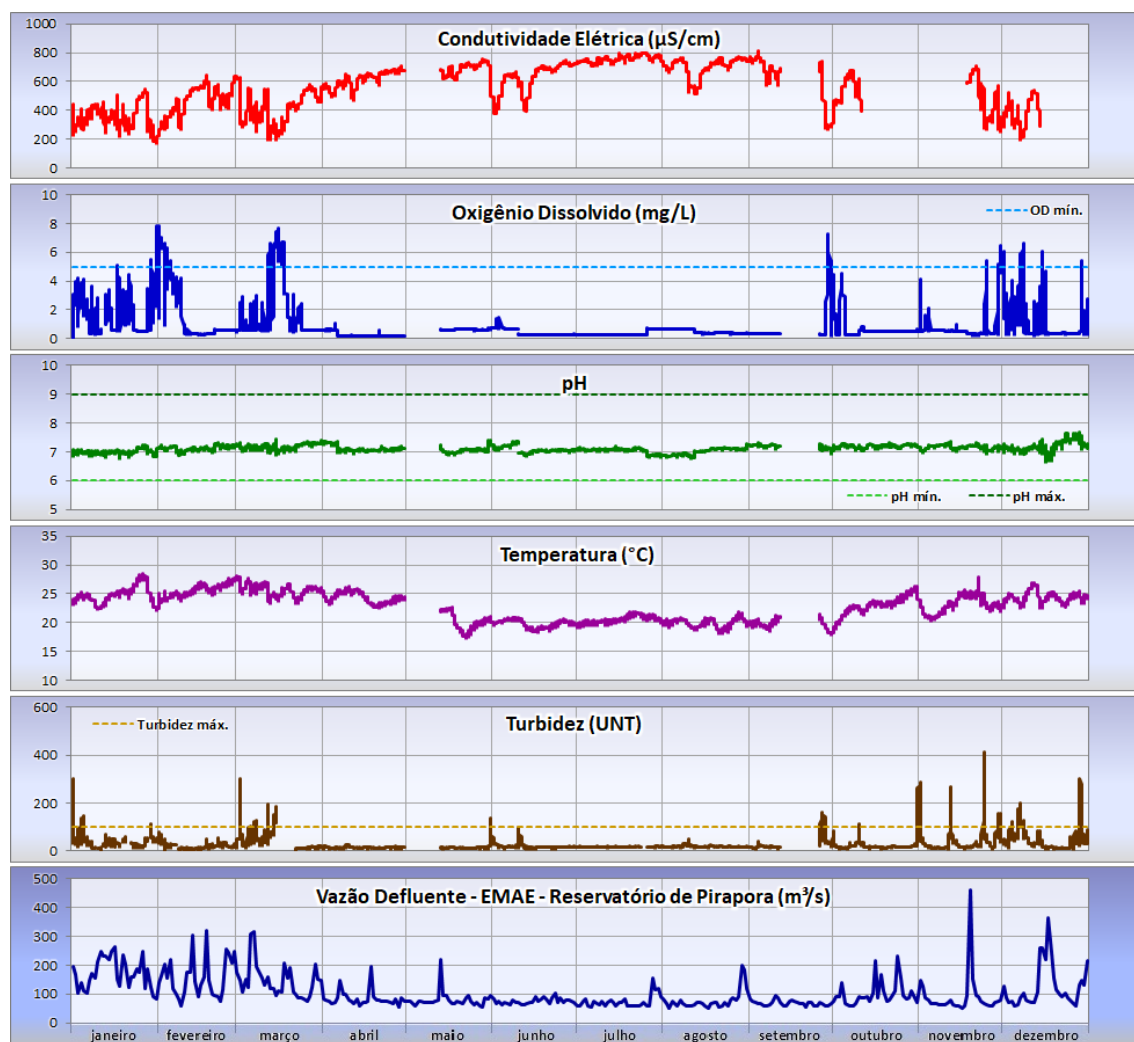
Gráfico 7.37 – Evolução da carga média anual de Carbono Orgânico Total no ponto TIPI 04900.



A carga média de COT, que em 2013 foi estimada em 280 ton/dia, caiu para 156 ton/dia em 2022, representando uma redução de cerca de 44 % em 10 anos (Gráfico 7.37). Esses resultados permitem concluir que melhorias no sistema de saneamento da RMSP, incluindo na bacia de drenagem dos rios Tietê e Pinheiros e de seus afluentes podem estar contribuindo para reduzir a carga orgânica que é transportada para o médio Tietê.

A Figura 7.20 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rasgão em 2022.

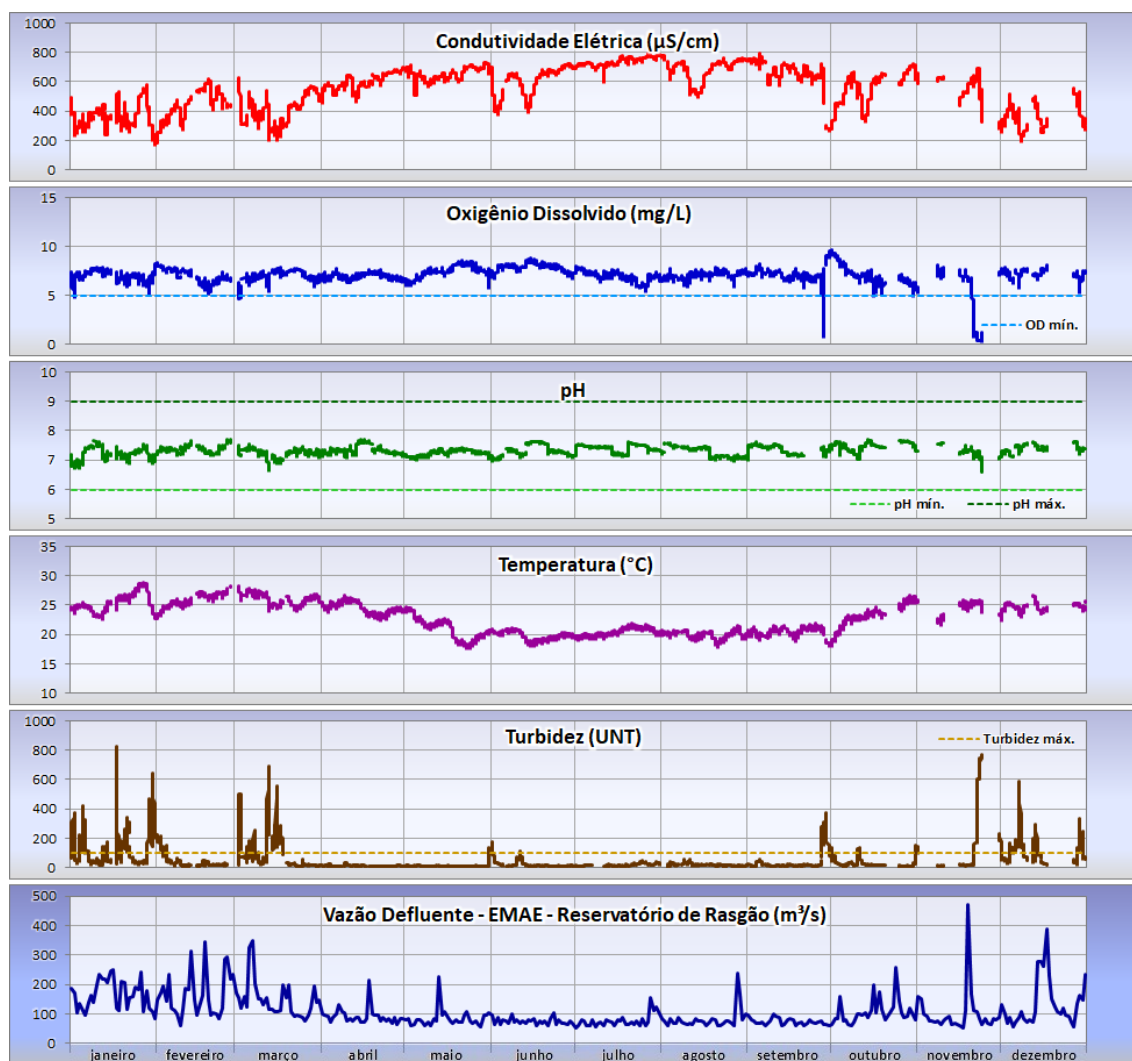
Figura 7.20 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2022.



Localizada em Pirapora do Bom Jesus, a Estação Automática Rasgão monitora a qualidade das águas do Rio Tietê na saída da Região Metropolitana de São Paulo, na transição da UGRHI 6 – Alto Tietê para a UGRHI 10 – Médio Tietê-Sorocaba. O impacto das expressivas cargas poluidoras recebidas a montante é evidenciado pelos altos valores de Condutividade e pelos valores de Oxigênio Dissolvido sistematicamente próximos de zero. Nos eventos de maior vazão, que ocorrem predominantemente no período chuvoso, há diluição da carga poluidora. Isso reflete-se na redução dos valores de Condutividade Elétrica e na ocorrência de picos de Oxigênio Dissolvido, ainda que os valores deste último superem o padrão de qualidade apenas 4% do tempo. Nesse período úmido, observa-se também incremento da Turbidez, o que é característico do aporte de cargas difusas. A Turbidez e o pH atendem ao padrão da Resolução CONAMA n° 357/05 para rios Classe 2 durante 97% e 100% do ano, respectivamente.

A Figura 7.21 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itu em 2022.

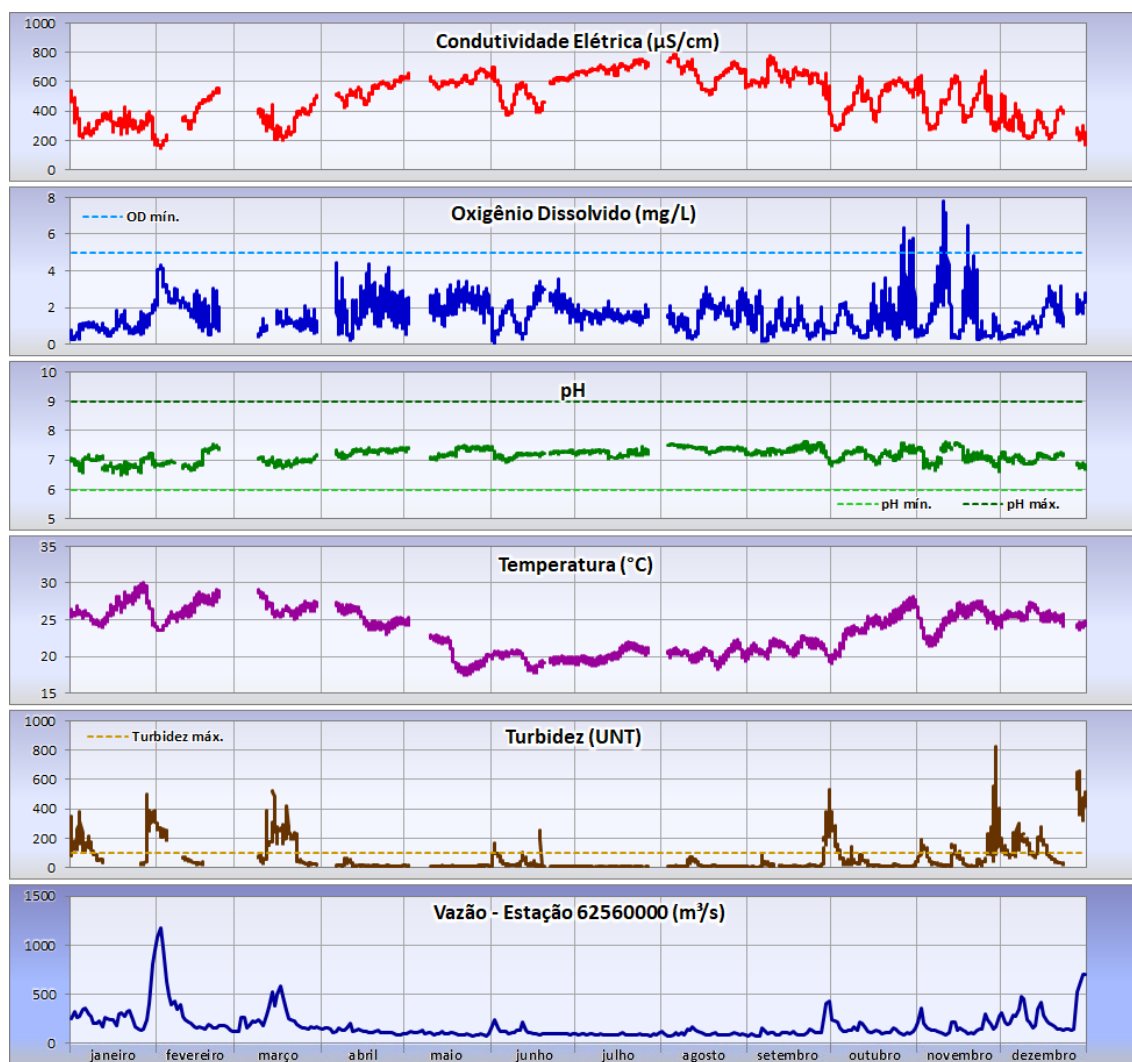
Figura 7.21 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2022.



Localizada junto à Pequena Central Hidrelétrica – PCH São Pedro, a Estação Automática Itu monitora a qualidade das águas do Rio Tietê em trecho localizado na APA Rio Tietê, criada em 1991. A presença de corredeiras a montante contribui para a observação de sinais de recuperação desse corpo hídrico, como o aumento do Oxigênio Dissolvido, que atende o limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05 para rios Classe 2 em 99% do tempo. O pH atendeu o padrão de qualidade em 100% do tempo. Os picos de Turbidez, parâmetro que atendeu o padrão em 87% do tempo, coincidem com as elevações de vazão do rio. Da mesma forma, as quedas na Condutividade Elétrica coincidem com os aumentos de vazão, indicando que as chuvas contribuem para a diluição da carga poluidora nesse trecho.

A Figura 7.22 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Laranjal Paulista em 2022.

Figura 7.22 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2022.



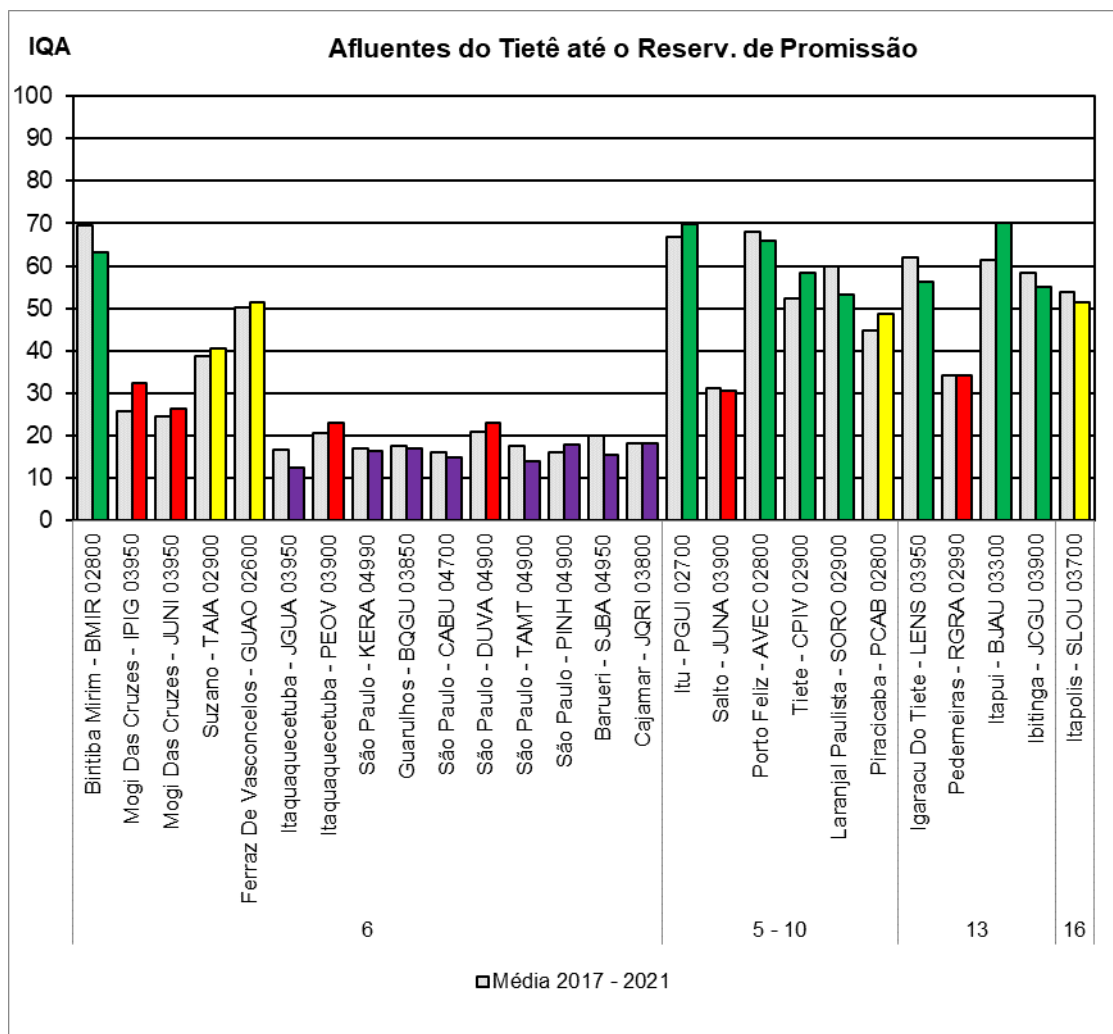
A Estação Automática Laranjal Paulista monitora a qualidade das águas do Rio Tietê a montante do Reservatório de Barra Bonita e a jusante da foz do Rio Sorocaba. Esse trecho mantém valores de Condutividade próximos daqueles observados na Estação Automática Itu. Porém, a concentração de Oxigênio Dissolvido mantém-se abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para rios Classe 2 durante praticamente todo o ano de 2022. Os valores de Turbidez ultrapassam o limite máximo de 100 UNT em 19% do tempo, predominantemente no período chuvoso, no qual se observam picos que superam 200 UNT e as maiores vazões, indicando aporte de cargas difusas.

7.7.1. Afluentes do Rio Tietê – UGRHI 6 até Promissão

O Rio Tietê recebe diversos afluentes que, por sua vez, recebem contribuições significativas advindas de diversos municípios. Para avaliação dessa contribuição em 2022 e nos últimos 5 anos, foram elaborados o Gráfico 7.38, que apresenta o IQA médio anual dos afluentes monitorados pela

CETESB próximos à foz no Rio Tietê e o Gráfico 7.39, que apresenta a média anual de Carbono Orgânico Total.

Gráfico 7.38 – Perfil do IQA nos Afluentes do Rio Tietê até o Reservatório de Promissão em 2022 e nos últimos 5 anos.

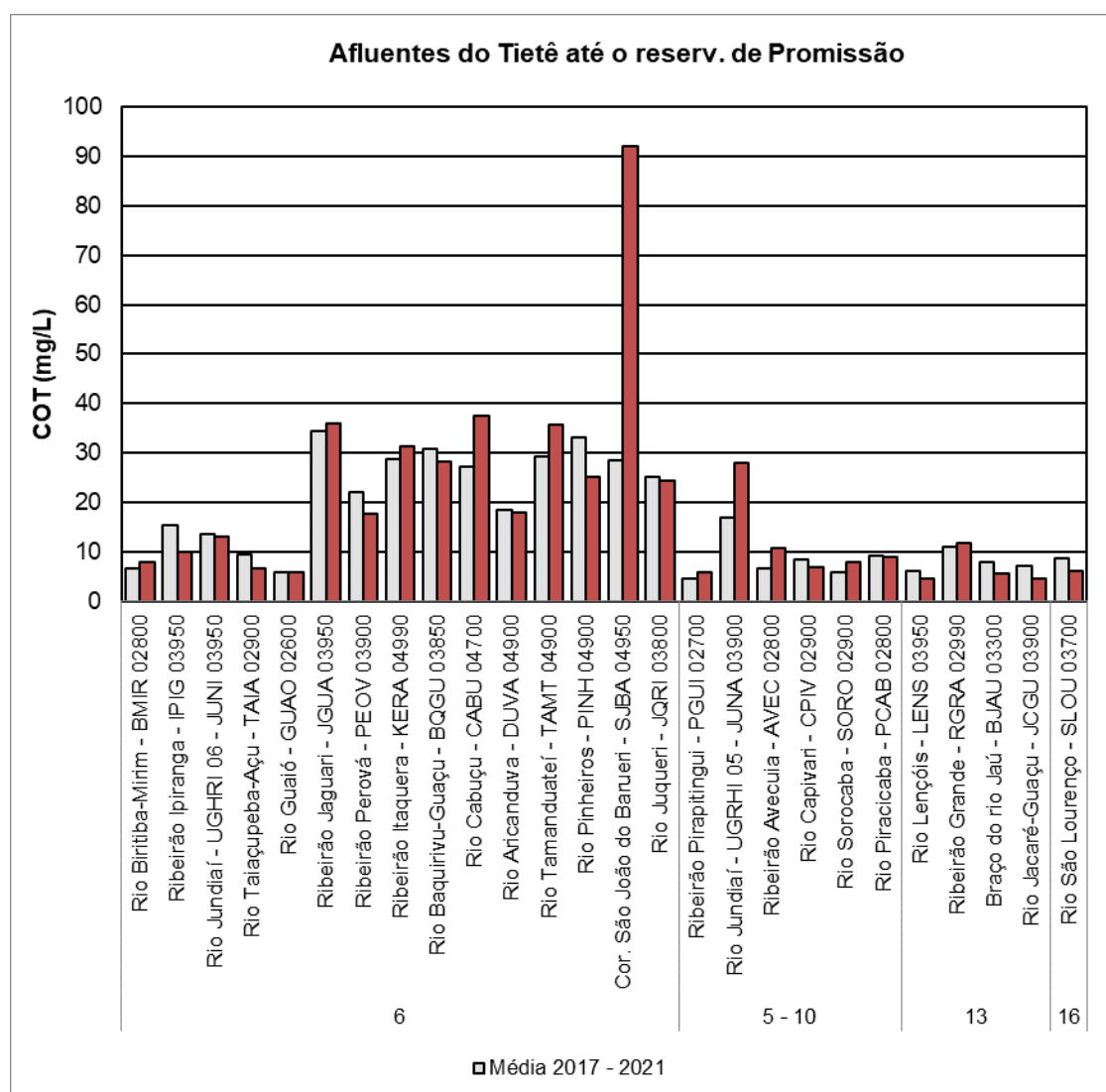


A qualidade da água dos afluentes monitorados que deságuam diretamente no Rio Tietê corrobora com qualidade observada ao longo da calha do Rio Tietê, tendo Boa qualidade na UGRHI 6 apenas no Rio Biritiba-Mirim, que é o afluente próximo à cabeceira. No trecho de Mogi das Cruzes até Cajamar, os afluentes já apresentam comprometimento da sua qualidade, sendo classificados na categoria Ruim e Péssima do IQA, com exceção dos Rios Taiaçupeba-Açu, em Suzano e Guaió, em Ferraz de Vasconcelos, com IQA Regular. A qualidade Ruim e Péssima desses afluentes é reflexo, entre outros fatores, dos baixos índices de saneamento de alguns municípios da RMSP, a exemplo de Mogi das Cruzes, com apenas 60 % de esgotos coletados. Itaquaquetuba e Guarulhos, que tratam 18 e 13 % dos esgotos coletados, respectivamente, e Cajamar, que apresenta porcentagem nula para o tratamento de esgotos. Já os municípios de Suzano, Mogi das Cruzes, Ferraz de Vasconcelos e Barueri apresentam índices de 72, 61, 61 e 51 %, para o tratamento de esgotos, que

podem ser considerados insuficientes considerando a elevada carga orgânica gerada pela sua população. Portanto, o contingente populacional dos municípios citados e os seus índices de coleta e tratamento implicam em uma elevada carga orgânica remanescente sendo lançada nos afluentes do Tietê, que é ampliada expressivamente pela parcela que é oriunda do município de São Paulo, com a maior população da RMSP, embora os índices desse município tenham melhorado consideravelmente atingindo em 2022 89,5 % de coleta e 81 % de tratamento.

Já para os afluentes do médio Tietê, nas UGRHs 5, 10, 13 e 16, a qualidade avaliada pelo IQA é predominantemente Boa, com exceção do Braço do Rio Piracicaba e do córrego São Lourenço, na categoria Regular, e do Rio Jundiá e do Ribeirão Grande, em Pederneiras, na categoria Ruim, esses últimos recebendo contribuição expressiva de carga orgânica dos municípios da bacia do Rio Jundiá e do município de Bauru, que trata apenas 5 % dos esgotos coletados.

Gráfico 7.39 – Perfil de COT nos Afluentes do Rio Tietê até o Reservatório de Promissão em 2022 e nos últimos 5 anos.



Os afluentes com maiores concentrações de COT e respectivos municípios que contribuem com as maiores parcelas de carga orgânica remanescente na RMSP, são:

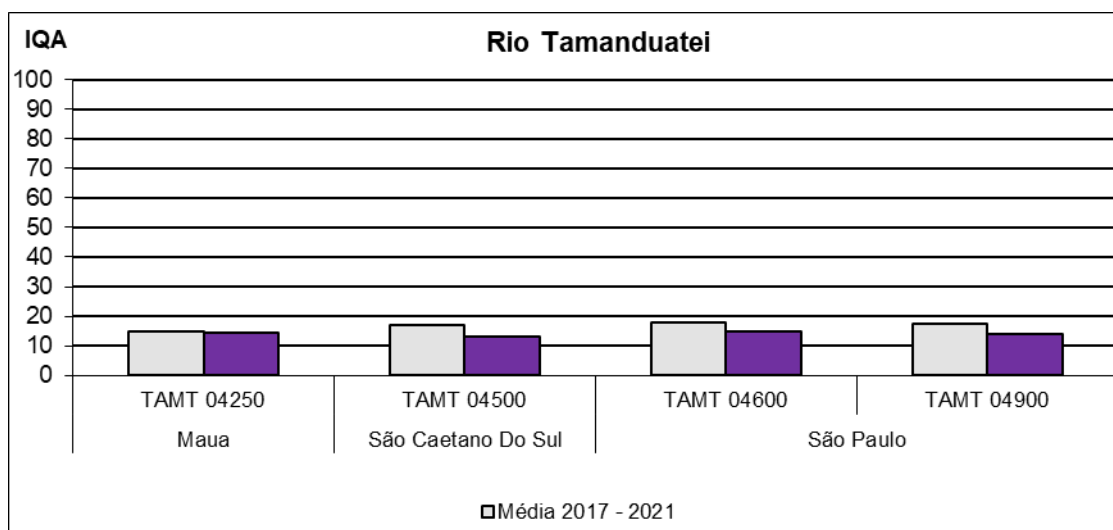
- Ribeirão Jaguari – Itaquaquecetuba e Suzano;
- Cabuçu e Baquirivu – Guarulhos (ambos) e São Paulo (apenas Cabuçu);
- Tamanduateí – Mauá, Santo André, São Caetano e São Paulo;
- Pinheiros – São Paulo;
- Itaquera – São Paulo (Zona Leste);
- São João do Barueri e Juqueri – São Paulo (Zona Oeste).

Destaca-se na UGRHI 6 a queda expressiva da concentração média de COT no Rio Pinheiros em relação à média histórica, o que pode estar relacionado às ações de saneamento da sua bacia executadas no âmbito do Programa Novo Rio Pinheiros. Por outro lado, houve aumento considerável na média da concentração de COT no córrego São João do Barueri em 2022, decorrente de concentrações elevadas de COT (entre 120 e 140 mg/L) obtidas nas campanhas de tempo seco.

A jusante da RMSP, destaca-se as maiores concentrações de COT no Rio Jundiaí, inclusive em relação à média dos últimos 5 anos. Esse rio recebe contribuições expressivas de carga orgânica de municípios inseridos na sua bacia, a exemplo da Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto.

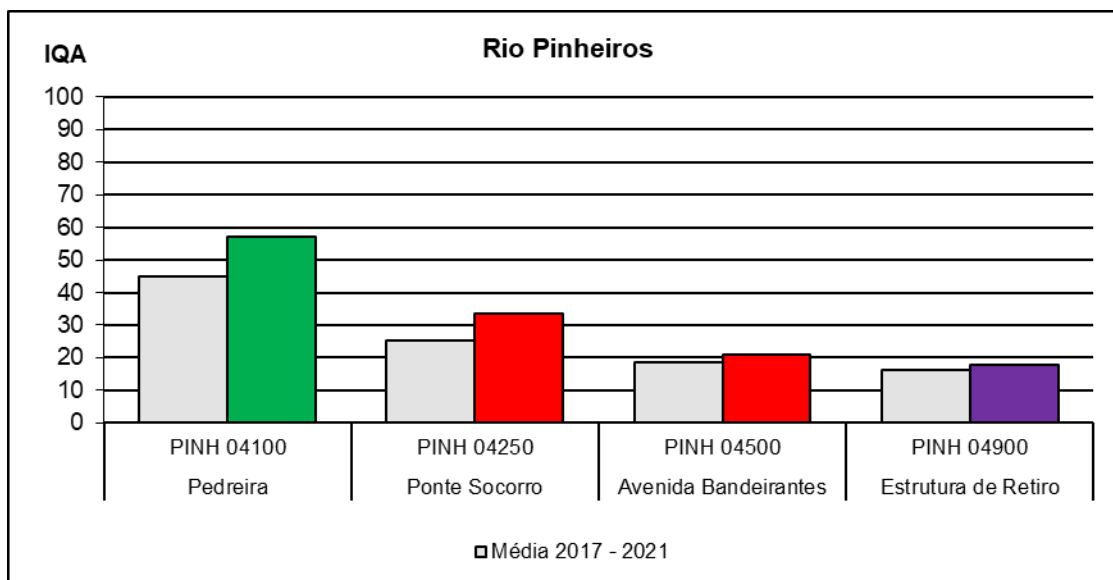
7.7.1.1. Rio Tamanduateí

O Gráfico 7.40 mostra o perfil do IQA no Rio Tamanduateí em 2022. Todos os pontos foram classificados na categoria Péssima e ligeiramente abaixo da média histórica nos trechos em São Caetano do Sul e São Paulo. Destaca-se piora no trecho inicial do Rio Tamanduateí em São Paulo, que passou para a categoria Péssima em relação a 2021. A presença de elevada carga orgânica nesse rio é confirmada por concentrações de COT na faixa de 22,1 a 54,4 mg/L ao longo do ano.

Gráfico 7.40 – Perfil do IQA no Rio Tamanduateí em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.7.1.2. Rio Pinheiros - UGRHI 6

O Gráfico 7.41 apresenta o perfil do IQA nos quatro pontos de monitoramento na calha no Rio Pinheiros para o ano de 2022.

Gráfico 7.41 – Perfil do IQA ao longo do Rio Pinheiros em 2022 e nos últimos 5 anos.

O IQA ficou acima da média histórica dos últimos 5 anos em todos os trechos monitorados. No trecho de Pedreira, houve expressiva melhora do IQA em 2022, atingindo a categoria Boa de qualidade, condição inédita nesse trecho desde 1979, quando se iniciou o monitoramento da CETESB. Na Ponte do Socorro e Av. Bandeirantes, a média anual do IQA em 2022 manteve a qualidade na categoria Ruim, ao passo que no trecho próximo da foz no Rio Tietê, na estrutura do Retiro, a qualidade foi Péssima. No entanto, a avaliação da evolução dos indicadores OD e COT,

mostra uma tendência de melhora em todo o trecho monitorado, com aumento nos níveis médios de OD e queda na concentração média de COT em relação a 2021. (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no Rio Pinheiros no período de 2021 e 2022.

Ponto	OD (mg/L)		COT (mg/L)	
	2021	2022	2021	2022
PINH 04100	7,26	5,85	8,59	7,51
PINH 04250	3,24	6,57	15,25	13,85
PINH 04500	1,2	1,51	21,76	20,38
PINH 04900	0,77	1	27,6	24,05

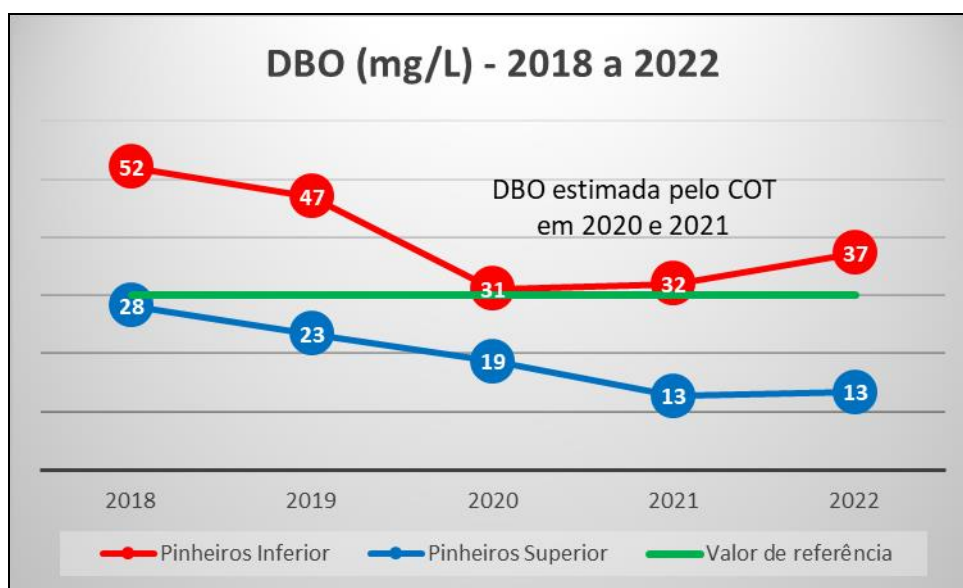
A CETESB vem utilizando como parâmetros de controle da melhoria da qualidade das águas do Rio Pinheiros: a Demanda Bioquímica de Oxigênio, que consiste numa medida indireta da concentração de matéria orgânica biodegradável presente na água, e o Oxigênio Dissolvido, cuja presença está associada com a vida aquática.

Para rios enquadrados na Classe 4, de acordo com o Decreto Estadual nº 10.755/1977, como é o caso do Rio Pinheiros, cujas águas se destinam à harmonia paisagística e navegação, existe padrão de qualidade na legislação federal para o parâmetro Oxigênio Dissolvido, cujo limite é de 2 mg/L (CONAMA, 2005). No caso da DBO, não existe um padrão legal para rios da Classe 4, mas a CETESB adotou como valor de referência o limite de 30 mg/L. No Gráfico 7.42 e Gráfico 7.43, é apresentada a evolução dos parâmetros Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio no Rio Pinheiros desde 2018.

Gráfico 7.42 – Evolução das concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) no Rio Pinheiros entre 2018 e 2022.



Gráfico 7.43 – Evolução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, mg/L) no Rio Pinheiros entre 2018 e 2022.



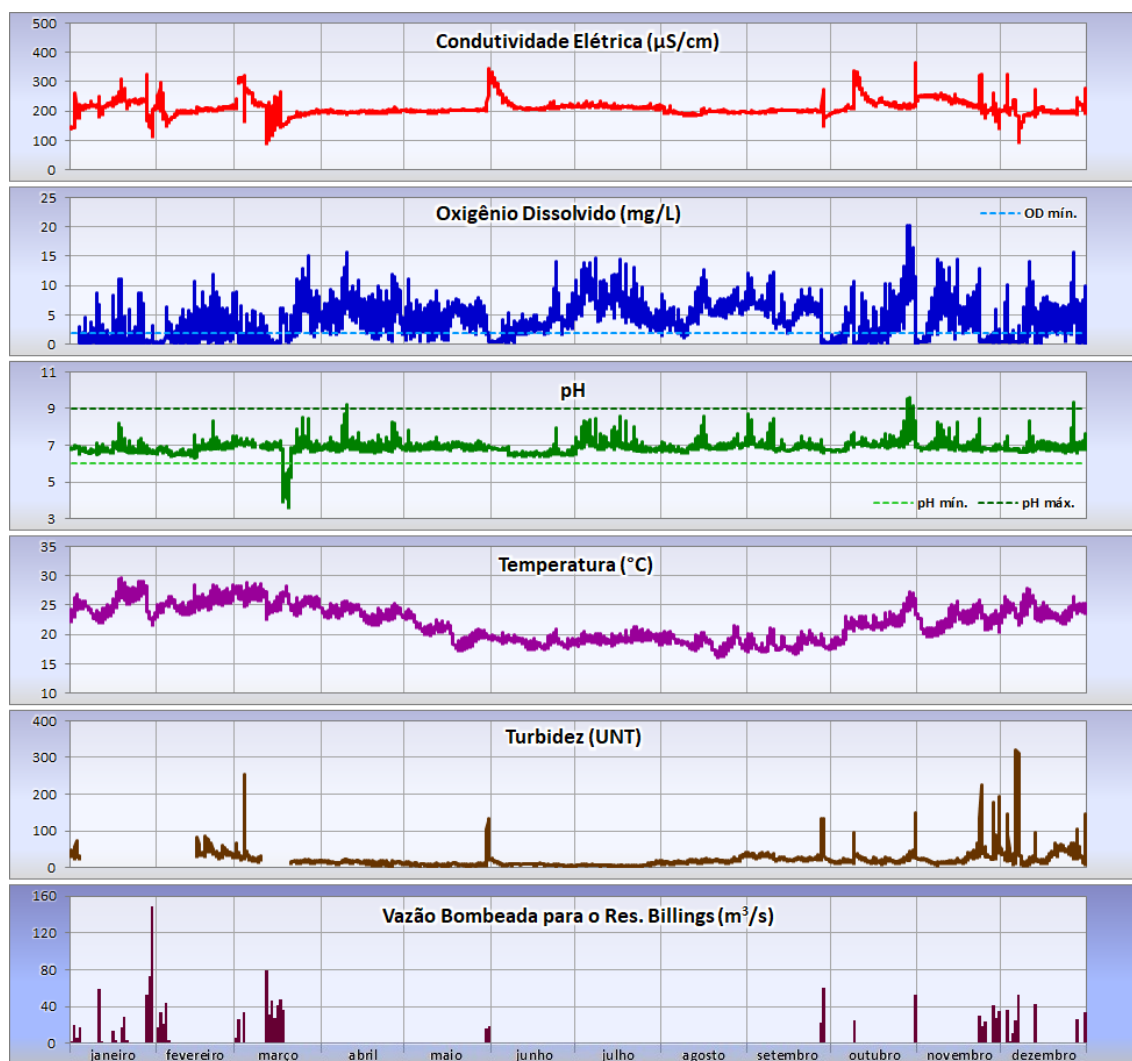
Pinheiros Inferior: Retiro até Usina São Paulo e Pinheiros Superior : Pedreira até Usina São Paulo.

Os dados de monitoramento indicam um aumento progressivo nos níveis médios de Oxigênio Dissolvido no trecho superior e no trecho inferior do Rio Pinheiros entre 2018 e 2022, destacando-se que no trecho superior a concentração mínima de OD exigida pela legislação já vem sendo atendida desde 2018.

Para a Demanda Bioquímica do Oxigênio, os dados indicam expressiva queda das concentrações de DBO, e consequentemente das concentrações de matéria orgânica, desde 2018. O trecho superior vem mantendo uma concentração média de DBO menor do que valor de referência de qualidade desde 2018, ao passo que no trecho inferior, os valores encontram-se próximos à esta meta desde 2020

A Figura 7.23 apresenta a evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pedreira em 2022.

Figura 7.23 – Evolução das variáveis medidas pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2022.



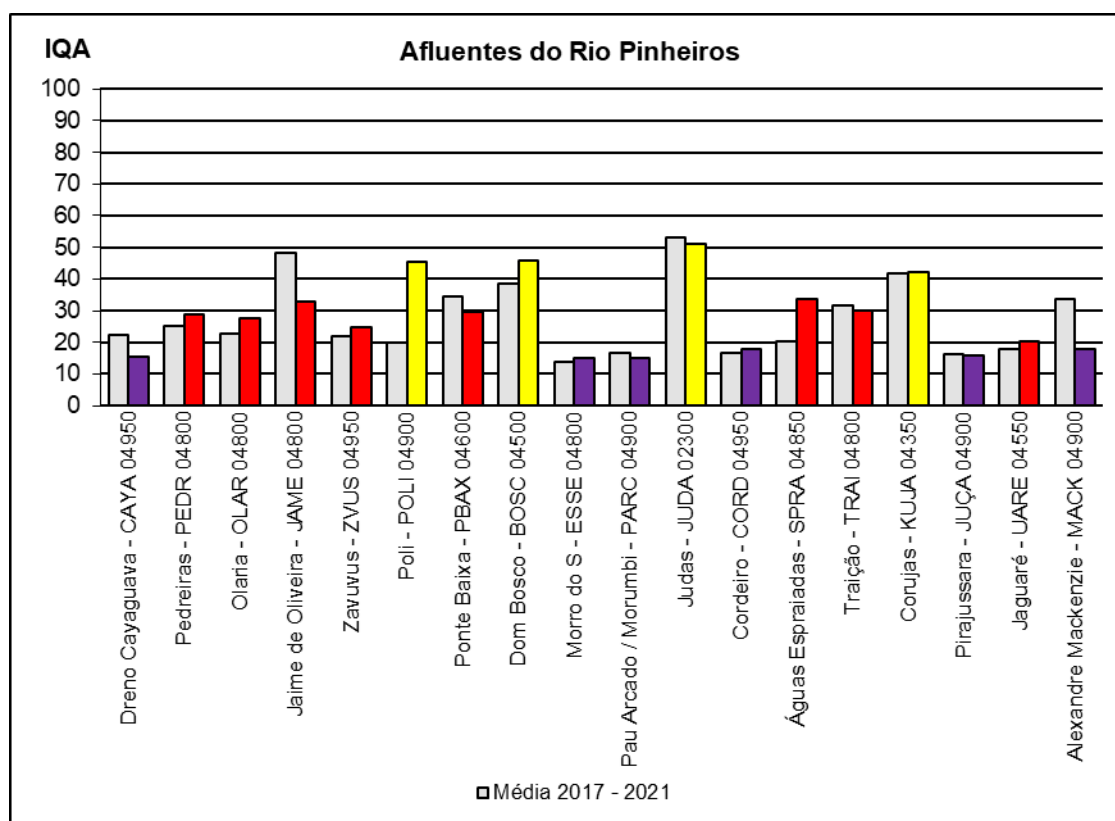
Situada no canal do Rio Pinheiros, 500 m a montante da Usina Elevatória de Pedreira, a Estação Automática Pedreira determina a qualidade das águas bombeadas para o Reservatório Billings. Valores de condutividade entre 100 e 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam tratar-se de corpo de água impactado por cargas poluidoras, mas com melhora que pode ser atribuída às ações de despoluição. O Rio Pinheiros apresenta comportamento hidrodinâmico misto:

- Lótico, quando da ocorrência de eventos de bombeamento, com maior frequência no período chuvoso, quando há maior variabilidade da Turbidez, com picos superiores a 100 UNT, e da Condutividade Elétrica devido às variações na vazão do rio. O Oxigênio Dissolvido varia tipicamente entre 0 e 10 mg/L;
- Lêntico, na ausência de bombeamento, situação mais frequente na estiagem, quando é possível observar períodos em que o OD registra desde ausência até concentrações acima de 12 mg/L, explicadas pela ocorrência de *bloom* de algas, fenômeno indicativo da eutrofização do corpo de água.

O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade em 71% do tempo e o pH em mais de 99%. Para rios Classe 4, como o Pinheiros, não há padrão de Turbidez estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/05.

Para aprimoramento da avaliação da qualidade da água no Rio Pinheiros, é apresentado no Gráfico 7.44 o IQA dos afluentes monitorados em 2022. Vale o destaque para a melhora da qualidade no córrego da Poli que passou da categoria Ruim para a Regular, com IQA acima da média histórica. O córrego Águas Espraiadas manteve a categoria Ruim para o IQA, porém bem acima da média histórica, indicando tendência de melhora da qualidade da água. Os córregos Dom Bosco e das Corujas mantiveram a média Regular do IQA, e no mesmo patamar da média histórica. Em comparação com o ano anterior, o córrego Judas, passou da categoria Boa para a Regular, Av. Jaime Oliveira passou da categoria Regular para Ruim, Cordeiro e Alexandre Mackenzie, esses dois últimos mudando da categoria Ruim para Péssima. Os demais córregos mantiveram as classificações nas categorias Ruim e Péssima, no mesmo patamar da média histórica.

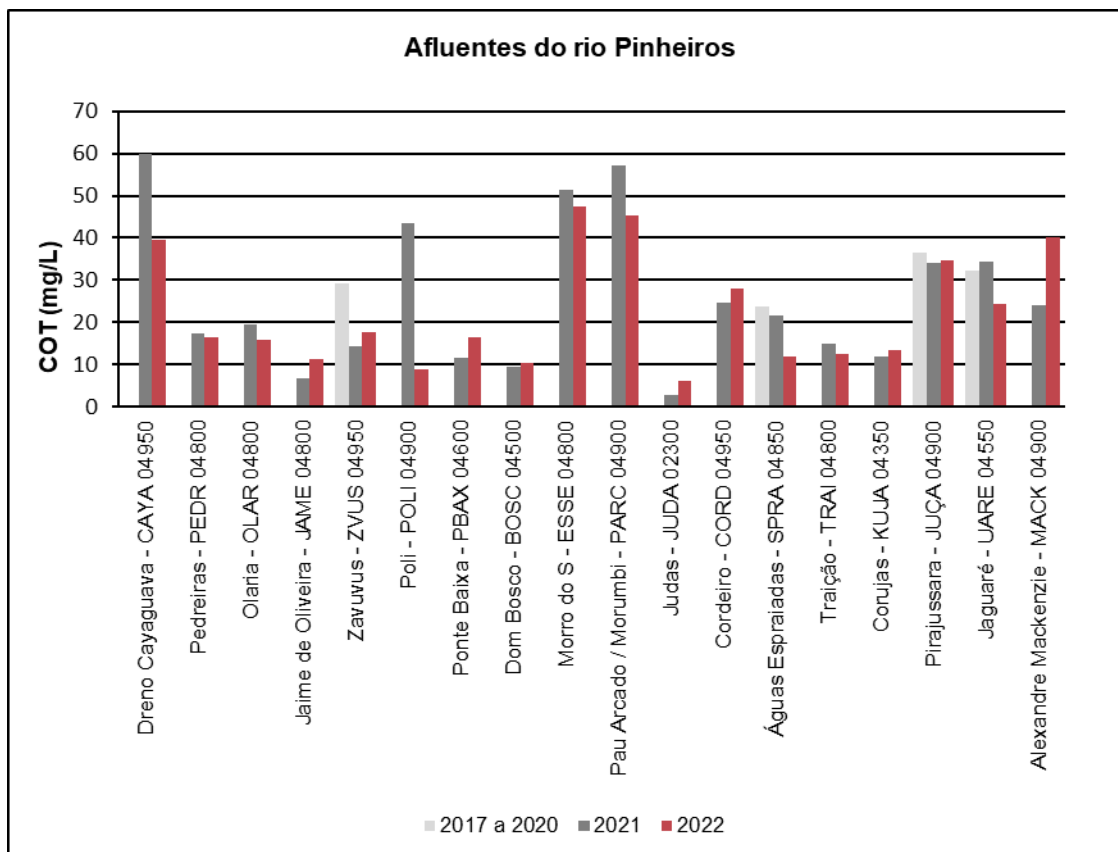
Gráfico 7.44 – IQA dos afluentes do Rio Pinheiros em 2022 e nos últimos 5 anos.



O Gráfico 7.45, apresenta as concentrações médias de Carbono Orgânico Total nos afluentes do Rio Pinheiros em 2021 e 2022. Os córregos Zavuvus, Águas Espraiadas e Jaguaré mostraram redução expressiva das concentrações de COT no período de 2017 a 2022 ao passo que no córrego Pirajussara a concentração média de COT se manteve um pouco abaixo do patamar dos últimos 5 anos. Já os córregos Morro do S, Pau Arcado/Morumbi, Poli, Olaria, Pedreira, Dreno Cayaguava mostraram redução da concentração média de COT em relação a 2021. Por outro lado, nos córregos

Av. Jaime Oliveira, Ponte Baixa, Dom Bosco, Judas, Corujas e Alexandre Mackenzie foram observadas concentrações médias de COT em 2022 maiores do que em 2021. As maiores concentrações médias de COT foram quantificadas nos afluentes Córrego do Morro do “S” (47,6 mg/L), Pau Arcado (45,4 mg/L), Córrego da Av. Alexandre Mackenzie (40 mg/L), Cayaguava (39,4 mg/L), Pirajussara (34,7 mg/L), Parque do Cordeiro (27,9 mg/L) e Jaguaré (24,4 mg/L).

Gráfico 7.45 – Perfil de COT nos afluentes do Rio Pinheiros em 2022 e nos últimos 5 anos.

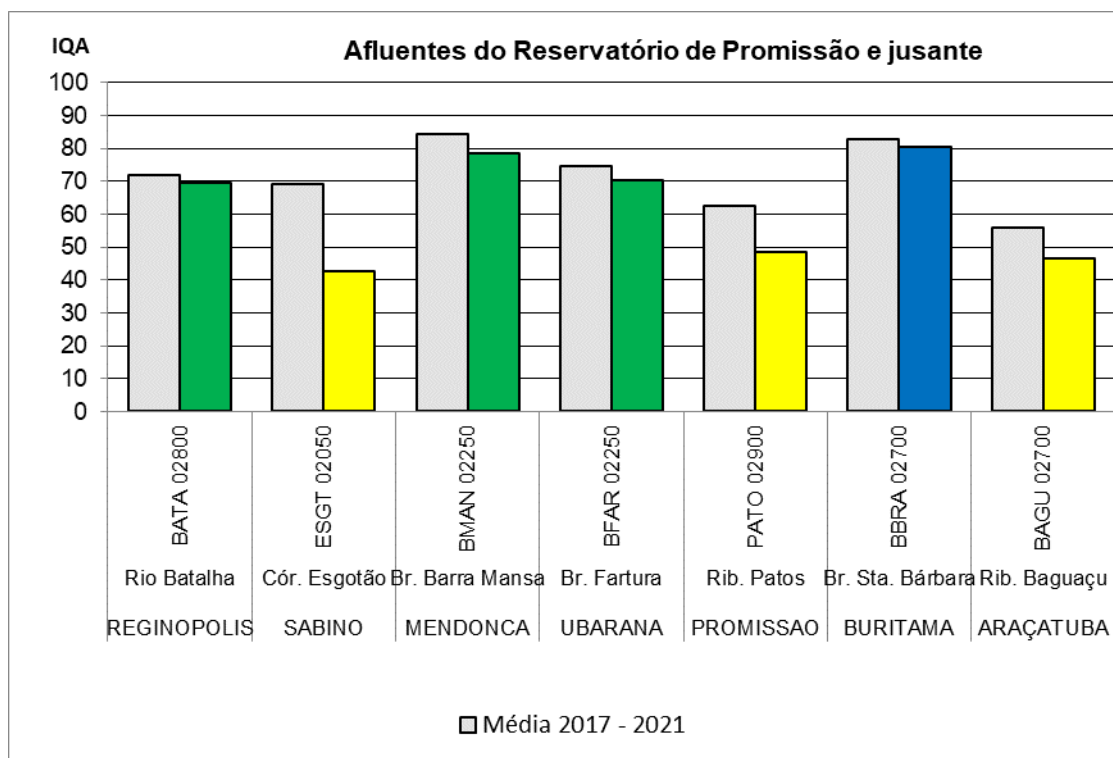


7.7.2. Afluentes do Rio Tietê - do Reservatório de Promissão até entrada no Reservatório Três Irmãos

O Gráfico 7.46 apresenta o IQA dos braços e afluentes do Rio Tietê do Reservatório de Promissão até a entrada no Reservatório Três Irmãos. Esses corpos de água foram classificados, em sua maioria, nas categorias Ótima e Boa do IQA, com exceção do córrego do Esgotão e do Ribeirão dos Patos, que passaram da categoria Boa para a Regular em relação a 2021 e que ficaram abaixo da média histórica dos últimos 5 anos. Para o córrego do Esgotão, a classificação Regular foi influenciada por concentrações elevadas de COT, Fósforo Total e Turbidez em 75 % das campanhas realizadas em 2022. Além disso, as altas concentrações de OD (entre 14,7 mg/L e 18,8 mg/L) associadas ao pH elevado (entre 9,6 e 10,6), indicam forte presença de algas em razão da eutrofização. O Ribeirão dos Patos foi influenciado por baixas concentrações de OD (0,5 mg/L e 1,2

mg/L) nas campanhas de fevereiro e outubro e elevada concentração de COT (23 mg/L) na campanha de fevereiro. O Ribeirão Baguaçu manteve a classificação Regular do IQA, porém abaixo da média histórica, influenciado por baixas concentrações de OD (entre 1,7 mg/L e 3,6 mg/L) e presença de *E. coli* (entre 700 e 5.700) em todas as campanhas realizadas no ano.

Gráfico 7.46 – IQA nos braços e afluentes do Rio Tietê do Reservatório de Promissão até a entrada no Reservatório Três Irmãos.

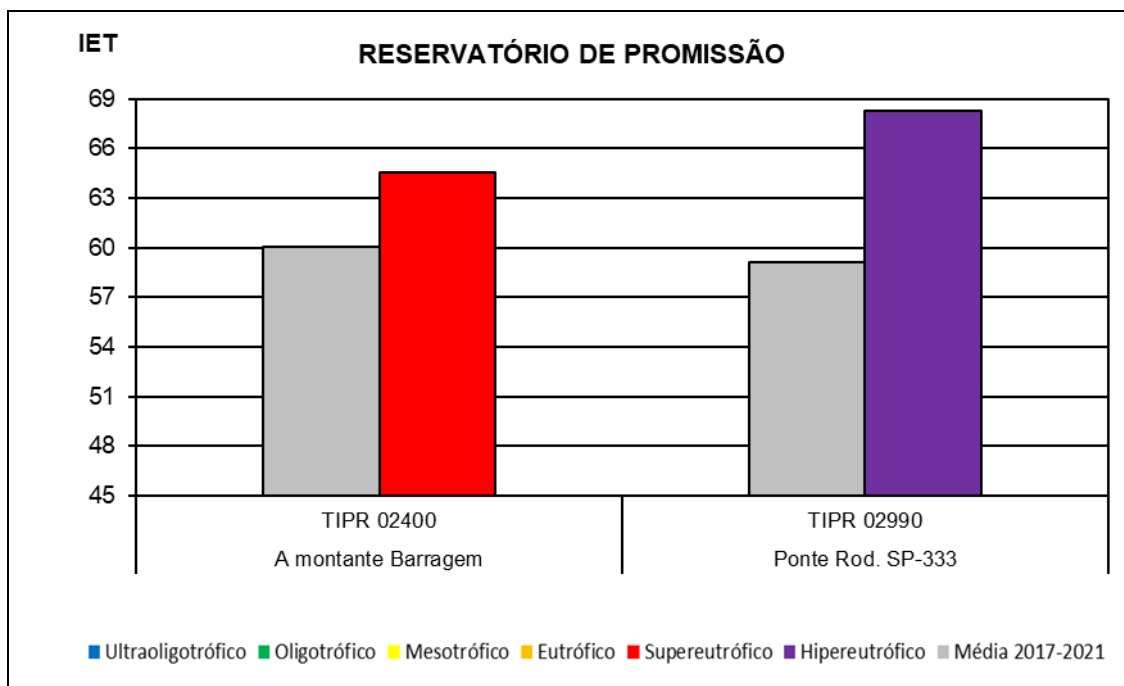


7.7.2.1. Reservatório de Promissão

O Reservatório de Promissão é monitorado em dois pontos: TIPR 02990, localizado próximo à barragem e o ponto TIPR 02400. Os pontos BFAR 02250 (Braço do Ribeirão da Fartura) e BMAN 02250 (Braço do Rio Barra Mansa), situados nos afluentes da margem direita desse Reservatório, amostrados no final de 2019 em virtude de intensas florações de Cianobactérias do gênero *Microcystis* registradas na região, foram incluídos na rede de monitoramento em 2020, assim como o BBRA 02700, no Braço do Ribeirão Santa Bárbara, afluente da margem direita do Reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19).

O Gráfico 7.47 apresenta a média anual do IET, em 2022 e a média do período de 2017 a 2021 para o Reservatório de Promissão nos pontos TIPR 02400, localizado na ponte na rodovia SP-333, e TIPR 02990 localizado a montante da barragem de Promissão.

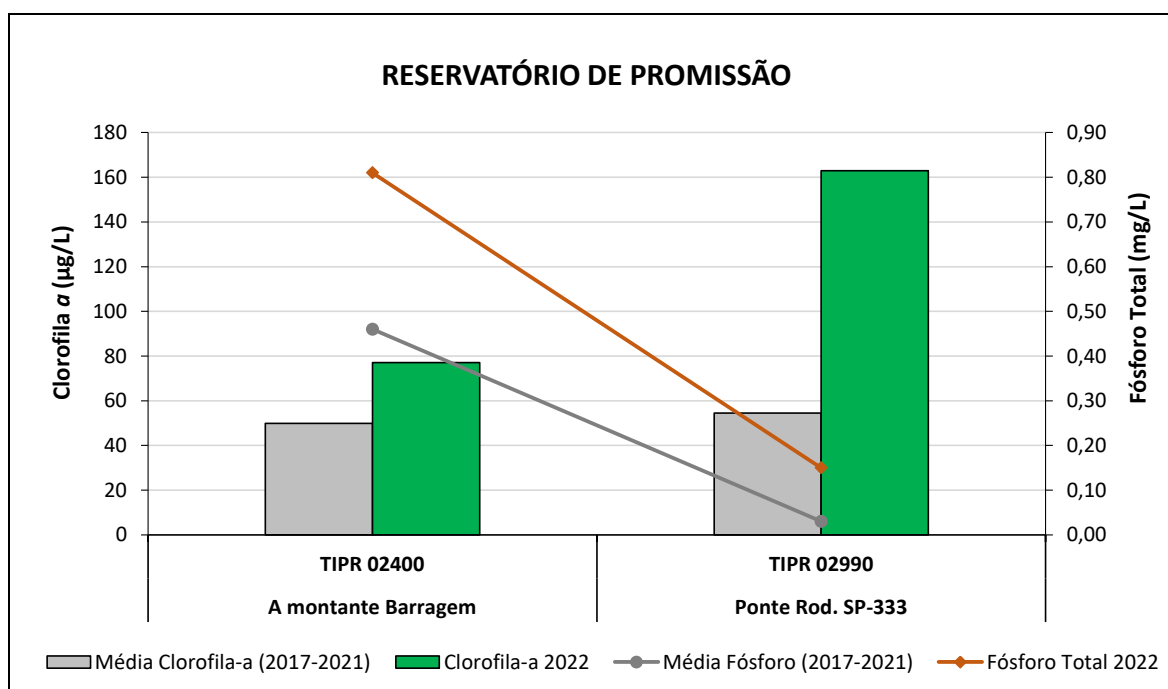
Gráfico 7.47 – Valor da média anual do IET no Reservatório de Promissão para os pontos TIPR 02400 e o TIPR 02990 em 2022 e a média dos últimos 5 anos.



Segundo o IET, os dois pontos monitorados no Reservatório de Promissão (TIPR 02400 e TIPR 02990), exibiram classificações pela média anual de Supereutrófica e Hipereutrófica, respectivamente, ambos muito superiores às suas médias históricas.

O Gráfico 7.48 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2022 e a média do período de 2017 a 2021 no Reservatório de Promissão para os pontos TIPR 02400 e TIPR 02990.

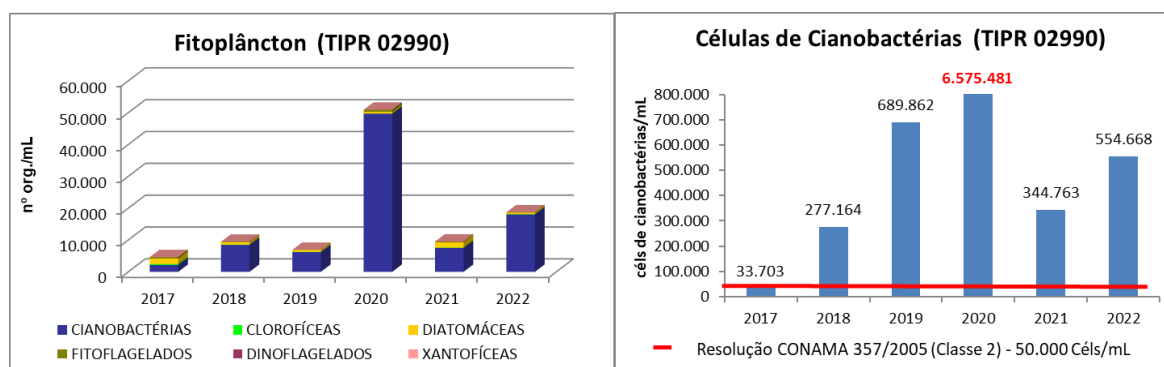
Gráfico 7.48 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total no Reservatório de Promissão em 2022 e nos últimos 5 anos.



No Reservatório de Promissão, em ambos os pontos amostrados, os limites estabelecidos na Resolução Conama nº 357/2005 para Fósforo Total (0,030 mg/L) e Clorofila a (30 µg/L) foram ultrapassados em todas as campanhas de amostragem. Em comparação à média histórica, em 2022 os valores foram muito superiores, tanto para Fósforo Total como para Clorofila a, para ambos os pontos e contribuiu para a piora na classificação do IET.

A Figura 7.24 apresenta os gráficos apenas do ponto TIPR 02990 das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplânctônica e de Número de Células de Cianobactérias no período de 2017 a 2022 no Reservatório Promissão. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa neste último ano. As médias anuais do Número de Células de Cianobactérias continuam muito acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 a partir de 2017. Destaca-se o valor muito alto de células de cianobactérias obtido em 2020, quando foi constatada uma floração de *Microcystis*.

Figura 7.24 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Promissão (TIPR 02900) – 2017 a 2022.



O Quadro 7.11 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Promissão em 2021 e 2022, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as Considerações relevantes.

Quadro 7.11 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2021 e 2022.

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (cél/mL)	Maior valor NCC do ano (cél/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	Ceratium	Considerações
TIPR 02990	2021						Piora Quanto ao NCC e Densidade da comunidade.
	4	9.504	344.763	592.471 (junho) 91% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2022						
	4	18.699	554.668	1.012.358 (julho) 92% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
TIPR 02400	2021						Melhora Quanto ao maior valor de NCC. Piora Densidade da comunidade.
	4	6.977	530.464	1.658.640 (janeiro) 98% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2022						
	4	17.175	417.664	826.327 (fevereiro) 93% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célula/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 células/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.12 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no Reservatório de Promissão (TIPR 02990). Os destaques em verde e vermelho correspondem, respectivamente, ao atendimento ou não dos padrões para água tratada estabelecidos para cianotoxinas na Portaria GM/MS nº888/2021, embora as amostras analisadas tenham sido de água bruta.

Observa-se que em 2022 houve aumento nas concentrações de microcistinas, se comparadas ao ano anterior, exceto na quarta campanha. As concentrações observadas estão diretamente

associadas ao elevado Número de Células de Cianobactérias verificados no local, com predominância praticamente absoluta de *Microcystis*, gênero produtor de microcistinas.

Quadro 7.12 – Concentração de cianotoxinas no Reservatório de Promissão (TIPR 02990) – 2021 e 2022.

Ano Campanha	MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TIPR 02990												
2021	2,0 5	3,75	0,35	4,00	0,02	0,03	< 0,02	0,03	NA	NA	NA	NA
2022	4,07	36,75	8,30	1,99	0,03	< 0,02	< 0,02	0,03	NA	< 0,05	0,07	< 0,54

Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

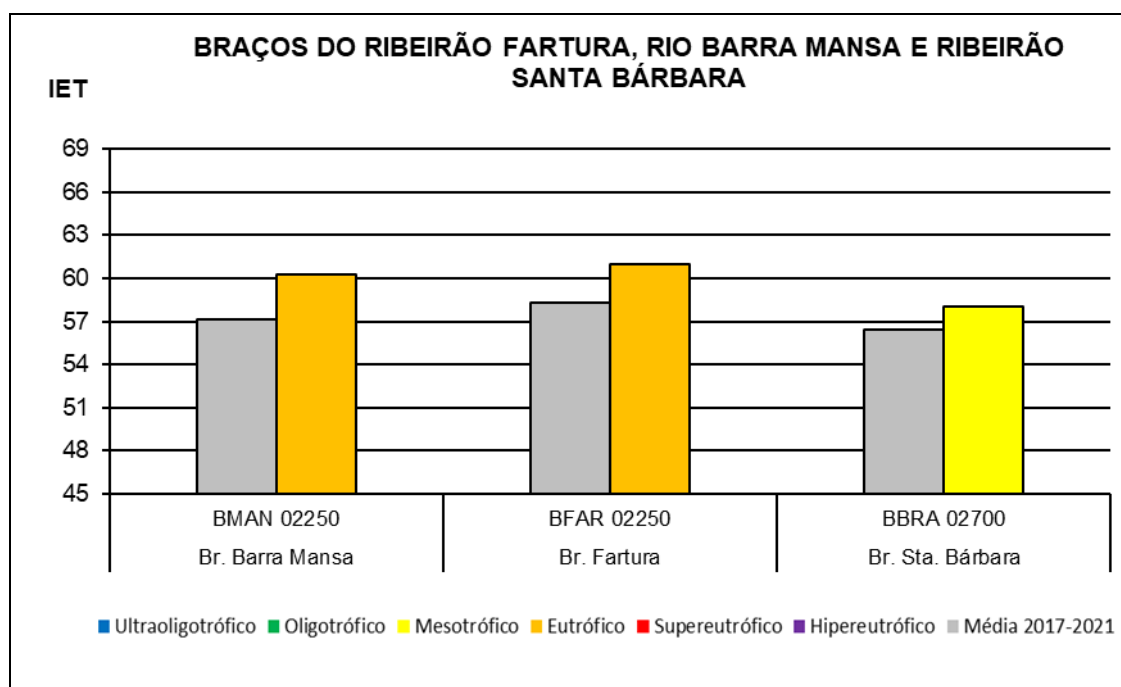
Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

■ Atendeu/ ■ Não atendeu; NA: Não analisado

7.7.2.2. Braços do Ribeirão Fartura, do Rio Barra Mansa Braço e do Ribeirão Santa. Bárbara

O monitoramento, em relação à eutrofização, desses pontos iniciou-se em 2020. O Gráfico 7.49 apresenta a média anual do IET, em 2022 e a média do período de 2020 e 2021 nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250), situados na margem direita do Reservatório de Promissão, ambos na UGRHI 16 e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700), afluente da margem direita do Reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19) no baixo Rio Tietê.

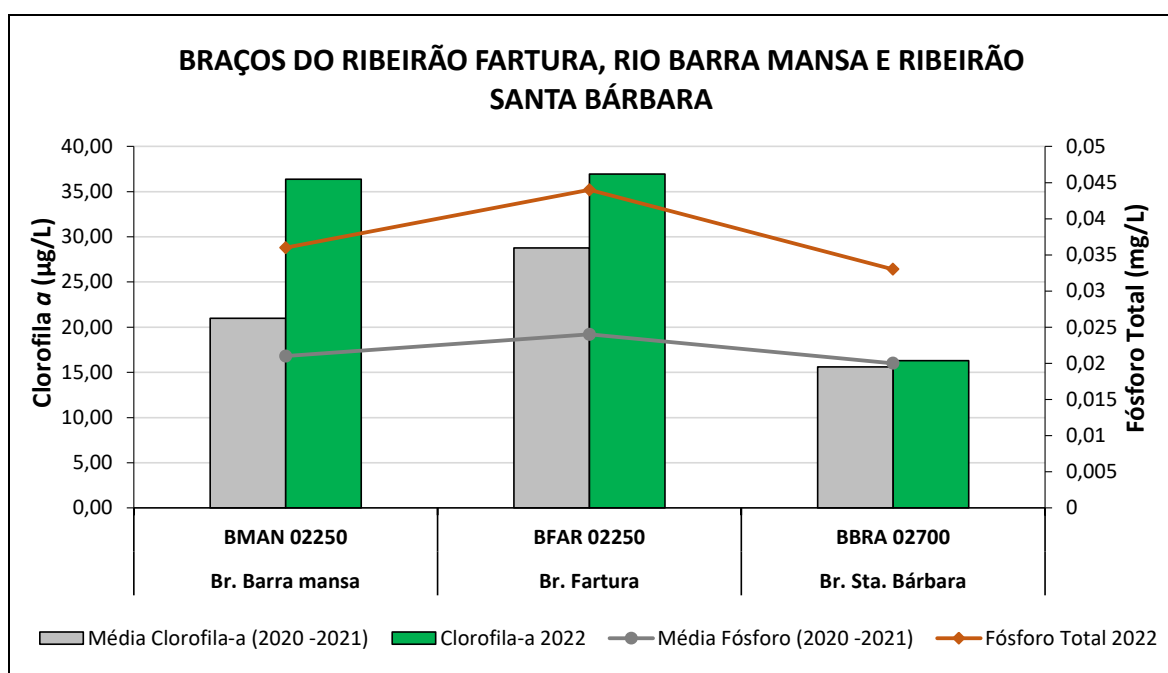
Gráfico 7.49 – Valor da média anual do IET nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2022 e a média dos últimos 2 anos.



Segundo o Índice de Estado Trófico – IET, os pontos, BFAR 02250 e BMAN 02250, exibiram classificações pela média anual Eutrófica, e o ponto BFAR 02250, foi classificado como Mesotrófico. Todos os pontos apresentaram piora em relação à média dos anos anteriores, contudo ressalta-se que o ponto BBRA 02700, classificado como Mesotrófico, atingiu valor próximo ao estado Eutrófico.

O Gráfico 7.50 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila a e de Fósforo Total, em 2022 e a média dos últimos dois anos dos braços dos rios Fartura, Barra Mansa e Santa Bárbara.

Gráfico 7.50 – Perfil da média anual da Clorofila a e Fósforo Total nos braços do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2022 e a média dos últimos 2 anos.



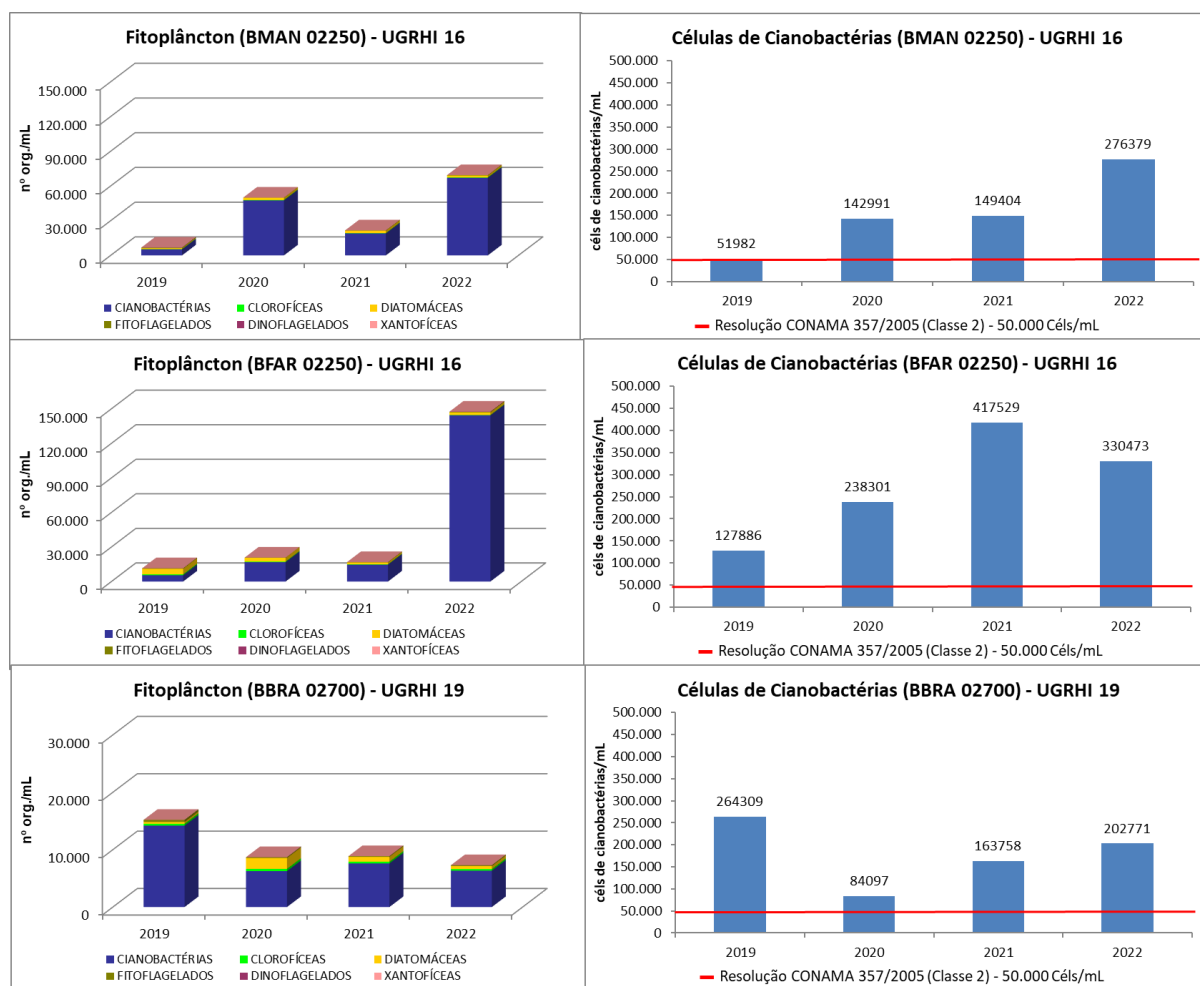
Com relação ao Fósforo Total, nos três pontos amostrados, pelo menos em metade das campanhas foi ultrapassado o limite de 0,030 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para ambientes lênticos, Classe 2. Os resultados do Fósforo Total em 2022 ficaram acima da média para os anos anteriores (2020 e 2021).

As concentrações de Clorofila a ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 de 30 µg/L em pelo menos metade das campanhas nos pontos amostrados. Todos os três pontos, apresentaram em 2022 a concentração de Clorofila a superior à média histórica.

A Figura 7.25 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplancônica e de Número de Células de Cianobactérias nos três Braços no período de 2019 a 2022. Vale ressaltar que em 2019 a média foi calculada com apenas duas amostragens, pois o monitoramento teve início em outubro. De modo geral, a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa ao longo dos quatro anos, mas as médias anuais variaram amplamente no Braço do Rio Barra Mansa e no Braço do Ribeirão Fartura. As médias anuais do Número de Células

de Cianobactérias estiveram acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todos os anos amostrados, nos três pontos.

Figura 7.25 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), Braço do Ribeirão Santa. Bárbara (BBRA 02700) – 2019 a 2022.



O Quadro 7.13 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias nos pontos do Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250), Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250) e Braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) entre 2019 a 2022, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as considerações relevantes.

Quadro 7.13 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (céls/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2021 e 2022.

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (céls/mL)	Maior valor NCC do ano (céls/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	<i>Ceratium</i>	Considerações
BMAN 02250 - UGRHI - 16	2021						Piora Quanto ao NCC e Densidade da comunidade.
	4	21.624	149.404	199.695 (junho) 89% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	4	69.373	276.379	358.546 (janeiro) 57% das células - <i>Filamentosa ni</i> ⁽²⁾	0	A	
BFAR 02250 - UGRHI - 16	2021						Melhora Quanto ao maior valor de NCC. Piora Densidade da comunidade.
	4	16.903	417.529	1.263.696 (agosto) 96% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	A	
	2022						
	4	147.496	330.473	606.084 (janeiro) 82% das células - <i>Filamentosa ni</i> ⁽²⁾	0	P	
BBRA 02700 - UGRHI - 19	2021						Alterações não significativas
	4	8.876	163.758	311.606 (agosto) 84% das células - <i>Microcystis</i> ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	5	7.295	202.771	441.173 (janeiro) 95% das células - <i>Aphanocapsa</i> ⁽²⁾	0	A	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 céls/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.14 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no Braço do Rio Barra Mansa (BMAN 02250), no Braço do Ribeirão Fartura (BFAR 02250) e no Braço do Ribeirão Sta. Bárbara (BBRA 02700).

Elevadas densidades de cianobactérias, principalmente do gênero *Microcystis* podem estar relacionadas com as concentrações acima do limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para a microcistina observadas tanto em 2021 quanto em 2022 nos pontos BFAR 02250 quanto BBRA 02700, embora as amostras tenham sido de água bruta.

Quadro 7.14 – Concentração de cianotoxinas no Braço do Rio Barra Mansa, no Braço do Ribeirão Fartura e no Braço do Ribeirão Santa. Bárbara – 2021 e 2022.

Ano	MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
BMAN 02250												
2022	0,15	3,12	0,98	0,16	0,32	0,02	< 0,02	0,07	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05
BFAR 02250												
2021	0,21	0,63	3,61	1,17	0,03	< 0,02	< 0,02	0,06	NA	NA	NA	NA
2022	0,16	6,60	3,50	0,34	0,10	0,02	< 0,02	0,10	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
BBRA 02700												
2021	NA	NA	NA	3,95	NA	NA	NA	0,06	NA	NA	NA	NA
2022	0,33	2,28	1,73	2,07	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,04	0,05	0,06	NA	0,06

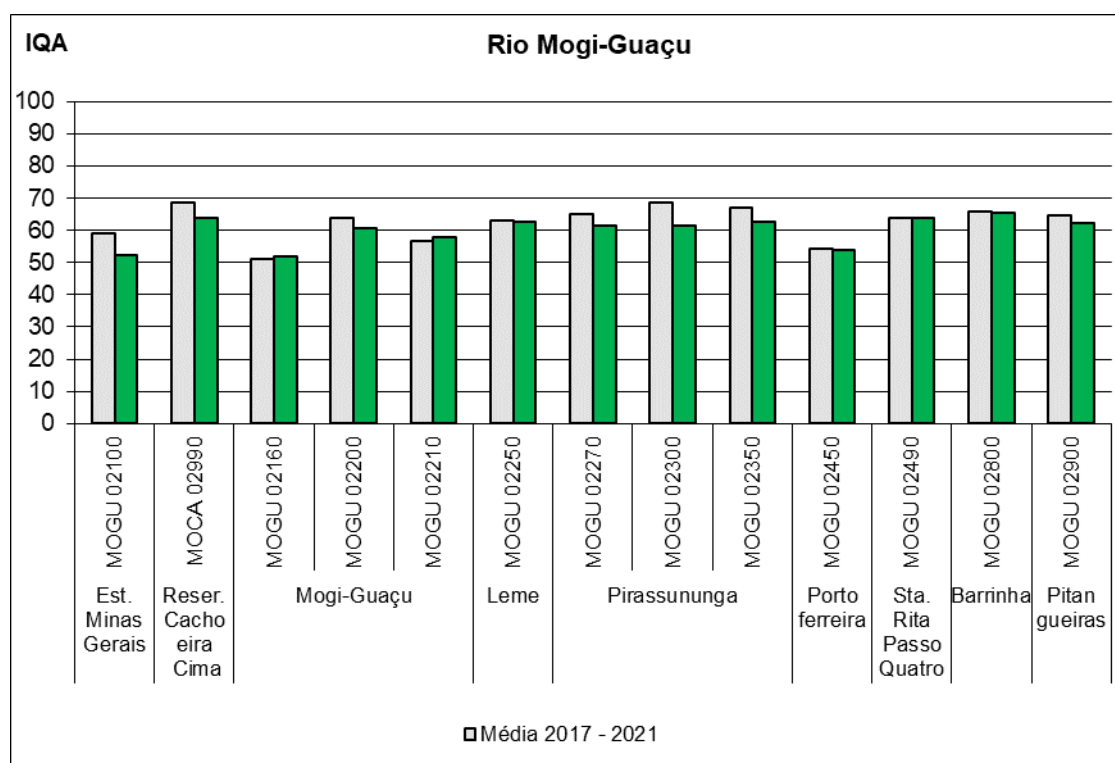
Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

■ Atendeu/ ■ Não atendeu; NA: Não analisada

7.8. UGRHI 9 – MOGI-GUAÇU

A qualidade da água no Rio Mogi-Guaçu, avaliada pela média anual IQA, foi classificada na categoria Boa em 2022, posicionando-se no mesmo patamar da média histórica para maioria dos pontos, desde a sua nascente no estado de Minas Gerais até a sua foz, no município de Pitangueiras (Gráfico 7.51).

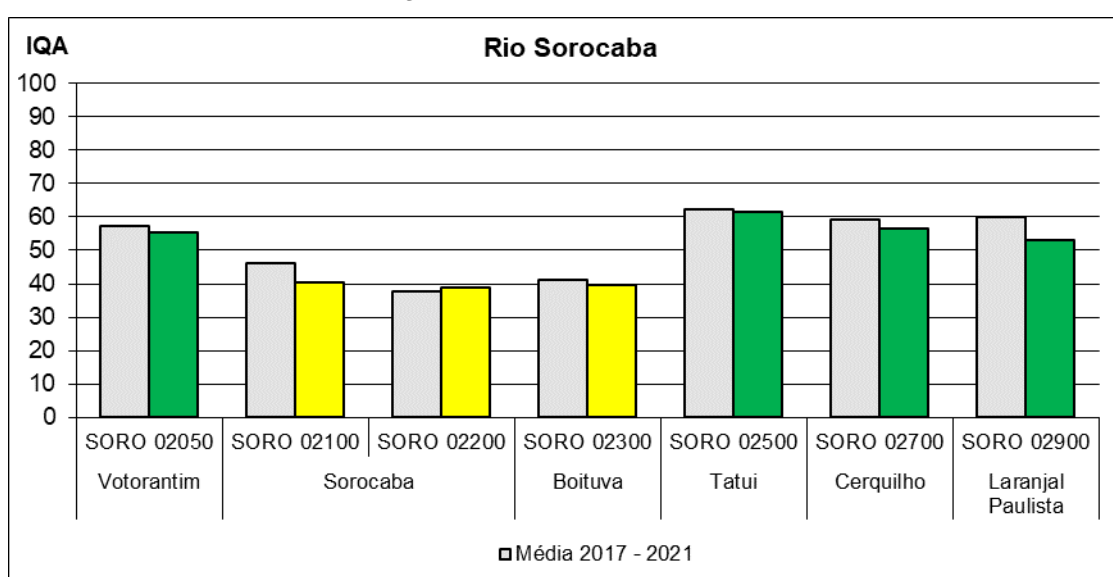
Gráfico 7.51 – Perfil do IQA no Rio Mogi-Guaçu em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.9. UGRHI 10 – SOROCABA / MÉDIO TIETÊ

7.9.1. Rio Sorocaba

O perfil do IQA do Rio Sorocaba em 2022 pode ser visualizado no Gráfico 7.52. A classificação do IQA manteve a categoria Boa e Regular em todos os trechos, igualmente ao observado nos últimos 5 anos, com exceção do trecho a jusante da confluência com o Rio Pirajibú (SORO 02200), que melhorou a sua qualidade a passou para a categoria Regular.

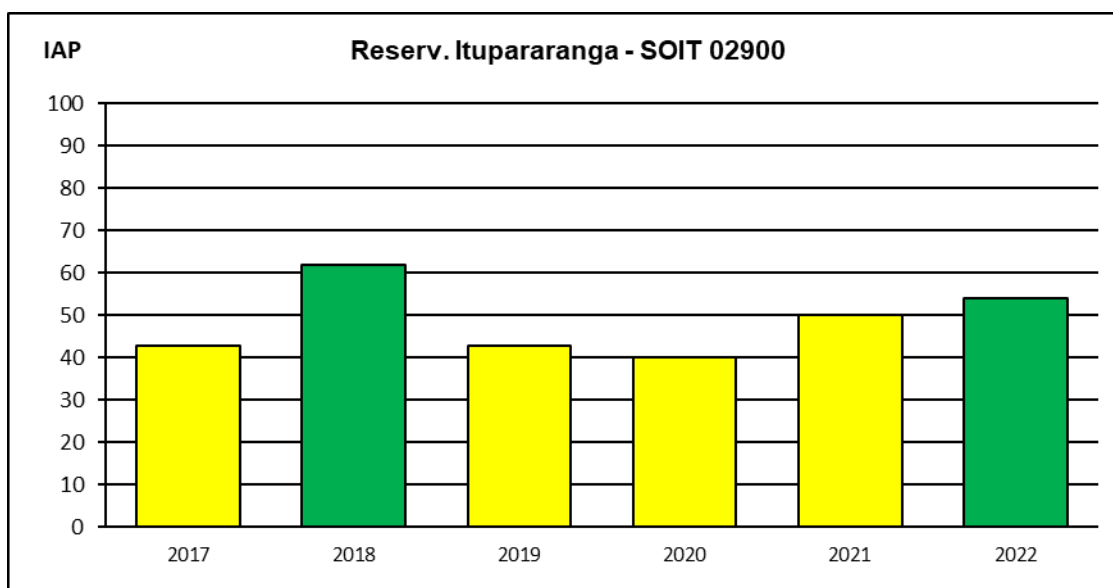
Gráfico 7.52 – Perfil do IQA no Rio Sorocaba em 2022 e nos últimos 5 anos.



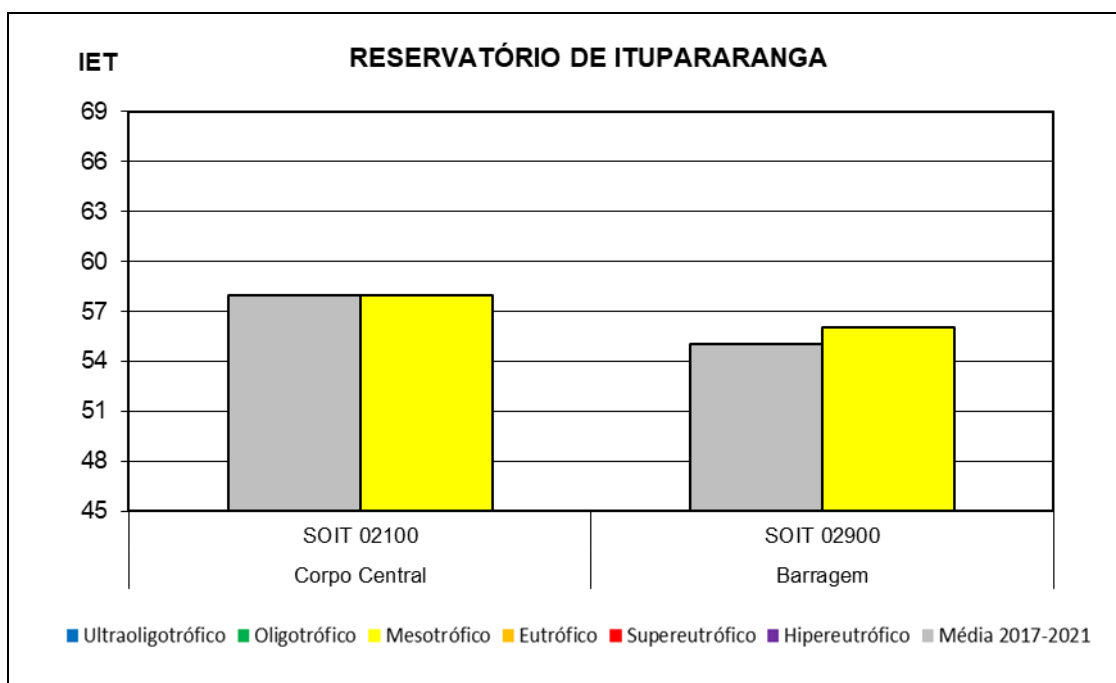
No final de 2022 foi inaugurada a Estação Automática Sorocaba, no Rio Sorocaba, junto à captação do SAAE para tratamento na ETA Vitória Régia e abastecimento de Sorocaba. Devido ao pequeno período de operação de 2022, a estação não foi contabilizada para este ano, entretanto, a evolução das variáveis medidas pode ser consultada no Apêndice S.

7.9.2. Reservatório Itupararanga

O Gráfico 7.53 apresenta o histórico, do período de 2017 a 2022, das médias anuais do IAP no Reservatório Itupararanga, localizado na UGRHI 10, no ponto SOIT 02900, próximo à barragem. A qualidade da água em Itupararanga, que se manteve na categoria Regular no período de 2019 a 2021, apresentou uma melhora em 2022, mudando a sua classificação de Regular para Boa influenciada pela redução no número de células de cianobactérias, de 126.964 céls/mL, em 2021, para 105.092 céls/mL, em 2022.

Gráfico 7.53 – Classificação do IAP no Reservatório de Itupararanga entre 2017 a 2022.

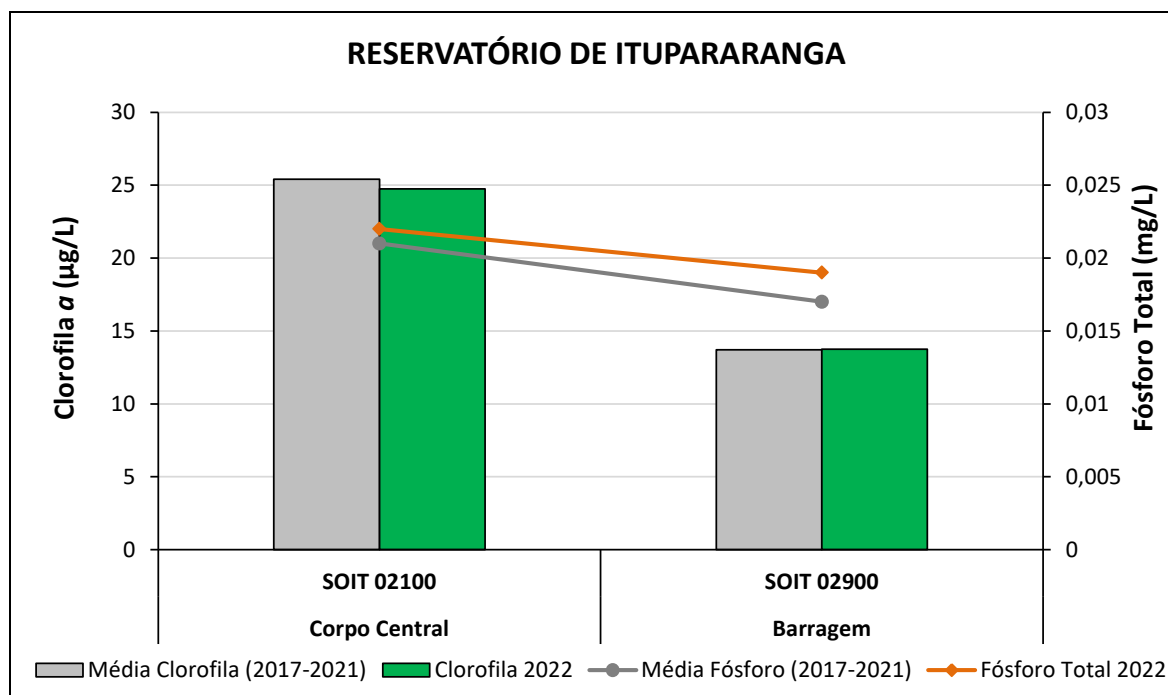
O Gráfico 7.54 apresenta a média anual IET, em 2022 e a média do período de 2017 a 2022 no Reservatório Itupararanga para os pontos SOIT 02100 e SOIT 02900. Para o ponto SOIT 02100 os dados de 2020 não estão disponíveis para o cálculo da média histórica, devido a restrições nas amostragens decorrentes da pandemia de Covid-19.

Gráfico 7.54 – Valor da média anual do IET no Reservatório de Itupararanga em 2022 e a média dos últimos 5 anos.

Segundo o IET, os dois pontos do Reservatórios de Itupararanga (SOIT 02100 e SOIT 02900), foram classificados pela média anual como Mesotróficos. Nos dois pontos monitorados, a média anual foi igual para o SOIT 02100 e ligeiramente superior para o SOIT 02900 em relação à média histórica.

O Gráfico 7.55 apresenta a média anual das concentrações de Clorofila *a* e de Fósforo Total, em 2022 e no período de 2017 a 2021 no Reservatório Itupararanga.

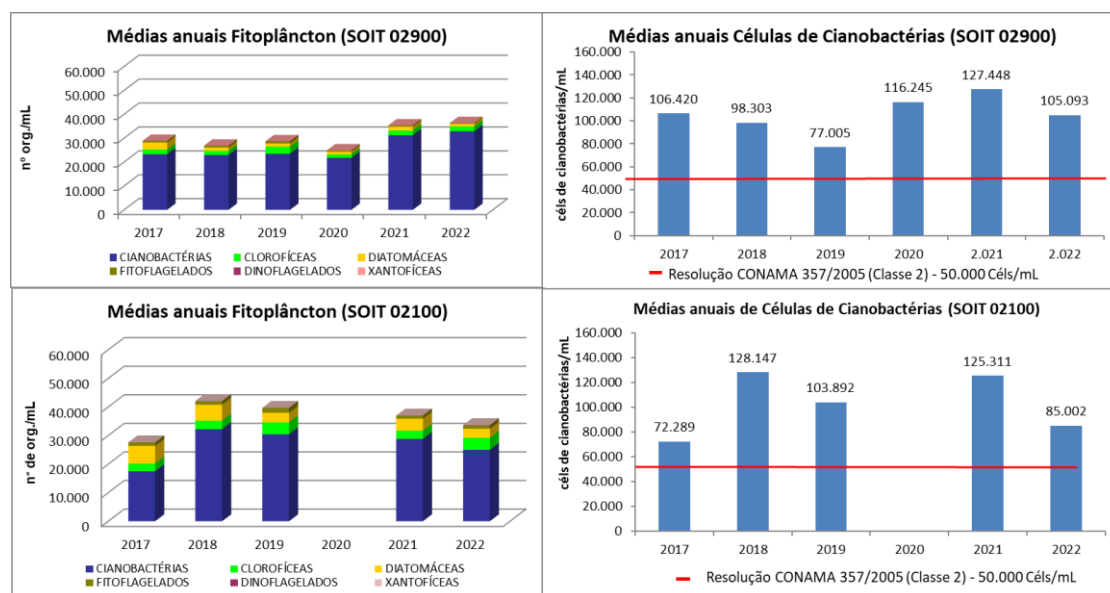
Gráfico 7.55 – Perfil da média anual da Clorofila *a* e Fósforo Total no Reservatório de Itupararanga em 2022 e nos últimos 5 anos.



Em ambos os pontos de amostragem em 2022, a concentração de Fósforo Total, com exceção do mês de dezembro para o SOIT 02100, não superou o limite de 0,030 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas Classe 2, com a média anual ligeiramente superior à média histórica. A concentração média anual de Clorofila *a* foi praticamente igual à média histórica e não foi superado o limite de 30 µg/L em nenhuma das campanhas de amostragem, em ambos os pontos, embora o ponto SOIT 02100 esteja muito próximo ao limite superior da classificação atual.

A Figura 7.26 apresenta os gráficos das médias anuais das Densidades da Comunidade Fitoplancônica e de Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga no período de 2017 a 2022. De modo geral a distribuição dos grandes grupos não sofreu alteração significativa. As médias anuais do Número de Células de Cianobactérias continuam acima do estabelecido para Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 7.26 – Média anual da composição da Comunidade fitoplanctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – Reservatório Itupararanga – 2017 a 2022.



Observação: No ponto SOIT 02100, em 2020, houve coleta apenas em março em função da Pandemia do COVID 19.

O Quadro 7.15 apresenta os resultados significativos de Densidade da Comunidade Fitoplanctônica, Número de Células de Cianobactérias no Reservatório Itupararanga em 2022, comparado ao ano anterior, registros de Presença/Ausência do dinoflagelado exótico e invasor *Ceratium* e as considerações relevantes.

Quadro 7.15 – Resultados de densidade de organismos (org/mL), de Células de Cianobactérias (cél/mL), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença/ausência de *Ceratium*. Comparação entre 2021 e 2022. Reservatório Itupararanga.

	Coleta por ano	Média anual (org/mL)	Média anual NCC (cél/s/mL)	Maior valor NCC do ano (cél/s/mL)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão para NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 ⁽¹⁾	Ceratium	Considerações
SOIT 02100	2021						<u>Melhora</u> Quanto ao NCC e Densidade da comunidade.
	4	35.960	127.448	228.461 (dezembro) 66% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	25	P	
	2022						<u>Piora</u> Quanto ao atendimento à Resolução CONAMA nº 357/2005
	4	33.645	85.002	111.778 (março) 41% das células - <i>Raphidiopsis</i> e 39% filamentosa ni. ⁽²⁾	0	A	
SOIT 02900	2021						Sem alterações significativas
	4	36.952	125.311	180.171 (julho) 80% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	P	
	2022						
	4	36.290	105.093	210.854 (março) 52% das células - <i>Raphidiopsis</i> ⁽²⁾	0	P	

Legenda: org/mL - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célula/mL - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

⁽¹⁾ **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2 (50.000 célula/mL).

⁽²⁾ Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O Quadro 7.16 apresenta os resultados de microcistina (MC), saxitoxina (STX) e cilindrospermopsina (CYN) nas amostras de água bruta analisadas em 2021 e 2022 no ponto do Reservatório Itupararanga, SOIT 02900. Os destaques em verde correspondem ao atendimento aos padrões para água tratada estabelecidos para cianotoxinas na Portaria GM/MS nº888/2021.

Foram ultrapassados os limites de número de células de cianobactérias, notadamente do gênero *Raphidiopsis* (potencial produtor de saxitoxina e cilindrospermopsina) no Reservatório Itupararanga em 2022, sendo observada a presença constante de saxitoxina, embora em concentrações abaixo de 1,0 µg/L.

Quadro 7.16 – Concentração de cianotoxinas – Reservatório Itupararanga - 2021 e 2022.

Ano	MC ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				STX ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				CYN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SOIT 02100												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,20	0,36	0,42	0,30	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05
SOIT 02900												
2021	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,31	0,33	0,60	0,25	NA	NA	NA	NA
	< 0,15				0,25				NA			
2022	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	0,32	0,23	0,40	0,28	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05

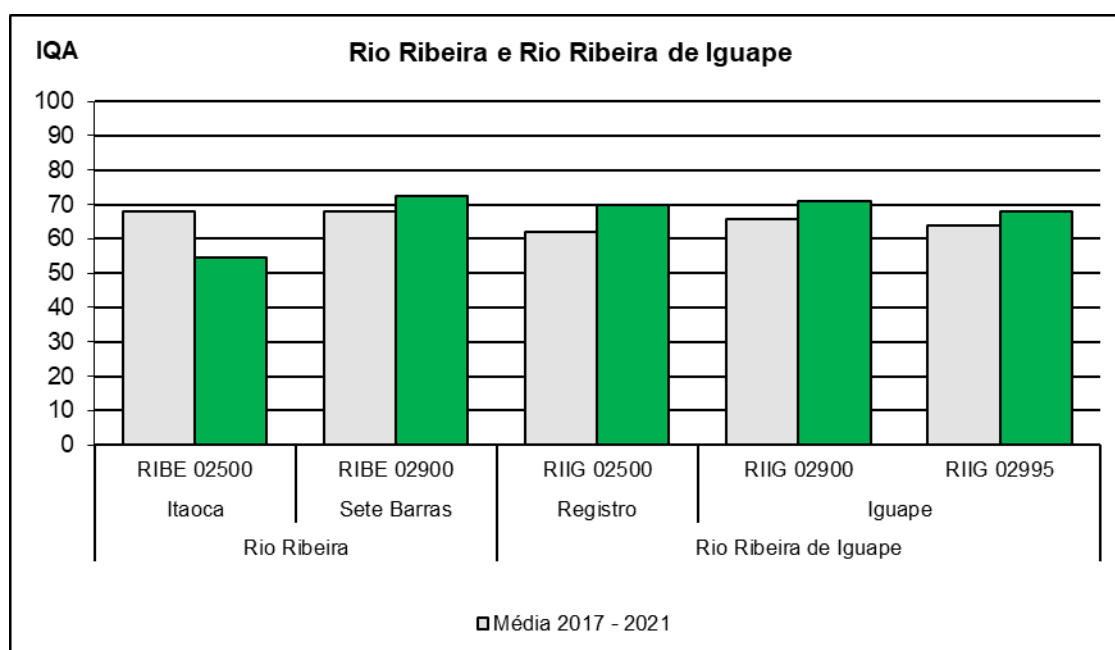
Limite de quantificação: MC < 0,15 $\mu\text{g/L}$; STX < 0,02 $\mu\text{g/L}$; CYN < 0,05 $\mu\text{g/L}$

Padrão para água tratada (Portaria GM/MS 888/2021): MC 1,0 $\mu\text{g/L}$; CYN 1,0 $\mu\text{g/L}$; STX 3,0 $\mu\text{g/L}$

Atendeu/ Não atendeu; NA: Não analisado

7.10. UGRHI 11 – RIBEIRA DE IGUAPE/LITORAL SUL

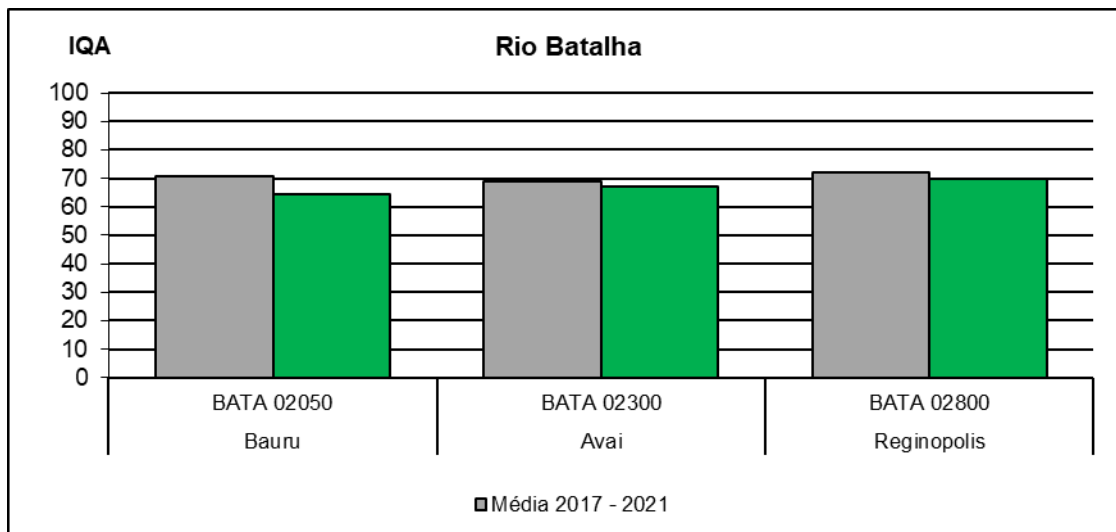
O perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguaape em 2022 e nos últimos 5 anos pode ser visualizado no Gráfico 7.56. A qualidade da água manteve a classificação Boa para ambos os corpos de água, com valores acima da média histórica de 5 anos, com exceção do ponto no Rio Ribeira em Itaoca, que apesar de manter a classificação Boa, apresentou uma variação significativa em relação à média, influenciado por aumentos na concentração de *E. coli* e na Turbidez.

Gráfico 7.56 – Perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguaape em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.11. UGHRI 16 – TIETÊ/BATALHA

O perfil do IQA em 2022 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha pode ser visualizado no Gráfico 7.57. A qualidade da água ao longo da calha desse rio manteve-se na categoria Boa e próxima da média histórica.

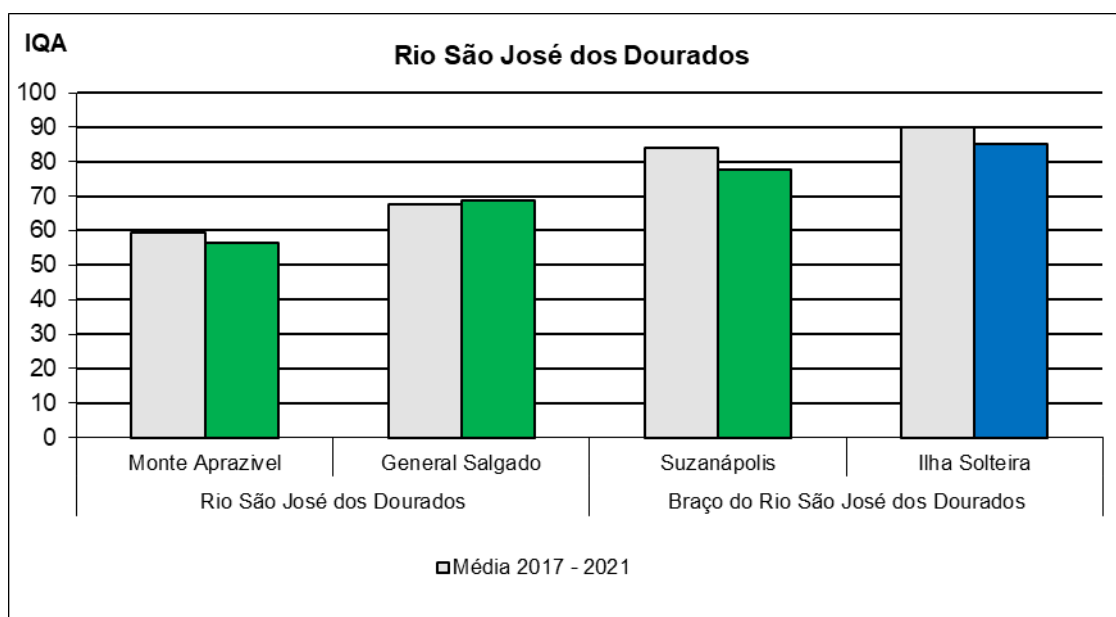
Gráfico 7.57 – Perfil do IQA em 2022 e nos últimos 5 anos no Rio Batalha.



7.12. UGRHI 18 – SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

O perfil do IQA no Rio São José dos Dourados em 2022 e nos últimos 5 anos pode ser visualizado no Gráfico 7.58. A qualidade ao longo da calha, assim como nos braços variou entre as categorias Boa e Ótima, mantendo-se próximo da média histórica dos últimos cinco anos.

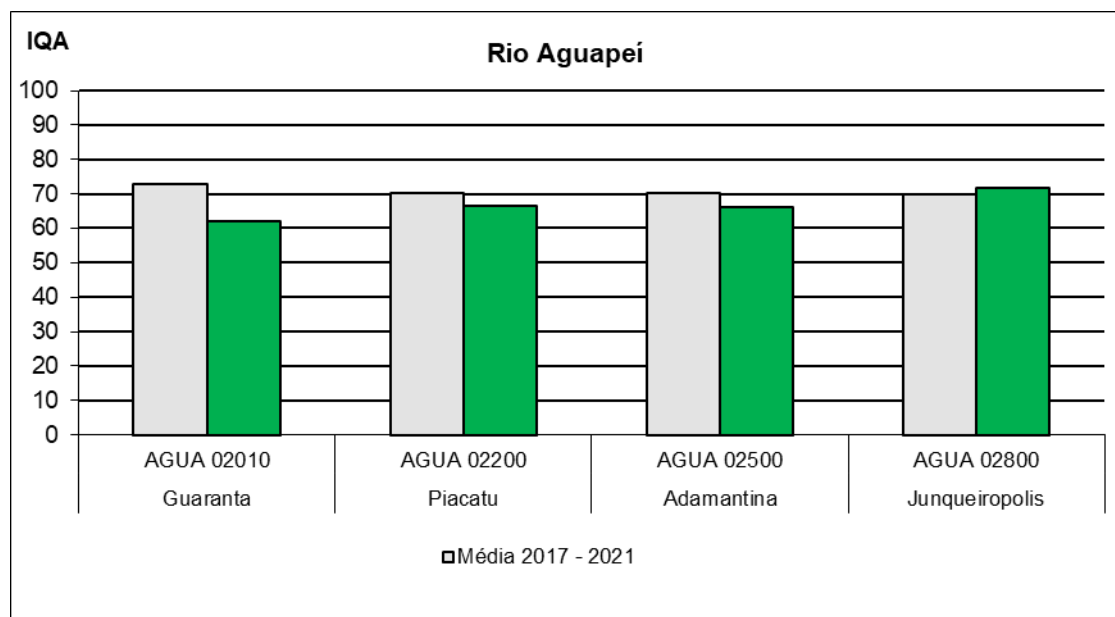
Gráfico 7.58 – Perfil do IQA no Rio São José dos Dourados em 2022 e nos últimos 5 anos.



7.13. UGRHI 20 – AGUAPEÍ

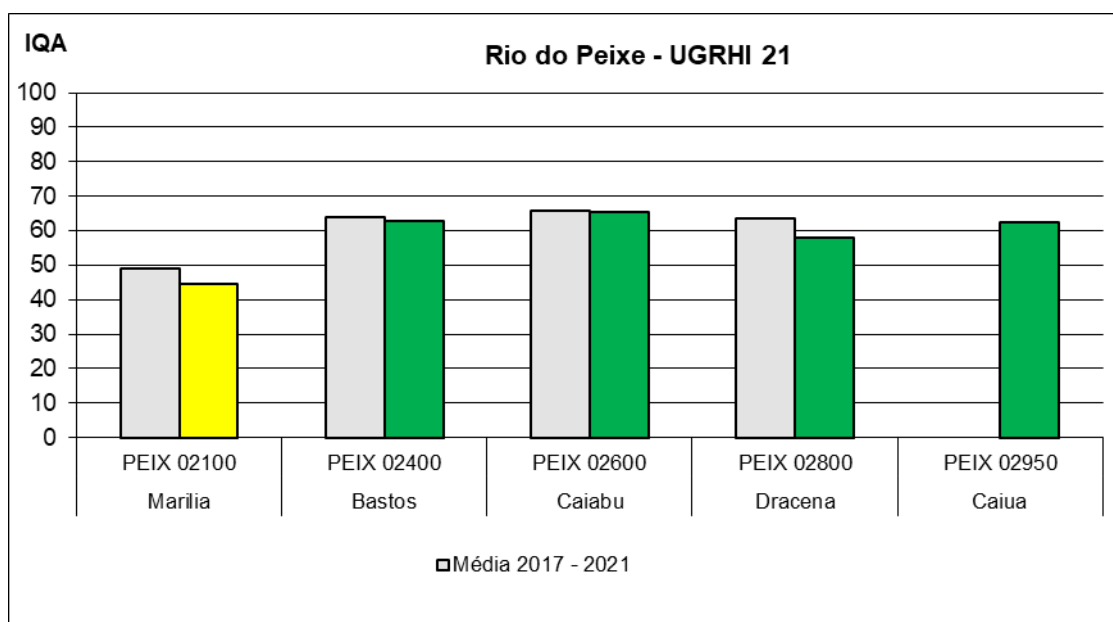
A qualidade da água ao longo do trecho monitorado em 2022 foi classificada na categoria Boa, de acordo com o IQA, se mantendo próxima à média dos últimos 5 anos, com exceção do na cabeceira em Guarantã que, mesmo se mantendo na classe Boa, apresentou variação significativa devido às concentrações de COT, que foram mais elevadas nas campanhas de agosto e novembro (Gráfico 7.59).

Gráfico 7.59 – Perfil do IQA no Rio Aguapeí em 2022 e nos últimos 5 anos.



7.14. UGRHI 21 – PEIXE

O perfil do IQA no Rio do Peixe em 2022 pode ser visualizado nos Gráfico 7.60. A qualidade da água nos trechos que atravessam os municípios de Bastos, Caiabu, Dracena e Caiua manteve a categoria Boa, e próxima da média dos últimos 5 anos. Já no trecho em Marília, a qualidade manteve a categoria Regular e ligeiramente abaixo da média histórica, influenciada por concentrações médias mais elevadas de COT e de *E. coli* em relação a 2021, possivelmente decorrente da carga orgânica remanescente oriunda de Marília, que tem porcentagem nula para o tratamento dos esgotos gerados nesse município.

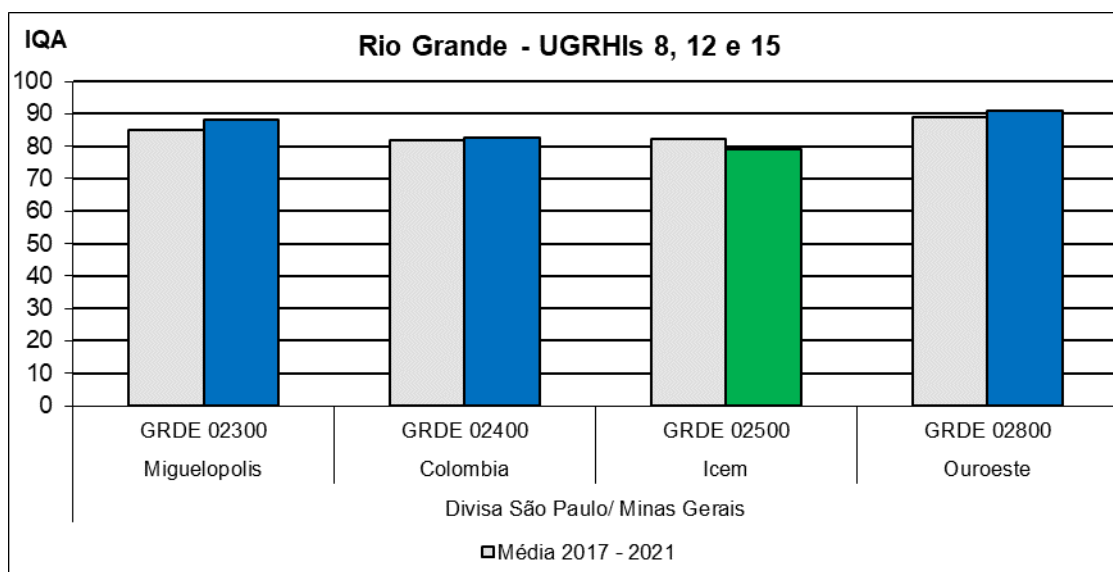
Gráfico 7.60 – Perfil do IQA no Rio do Peixe em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.15. DIVISAS DO ESTADO

7.15.1. Rio Grande – UGRHIs 08, 12 e 15

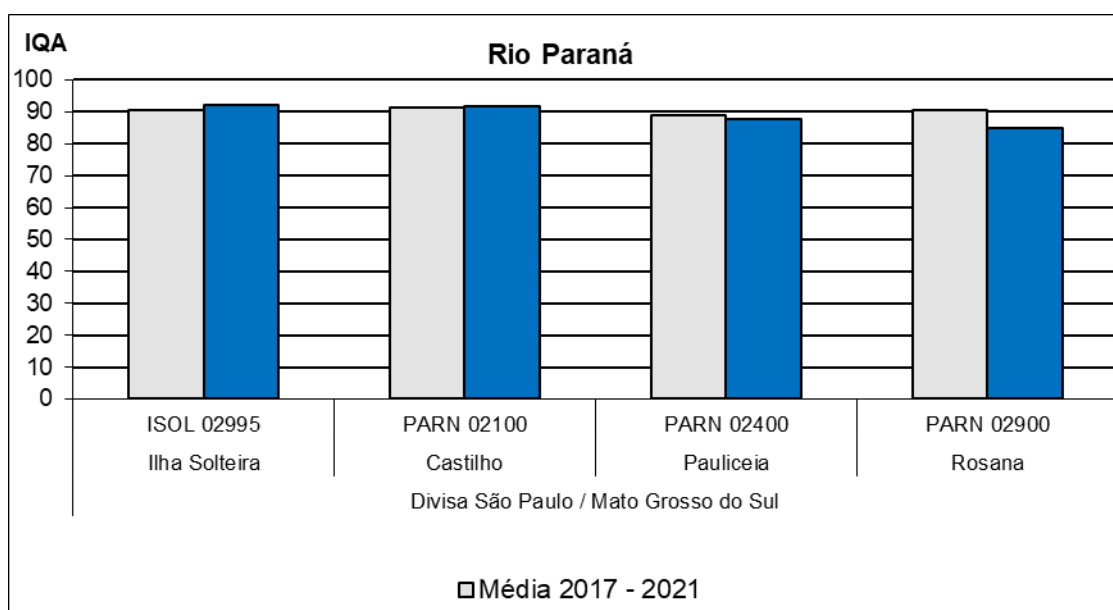
O perfil do IQA em 2022 no Rio Grande, na divisa com o Estado de Minas Gerais, pode ser visualizado nos Gráfico 7.61.

A qualidade da água desse rio, de acordo com o IQA, manteve a classificação na categoria Ótima no trecho que atravessa os municípios de Colômbia, Ouroeste e Miguelópolis de forma semelhante aos últimos 5 anos. O trecho em Icem obteve classificação Boa e no mesmo patamar da média histórica.

Gráfico 7.61 – Perfil do IQA no Rio Grande em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.15.2. Rio Paraná- UGRHs 18,19 e 22

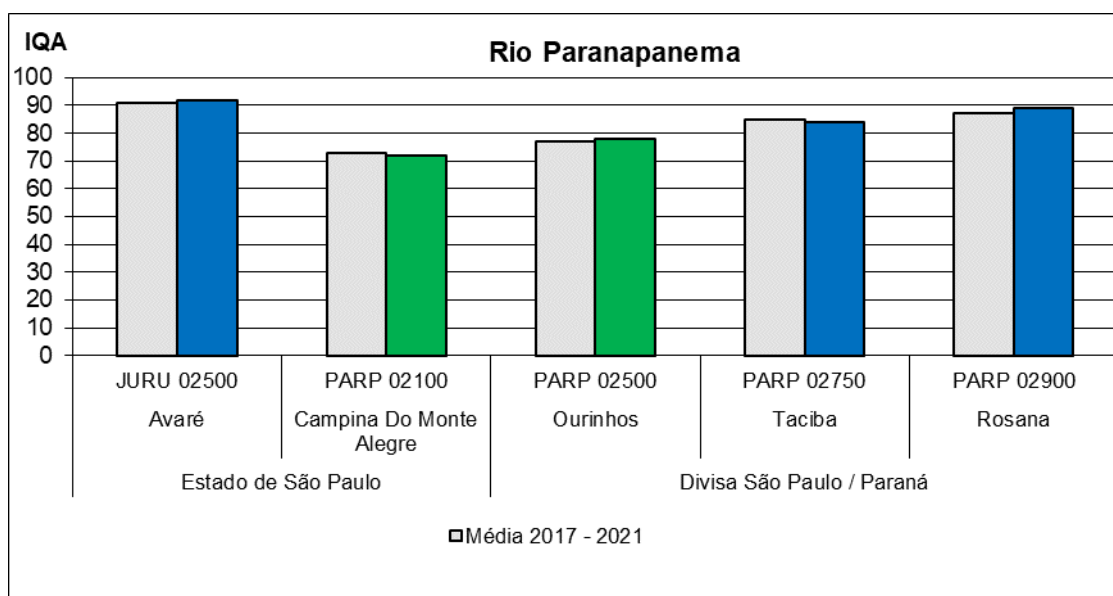
O perfil do IQA em 2022 no Rio Paraná, na divisa com o estado de Mato Grosso do Sul, pode ser visualizado nos Gráfico 7.62. A qualidade da água desse rio se apresentou na categoria Ótima em todos os trechos monitorados, se mantendo próxima da média histórica.

Gráfico 7.62 – Perfil do IQA no Rio Paraná em 2022 e nos últimos 5 anos.

7.15.3. Rio Paranapanema – UGRHs 14, 17 e 22

O perfil do IQA em 2022, no Rio Paranapanema, na divisa com o Estado do Paraná, pode ser visualizado nos Gráfico 7.63. A qualidade da água no Rio Paranapanema, avaliada pelo IQA, que indica a capacidade de autodepuração dos corpos de água, foi classificada nas categorias Boa e Ótima em todos os trechos monitorados, mantendo virtualmente a mesma média dos últimos 5 anos.

Gráfico 7.63 – Perfil do IQA no Rio Paranapanema em 2022 e nos últimos 5 anos.



8 • Qualidade dos sedimentos

Em 2022, a avaliação da qualidade do sedimento foi realizada em 27 pontos, sendo 11 em rios e 16 em reservatórios, distribuídos em onze UGRHs com diferentes usos predominantes do solo (Mapa 8.1).

A análise dos resultados do monitoramento do sedimento é realizada com base em diversas linhas de evidência: química (concentração), ecológica (comunidade bentônica), ecotoxicológica (ensaios com *Hyaella azteca* e *Chironomus sancticaroli*), de mutagenicidade (Teste de Ames), de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Microtox®), de deformidade (*Chironomus*), de eutrofização (fósforo total) e microbiológica (*Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*), para identificar fontes de contaminação por esgotos nas bacias. Os critérios utilizados no diagnóstico são apresentados no **Apêndice D**.

As tabelas com a descrição dos pontos de amostragem, os dados brutos das análises do sedimento e os diagnósticos pelas variáveis de sedimento estão nos **Apêndices A, B e L**, respectivamente.

A Tabela 8.1 apresenta os diagnósticos da qualidade dos sedimentos e seus históricos por ponto e faz uma avaliação geral da qualidade dos ambientes, integrando as informações obtidas com as análises de água.

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos

UGRHI	Ponto	Análise		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022	
										Comentários	
2	QUAR 02900 Ribeirão Araraquara	Substâncias químicas								Ambiente eutrófico, com alta influência de esgoto doméstico do município de Santa Isabel, conduzindo-o para o Reservatório do Rio Jaguari. Presença de contaminantes não analisados quimicamente, refletida no ensaio com <i>Vibrio fischeri</i> e que pode ter sido a causa da toxicidade observada para organismos planctônicos em laboratório.	
		Fósforo total									
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>									
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>								
			<i>Clostridium perfringens</i>								
	JAGJ 00350 Res. Jaguari	Substâncias químicas								O sedimento fino e orgânico é fonte interna do Fósforo que mantém o grau de trofia do reservatório (mesotrófico), somando às fontes externas (esgoto doméstico do município de Santa Isabel e da zona rural de Igaratá). A toxicidade para organismos de sedimento e água em laboratório e a baixa densidade de macroinvertebrados bentônicos no local indicam a biodisponibilidade de contaminantes. Dos contaminantes detectados em concentrações entre TEL e PEL, o Arsênio e o Chumbo podem ter origem antrópica enquanto o Crômio e o Níquel têm provável origem litológica. A baixa oxigenação da água de fundo também pode ser fator de estresse para o bentos.	
		Fósforo total									
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>									
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>								
			<i>Clostridium perfringens</i>								
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>								
			<i>Chironomus sancticaroli</i>								
Bentos											
5	ATIB 02065 Rio Atibaia	Substâncias químicas								Sedimento arenoso que não favorece a retenção de contaminantes. As variáveis investigadas nos sedimentos não indicaram problemas neste trecho do rio Atibaia, mas, segundo os resultados da água o ambiente está mesotrófico.	
		Fósforo total									
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>									
		Mutagenicidade									
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>								
			<i>Clostridium perfringens</i>								

UGRHI	Ponto	Análise	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022
									Comentários
5	IRIS 02900 Rio Pirai	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico, com influência do esgoto doméstico e da área agrícola do município de Cabreúva. A barragem para a captação favorece a retenção de elementos químicos no sedimento, incluindo o Fósforo. A comunidade bentônica do local mostra qualidade Boa e não foi observada toxicidade, apesar da presença de muitos contaminantes em concentrações entre TEL e PEL (Arsênio, Chumbo, Cobre, Crômio, Níquel e Zinco), dentre os quais o zinco que pode ser considerado de origem antrópica. Os resultados de mutagenicidade indicam a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							
	PCAB 02600 Rio Piracicaba	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico. Mesmo com sedimento arenoso, que não favoreceria a retenção de contaminantes, apresentando acúmulo de Fósforo no sedimento, cuja fonte principal deve estar associada ao esgoto doméstico, de Cobre e HPAs em concentrações acima de TEL. O Zinco, presente em concentrações abaixo de TEL, e o Cobre, são de origem antrópica. As condições são desfavoráveis para a biota aquática. Os resultados de mutagenicidade indicam a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							
6	LGAL 02500 Lago da Vila Galvão	Substâncias químicas							Presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos em concentrações entre TEL e PEL, aparentemente não disponíveis já que não causaram efeito para organismos bentônicos em laboratório. A presença de coliformes indica aporte de dejetos animais.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							
	NOVA 00800 Reservatório Ponte Nova	Substâncias químicas							Sedimento fino e orgânico com acúmulo de Fósforo. As fontes de Chumbo, detectado em concentrações acima de PEL, podem ser agrotóxicos e fertilizantes. Ambiente da região profunda mostrou-se desfavorável para a biota aquática.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							
	PATI 00700 Reservatório de Paraitinga	Substâncias químicas							Sedimento de qualidade Boa, mas com presença de Chumbo (entre TEL e PEL).
		Fósforo total							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticarioli</i>						
		Bentos							

UGRHI	Ponto	Análise	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022
									Comentários
6	PEBA 00200 Reservatório Tiaçupeba	Substâncias químicas							Sedimento fino e orgânico com acúmulo de Fósforo, que atua como uma potencial fonte interna para o processo de eutrofização. Cobre e Zinco detectados, em concentrações acima de PEL e de origem antrópica, podem estar biodisponíveis e serem responsáveis pelo efeito agudo observado em ensaio de laboratório com organismos bentônicos. O Crômio e o Níquel detectados em concentrações entre TEL e PEL têm provável origem litológica, enquanto Arsênio, Cádmio, Chumbo e Mercúrio tem origem antrópica. Dioxinas & furanos e HPAs também ocorreram em concentrações acima TEL. A comunidade bentônica local desenvolve-se com predominância dos organismos tolerantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
		Bentos							
	PEBA 00900 Reservatório Tiaçupeba	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico, com sedimento fino, orgânico e com acúmulo de Fósforo, que atua como uma potencial fonte interna para o processo de eutrofização. A origem desse Fósforo deve estar associada a esgotos domésticos e uso de fertilizantes na região do Cinturão Verde, localizada a montante. Apesar de terem sido detectados contaminantes em concentrações acima de TEL e de PEL (Cobre e Zinco), não foi observado efeito em ensaios de laboratório com amostras de água (organismos plancônicos) e de sedimento (bentônicos), indicando que esses não estão biodisponíveis. Dentre os contaminantes inorgânicos detectados, apenas o Níquel tem provável origem litológica, enquanto Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Zinco e mesmo o Mercúrio detectado abaixo do TEL, são considerados de origem antrópica. Os resultados de mutagenicidade indicam a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
		Bentos							
	PIRE 02900 Ribeirão Pires	Substâncias químicas							Sedimento de qualidade Ótima para substâncias químicas, mas o alto percentual de areia, que não favorece o acúmulo de contaminantes, retratou o período amostrado (verão). Mesmo assim os sedimentos mostraram a alta carga de esgoto doméstico que este corpo de água recebe. A comunidade bentônica mostrou haver condições restritivas para a colonização, como a baixa concentração de OD na água de fundo.
		Fósforo total							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
		Bentos							
	RGDE 02030 Reservatório do Rio Grande	Substâncias químicas							Sedimento de qualidade Péssima com acúmulo de Fósforo, provavelmente proveniente de esgotos domésticos, e de substâncias químicas potencialmente tóxicas à biota aquática acima de TEL e de PEL (Hg e Dioxinas & Furanos). Comunidade bentônica pouco diversificada com dominância de organismos tolerantes. As densidades da comunidade bentônica e a ausência de efeitos nos ensaios ecotoxicológicos sugerem a indisponibilidade dos contaminantes. Arsênio, Chumbo, Cobre, Crômio e Níquel têm provável origem litológica.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
		Bentos							
	RGDE 02200 Reservatório do Rio Grande	Substâncias químicas							Sedimento com qualidade Péssima com acúmulo de substâncias potencialmente tóxicas à biota aquática acima de TEL e de PEL (Mercúrio, Cobre e Dioxinas & Furanos) e Fósforo. A comunidade bentônica retratou condições restritivas para a colonização, como o baixo teor de OD na água de fundo. O efeito subletal observado no ensaio ecotoxicológico e a baixa densidade da comunidade bentônica indicaram a biodisponibilidade dos contaminantes. Arsênio, Crômio e Níquel em concentrações litológicas.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sancticaroli</i>						
		Bentos							

UGRHI	Ponto	Análise	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022
									Comentários
6	RGDE 02900 Reservatório do Rio Grande	Substâncias químicas							Sedimento com qualidade Péssima com acúmulo de substâncias potencialmente tóxicas à biota aquática acima de TEL e de PEL (Arsênio e Cobre) e Fósforo. A comunidade bentônica mostrou-se pouco diversificada e com organismos tolerantes, em parte devido à baixa concentração de OD na água de fundo. O efeito agudo observado no ensaio ecotoxicológico e a baixa densidade da comunidade bentônica indicaram a biodisponibilidade dos contaminantes. Arsênio, Crômio e Níquel em concentrações litológicas.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>						
	Bentos								
	TIPI 04850 Reservatório de Pirapora	Substâncias químicas							Sedimento orgânico com concentração elevada de Fósforo, cuja principal fonte deve ser o esgoto doméstico da Região Metropolitana de São Paulo. Presença de concentrações acima de PEL de vários metais (Chumbo, Cobre, Crômio, Níquel e Zinco), todos de origem antrópica, possivelmente relacionados ao efeito observado para a bactéria <i>Vibrio fischeri</i> . Arsênio, Cádmio, Mercúrio, PCBs e HPAs, que ocorreram em concentrações entre TEL e PEL também são de origem antrópica.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Bentos							
	TIVA 02700 Ribeirão da Estiva	Substâncias químicas							Sedimento de qualidade Boa, mas com presença de baixas concentrações de Arsênio, Chumbo e Crômio, que podem ter causado os efeitos observados nos ensaios realizados em laboratório. Presença de fonte de esgoto doméstico na bacia.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
<i>Chironomus sanctycaroli</i>									
Bentos									
8	GRJA 02500 Reservatório Jaguará	Substâncias químicas							Sedimentos finos e orgânico com acúmulo de Fósforo. Arsênio, Cobre, Crômio e Chumbo observados em concentrações entre TEL e PEL e Níquel acima de PEL de provável origem litológica.
		Fósforo total							
	GRJA 02650 Reservatório Jaguará	Substâncias químicas							Ambiente oligotrófico mas com sedimentos finos acumulando Fósforo, cuja fonte deve estar associada à aquicultura e agricultura localizadas a montante do ponto de coleta. Os metais observados entre TEL e PEL (Arsênio, Cobre, Crômio, Chumbo e Níquel) são de origem litológica e não devem estar biodisponíveis uma vez que não foi observada toxicidade na água e no sedimento.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>						
	Bentos								
	9	MOGU 02180 Rio Mogi-Guaçu	Substâncias químicas						
Fósforo total									
Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>									
Mutagenicidade									
Ecotoxicidade			<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>						
Bentos									

UGRHI	Ponto	Análise		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022
										Comentários
9	MOGU 02205 Rio Mogi-Guaçu	Substâncias químicas								Ambiente mesotrófico. Sedimento arenoso, que não favorece a retenção de contaminantes, embora o efeito observado no ensaio com a bactéria <i>Vibrio fischeri</i> indique a presença de algum contaminante não analisado. Comunidade bentônica alterada, com dominância de organismos tolerantes, refletindo a entrada de esgoto doméstico.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sancti-caroli</i>							
10	SOIT 02850 Reservatório Itupararanga	Substâncias químicas								Ambiente mesotrófico com baixo acúmulo de Fósforo no sedimento, embora exista fonte de esgoto doméstico. A condição Ruim para a vida aquática na região de maior profundidade é similar à observada em 2014. Dos elementos encontrados em concentrações entre TEL e PEL, apenas o Chumbo tem origem antrópica, enquanto arsênio e cromo devem ser litológicos.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
			<i>Hyalella azteca</i>							
11	CAFR 00350 Reservatório Cachoeira do França	Substâncias químicas								Ambiente mesotrófico. Sedimento com qualidade Boa. Efeito observado no ensaio com a bactéria <i>Vibrio fischeri</i> pode estar relacionado com substâncias não analisadas. O Chumbo e o Crômio detectados em concentrações entre TEL e PEL com provável origem litológica.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sancti-caroli</i>							
		Bentos								
	JUQI 00805 Rio Juquiá	Substâncias químicas								Ambiente ultraoligotrófico. Sedimento arenoso, que não favorece a retenção de contaminantes. A condição Boa para a comunidade bentônica e a ausência de efeito em ensaios ecotoxicológicos indicam que as comunidades ambiente não devem estar expostas a estressores, apesar de ter sido observado efeito mutagênico.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sancti-caroli</i>							
		Bentos								
15	BMAR 02800 Braço do Ribeirão do Marinheiro (Reservatório Água Vermelha)	Substâncias químicas								Acúmulo de Fósforo no sedimento, concentrações de Arsênio, Chumbo, Cobre e DDE entre TEL e PEL e de Crômio e Níquel acima de PEL, que podem ter causado os efeitos observados nos ensaios com a bactéria <i>Vibrio fischeri</i> e a ausência de organismos na comunidade bentônica. A fonte de Fósforo pode ser a atividade agrícola da região. Dentre os contaminantes inorgânicos detectados, apenas a concentração significativamente alta do Crômio, com possível origem litológica. Os resultados de mutagenicidade indicam a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos.
		Fósforo total								
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>								
		Mutagenicidade								
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>							
			<i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>							
			<i>Chironomus sancti-caroli</i>							
		Bentos								

UGRHI	Ponto	Análise	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2022
									Comentários
19	BBRA 02700 Braço do Ribeirão Santa Bárbara (Reservatório Nova Avanhandava)	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico. Apesar de ser um sedimento areno-argiloso, que não favorece a retenção de contaminantes, apresentou acúmulo de Fósforo, concentrações de Arsênio, Chumbo, HPA e DDE entre TEL e PEL e de Crômio e Níquel acima de PEL. A fonte de Fósforo pode ser a atividade agrícola da região. Estes contaminantes podem ter causado os efeitos observados nos ensaios com a bactéria <i>Vibrio fischeri</i> e a ausência de organismos na comunidade bentônica. O Arsênio, o Chumbo, o Crômio e o Níquel são de origem litológica.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
Bentos									
20	AGUA 02800 Rio Aguapei	Substâncias químicas							Ambiente eutrófico. Sedimento arenoso, que não favorece a retenção de contaminantes e indica um ambiente turbulento. O diagnóstico da comunidade bentônica pode ser resultado desta dinâmica, que restringe a colonização por organismos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>						
Bentos									
21	PEIX 02800 Rio do Peixe	Substâncias químicas							Ambiente supereutrófico. Sedimento arenoso, que não favorece a retenção de contaminantes e indica um ambiente turbulento. O diagnóstico da comunidade bentônica pode ser resultado desta dinâmica, que restringe a colonização por organismos. Os resultados de mutagenicidade indicam a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico	<i>Escherichia coli</i>						
			<i>Clostridium perfringens</i>						
		Ecotoxicidade	<i>Hyalella azteca</i>						
			<i>Chironomus sanctycaroli</i>						
Bentos									

Legenda:

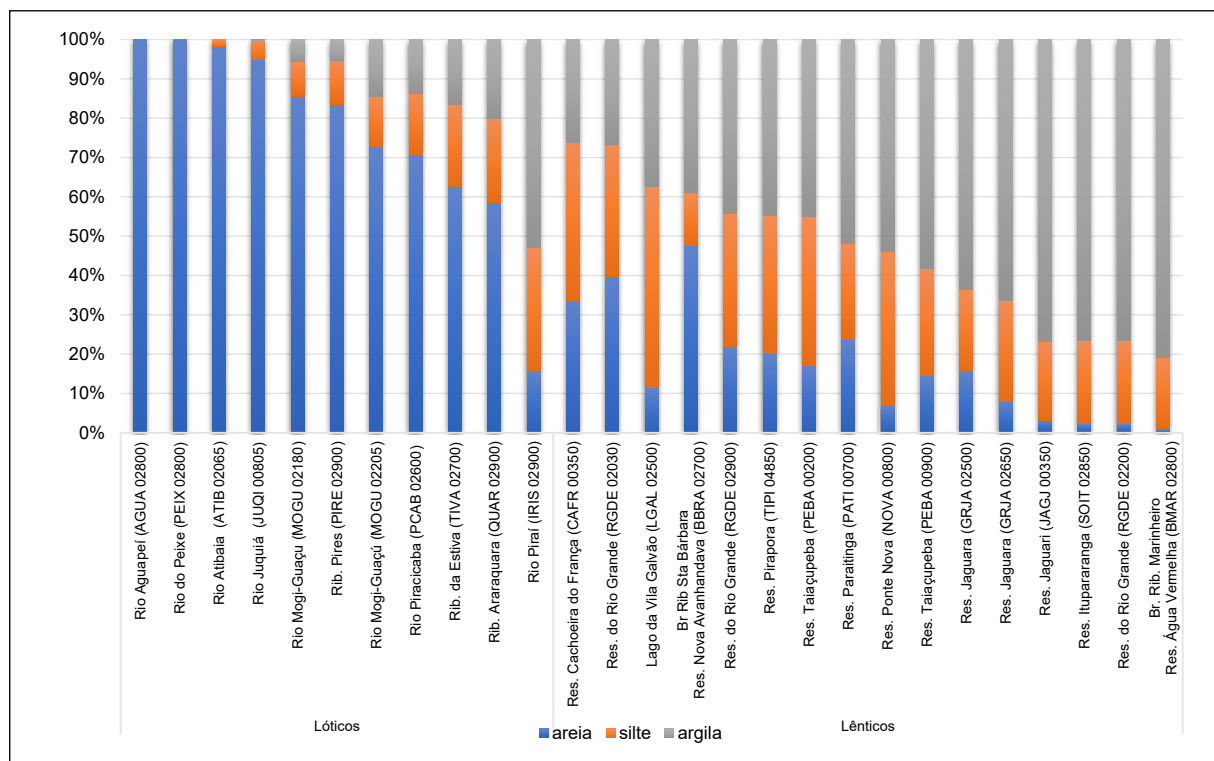
	Ótima	Boa	Regular	Ruim	Muito Ruim	Péssima
Bentos						
Demais variáveis					n.a.	

n.a. - não se aplica

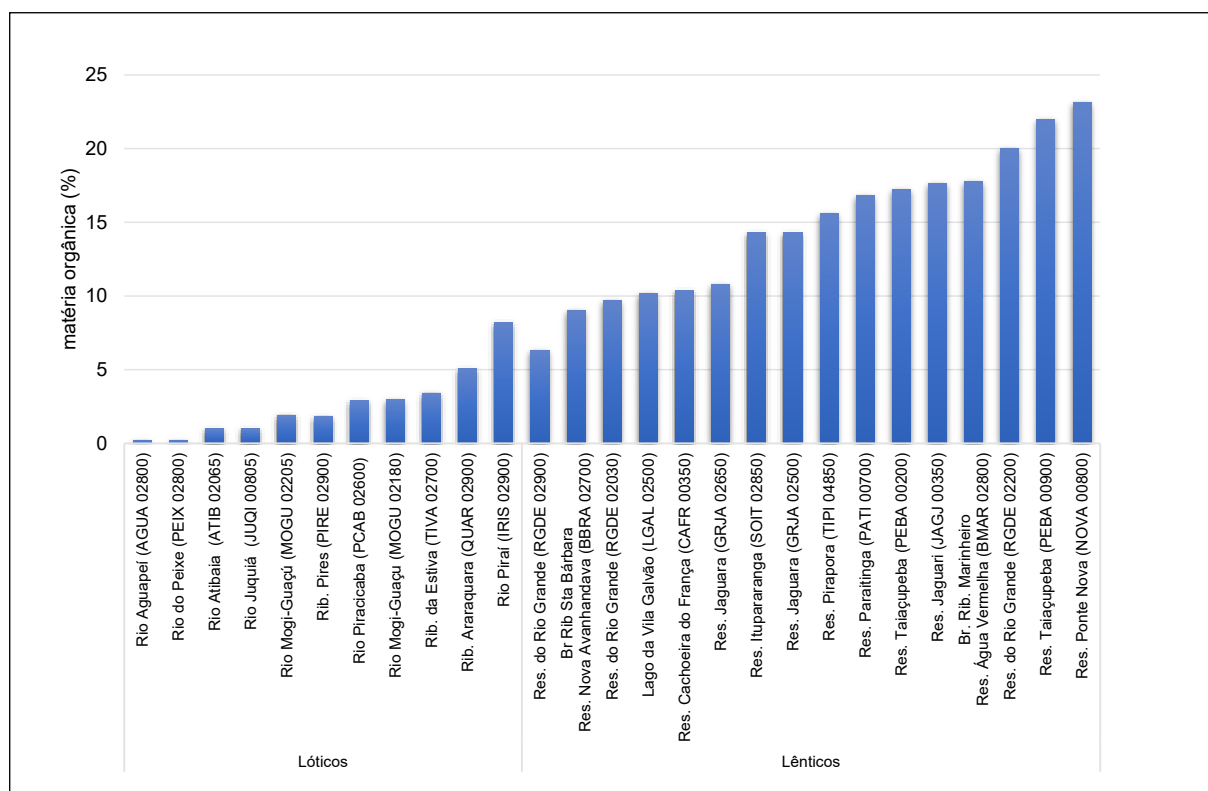
As frações granulométricas dos sedimentos retratam a dinâmica do ambiente, as influências dos usos do solo a montante e no trecho sob investigação e determinam, em parte, sua capacidade de adsorção de contaminantes e nutrientes, sendo as frações mais finas (silte e argila) as de maior afinidade com elementos químicos. Por essa razão, a granulometria é analisado nos pontos da Rede de Sedimento (Gráfico 8.1). Na maioria dos pontos situados em ambientes lóticos, os sedimentos mostraram-se predominantemente arenosos (89%), com destaque para os pontos nos rios Aguapeí, do Peixe, Atibaia, Juquiá, Mogi-Guaçu (MOGU 02180) e Ribeirão Pires, que exibiram quase exclusivamente a fração arenosa (> 75% de areia). O Rio Pirai foi o único ambiente lótico em que houve predomínio de argila (argilo-siltoso), mas o trecho amostrado localiza-se junto ao sistema de captação de água para abastecimento e, conseqüentemente, apresenta um pequeno barramento que diminui a velocidade da água, resultando em maior deposição e acúmulo das frações finas.

Em ambientes lânticos os sedimentos apresentaram-se mais finos, sendo argilosos (> 75% de argila) nos reservatórios Itupararanga, Jaguari, Rio Grande (RGDE 02200) e braço do Ribeirão do Marinheiro (Res. Água Vermelha), argilo-siltoso nos reservatórios mais próximos a áreas urbanas, como os dois pontos de coleta do Reservatório Taiaçupeba e o Lago da Vila Galvão, ou agrícolas, como os dois pontos de coleta do Reservatório Jaguara e o Reservatório Ponte Nova. Houve predomínio de areia (areno-argiloso) no braço do Ribeirão Santa Bárbara (Res. Nova Avanhandava). Nos outros ambientes, as três frações foram similares em proporção, com maior porcentagem de silte (silte-areno-lodoso) no Reservatório Cachoeira do França, areia (areno-silte-argiloso) no braço do rio Grande, no Reservatório do Rio Grande (RGDE 02030) e de argila (argilo-silte-arenoso) no corpo central do Reservatório do Rio Grande (RGDE 02900) e nos reservatórios Paraitinga e Pirapora.

Gráfico 8.1 – Características físicas dos sedimentos analisados



Outra variável importante na determinação da capacidade de adsorção de elementos químicos pelos sedimentos é o teor de matéria orgânica (porcentagem de sólidos voláteis na amostra) (Gráfico 8.2). Os sedimentos orgânicos, isto é, com valores superiores a 10% de matéria orgânica (Ungemach, 1960 *apud* ESTEVES, 2011), foram encontrados em quase todos os ambientes lânticos, com exceção do braço do Ribeirão Santa Bárbara (Res. Nova Avanhandava), braço do Rio Grande, no Reservatório do rio Grande (RGDE 02030) e corpo central do mesmo corpo de água (RGDE 02900). Ambientes lóticos, por sua dinâmica, não são propícios para a deposição e acúmulo de matéria orgânica, quando isto acontece é indicativo de ambiente com dinâmica alterada, como o Rio Pirai, ou receptor de efluentes domésticos, como o Ribeirão Araraquara.

Gráfico 8.2 – Teor de matéria orgânica (%) nos sedimentos analisados

As concentrações dos contaminantes orgânicos e inorgânicos foram comparadas com os limites em que há baixa (TEL) e alta (PEL) probabilidade de ocorrência de efeitos adversos à biota aquática, o que permite a classificação dos sedimentos em cinco categorias (**Apêndice D**). Alguns elementos em concentrações iguais ou acima de TEL ou PEL podem ser de origem natural, podendo mesmo assim causar efeito em ensaios de laboratório e na biota local. A Tabela 8.1 apresenta os pontos nos quais as concentrações ultrapassaram os limites TEL e PEL, assim como os pontos em que suas origens foram consideradas antrópicas. Alguns elementos (Zinco no Rio Piracicaba e Mercúrio no Reservatório do Taiaçupeba - PEBA 00900) foram considerados de origem antrópica mesmo em concentrações abaixo de TEL, pois as concentrações litológicas destes elementos nestas regiões são baixas. Dentre os elementos de origem antrópica, os que tiveram as maiores frequências de ocorrência nos pontos amostrados foram: Chumbo (6 pontos), Zinco (5 pontos – com um abaixo de TEL), Arsênio e Cobre (com 4 pontos cada). Na mesma tabela também é possível verificar que concentrações de metais superiores a PEL foram observadas nas UGRHs 6, 8, 15 e 19, associadas a reservatórios em regiões mais urbanizadas (Taiaçupeba, Rio Grande e Pirapora) ou à zona rural (Ponte Nova, Jaguara, Nova Avanhandava e Água Vermelha).

Tabela 8.2 – Elementos (metais e semimetais) e contaminantes orgânicos em concentrações iguais ou acima dos critérios TEL e PEL e os elementos considerados de origem antrópica

UGRHI	Corpo Hídrico	PONTOS	entre TEL e PEL	acima de PEL	Elementos de origem antrópica
UGRHI 2	Ribeirão Araraquara	QUAR 02900			
	Reservatório do Jaguari	JAGJ 00350	As, Pb, Cr, Ni		As, Pb
UGRHI 5	Rio Pirai	IRIS 02900	As, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn		Zn
	Rio Atibaia	ATIB 02065			
	Rio Piracicaba	PCAB 02600	Cu, HPA		Cu, Zn*
UGRHI 6	Reservatório de Paraitinga	PATI 00700	Pb		
	Reservatório Ponte Nova	NOVA 00800	As	Pb	Pb
	Reservatório Taiaçupeba	PEBA 00200	As, Pb, Cd, Cr, Hg, Ni, HPA, D&F	Cu, Zn	As, Pb, Cd, Cu, Zn e Hg
	Reservatório Taiaçupeba	PEBA 00900	As, Pb, Cd, Cr, Ni, HPA	Cu, Zn	As, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn e Hg*
	Ribeirão da Estiva	TIVA 02700			
	Reservatório Rio Grande	RGDE 02030	Pb, Zn, PCB	Hg, D&F	Hg, Cd
	Ribeirão Pires	PIRE 02900			
	Reservatório Rio Grande	RGDE 02200	As, Pb, Cr, Ni, Zn	Cu, Hg, D&F	Hg, Cu, Zn
	Reservatório Rio Grande	RGDE 02900	Cd, Pb, Cr, Hg, Ni, D&F	As, Cu	Hg, Cd, Cu, Zn
	Lago da Vila Galvão	LGAL 02500	As, Pb, Cr, HPA, D&F		
	Reservatório de Pirapora	TIPI 04850	As, Cd, Hg, PCB, HPA, D&F	Pb, Cu, Cr, Ni Zn	As, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Hg e Zn
UGRHI 8	Reservatório Jaguará	GRJA 02500	As, Pb, Cu, Cr	Ni	
	Reservatório Jaguará	GRJA 02650	As, Pb, Cu Cr, Ni		
UGRHI 9	Rio Mogi-Guaçu	MOGU 02180	HPA		
	Rio Mogi-Guaçu	MOGU 02205			
UGRHI 10	Reservatório Itupararanga	SOIT 02850	As, Pb, Cr		Pb
UGRHI 11	Rio Juquiá	JUQI 00805			
	Res. Cachoeira do França	CAFR 00350	Pb, Cr		
UGRHI 15	Reservatório Água Vermelha, braço Ribeirão do Marinheiro	BMAR 02800	As, Pb, Cu, DDE	Cr, Ni	
UGRHI 19	Reservatório Nova Avanhandava, braço Ribeirão Santa Bárbara	BBRA 02700	As, Pb, HPA, DDE	Cr, Ni	
UGRHI 20	Rio Aguapeí	AGUA 02800			
UGRHI 21	Rio do Peixe	PEIX 02800			

* - Considerados como de origem antrópica, mesmo abaixo de TEL.

Com relação aos contaminantes químicos orgânicos, compostos organoclorados e HPAs foram analisados em 20 pontos (exceto nos reservatórios Paraitinga, do Rio Grande e em um dos pontos de coleta do Jaguará - GRJA 02500, e nos ribeirões Pires e da Estiva). O DDE, produto da degradação do pesticida DDT, de uso proibido, foi detectado e quantificado com concentrações superiores a TEL nos braços do Ribeirão Marinheiro (Res. Água Vermelha) e do Ribeirão Santa Bárbara (Res. Nova Avanhandava), localizados em zona agrícola. HPAs ocorreram em concentrações superiores a TEL em 7 localidades. PCBs e Dioxinas & Furanos foram analisados em 24 pontos (exceto em um dos pontos do Reservatório Jaguará - GRJA 02500 e nos rios Aguapeí e do Peixe), os primeiros ocorreram em concentrações superiores a TEL em dois ambientes,

enquanto Dioxinas & Furanos superaram TEL em 4 localidades e PEL em dois pontos, ambos localizados no Reservatório do Rio Grande.

Dentre os ambientes investigados, 55,6% apresentaram concentrações classificadas como Ruim ou Péssima de Fósforo nos sedimentos, o que os tornam potenciais fontes secundárias deste nutriente no processo de eutrofização. Na maioria destes casos a fonte de Fósforo pode ser associada aos esgotos domésticos (Ribeirão Araraquara, rios Pirai e Piracicaba e reservatórios Jaguari, Taiaçupeba, Rio Grande e Pirapora). Nos reservatórios Jaguará, Ponte Nova e braços do Ribeirão Marinho (Res. Água Vermelha) e do Ribeirão Santa Bárbara (Res. Nova Avanhandava) a fonte pode estar associada às atividades agrícolas e/ou de aquicultura.

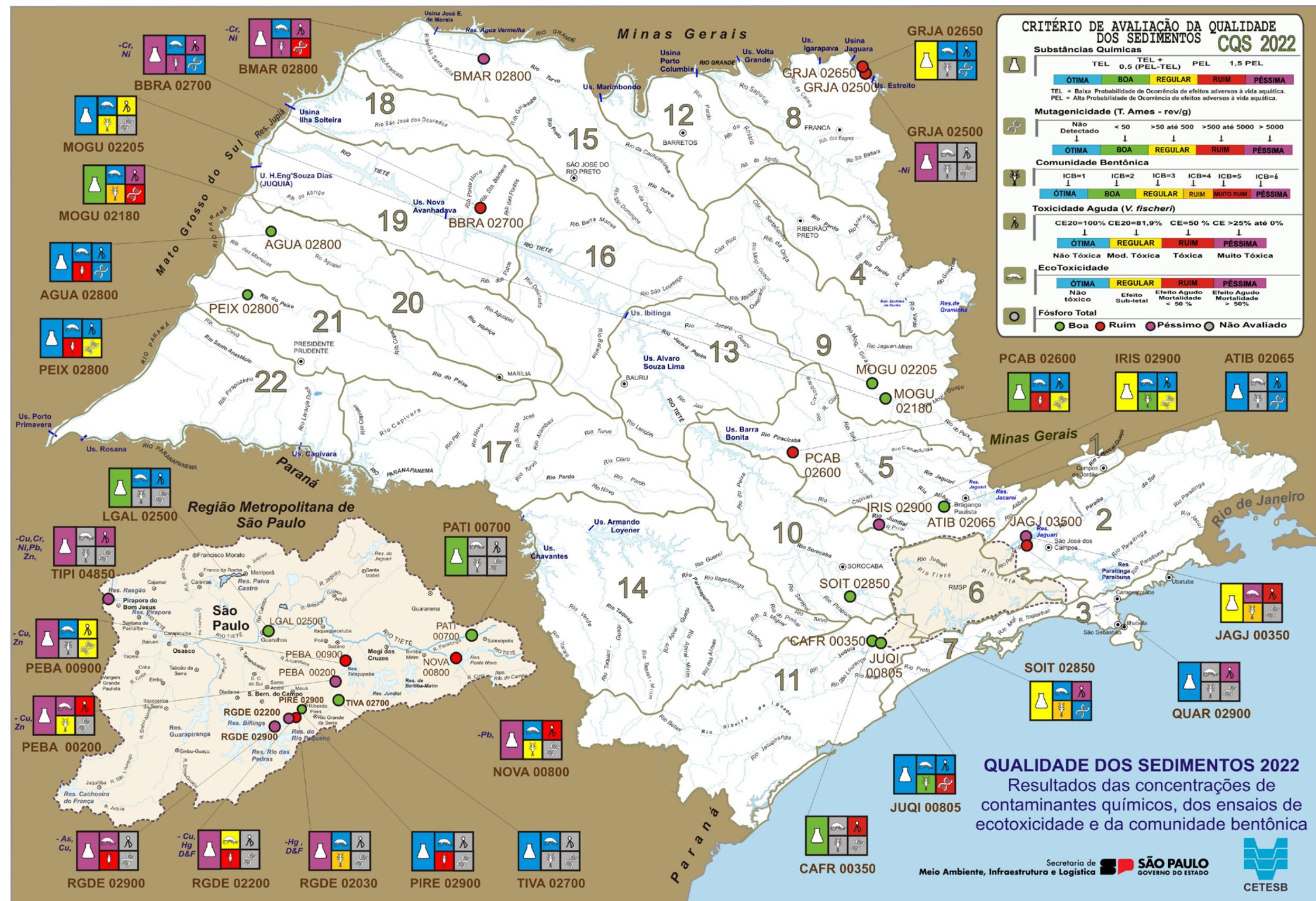
A avaliação ecotoxicológica foi realizada em 21 pontos com o organismo-teste *Hyalomma azteca* e em 19 pontos com *Chironomus sanctiparoli*. Apenas nos Reservatórios do Jaguari (JAGJ 00350), Taiaçupeba (PEBA 00900) e do Rio Grande (RGDE 02900) foi observado efeito tóxico agudo no ensaio com *H. azteca*, nos quais foram detectadas concentrações de metais entre TEL e PEL no primeiro e acima de PEL, nos outros dois pontos. No ponto RGDE 02200 localizado no reservatório do Rio Grande, foi observado efeito subletal para *H. azteca*. Os resultados indicam que os contaminantes presentes nesses locais podem estar biodisponíveis e causar efeitos adversos para a biota aquática no local. Não foram observados efeitos tóxicos nos ensaios com *Chironomus sanctiparoli*.

Com relação aos resultados de mutagenicidade, dentre as amostras de sedimento dos 12 pontos analisados em 2022, cinco apresentaram qualidade Ótima (Rio Atibaia, Rio Aguapeí, Reservatório Jaguará, Reservatório Itupararanga e Braço do Res. Nova Avanhandava). O teste de *Salmonella*/microssoma é realizado a fim de detectar os mutágenos diretos e os indiretos. Esses últimos são compostos cujos derivados apresentam atividade mutagênica somente após ativação metabólica. Nos pontos localizados no Rio Piracicaba (PCAB 02600), no Rio Pirai (IRIS 02900), no Reservatório Taiaçupeba (PEBA 00900) e no Rio do Peixe (PEIX 02800), a qualidade do sedimento foi classificada como Regular. Já as amostras de sedimento avaliadas nos pontos dos rios Mogi-Guaçu (MOGU 02180), Juquiá (JUQI 00805) e no braço do Ribeirão do Marinho (Res. Água Vermelha – BMAR 02800) foram classificadas como Ruins. Não foi possível relacionar os resultados aos compostos orgânicos investigados nesses locais. Entretanto, a resposta mutagênica indireta observada nos pontos PEBA 00900, PEIX 02800, JUQI 00805 e BMAR 02800 pode estar relacionada à presença de HPAs. Nesses locais também foi observada resposta mutagênica direta, assim como no PCAB 02600, IRIS 02900 e MOGU 02180, refletindo a concentração de outros compostos orgânicos no sedimento. É importante ressaltar que é difícil atribuir o efeito mutagênico a uma ou outra classe de contaminantes, já que os sedimentos são misturas complexas, com interações entre os compostos presentes. Os ensaios (geno)toxicológicos em geral são realizados, portanto, em complemento às análises químicas, já que identificam os efeitos adversos da amostra como um todo.

Nas 17 localidades em que foram realizados diagnósticos de qualidade pela avaliação da comunidade bentônica de áreas de deposição (margens deposicionais em rios e região profunda de reservatórios), foram registradas duas ocorrências de qualidade Péssima, em que nenhuma população desta fauna ocorreu, nos braços do Ribeirão Marinho (Res. Água Vermelha) e do Ribeirão Santa Bárbara (Res. Nova Avanhandava), locais em que ocorreram mortandades de peixes no primeiro semestre de 2022. Qualidade Muito Ruim foi obtida em 6 locais, nos trechos dos rios do Peixe e Aguapeí inseridos nos Parques Estaduais de mesmo nome, onde esta condição aparentemente esteve mais associada à dinâmica do ambiente, uma vez que o substrato

se apresentou arenoso e inorgânico, sendo portanto potencialmente inóspito para a colonização, no Rio Piracicaba e no Ribeirão Pires, provavelmente em resposta à presença de esgotos domésticos e nas duas regiões amostradas no corpo central do Reservatório do Rio Grande (RGDE 02200 e RGDE 02900), onde o enriquecimento orgânico e a presença de contaminantes químicos podem estar restringindo a colonização desta fauna. O enriquecimento orgânico/eutrofização do ambiente e/ou a presença de esgotos domésticos foi a causa mais provável para a qualidade ecológica Ruim observada no Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02180) e nos reservatórios Itupararanga e do Rio Grande (RGDE 02030). Apenas no reservatório do Rio Jaguari a baixa densidade pode estar também relacionada a presença de contaminantes, uma vez que foi observado efeito tóxico em laboratório em ensaio com seu sedimento. A qualidade ecológica Regular no rio Mogi-Guaçu (MOGU 02205), em trecho contíguo ao Parque Estadual do Rio Mogi-Guaçu, e nos reservatórios Taiaçupeba (PEBA 00200) e Ponte Nova, assim como a qualidade Boa no Rio Pirai, podem estar relacionadas à introdução de esgotos domésticos nestes ambientes. Apenas no Rio Juquiá a condição ecológica Boa não pode ser associada a nenhum estressor. Para complementar o diagnóstico químico do sedimento, em 2022, foi realizado o perfil sedimentar (análise de frações a cada 2,5 cm de sedimento), a fim de permitir a comparação das concentrações dos elementos dos sedimentos superficiais (as camadas superiores do sedimento, ou seja, a sedimentação mais recente) com os sedimentos mais antigos, de forma a verificar concentrações recentes, nos seguintes locais: reservatórios Itupararanga e Cachoeira do França e braço do Ribeirão Marinheiro (Res. Água Vermelha). A análise dos perfis sedimentares consta no **Apêndice Q**.

Mapa 8.1 – Localização e diagnósticos dos pontos da rede de sedimento em 2022.



(*) Valores > PEL: As, Cd, Cr, Cu, DDE, Hg, Ni, Pb, Zn, HAP, PCB, PCDD/F (Dioxinas e Furanos)

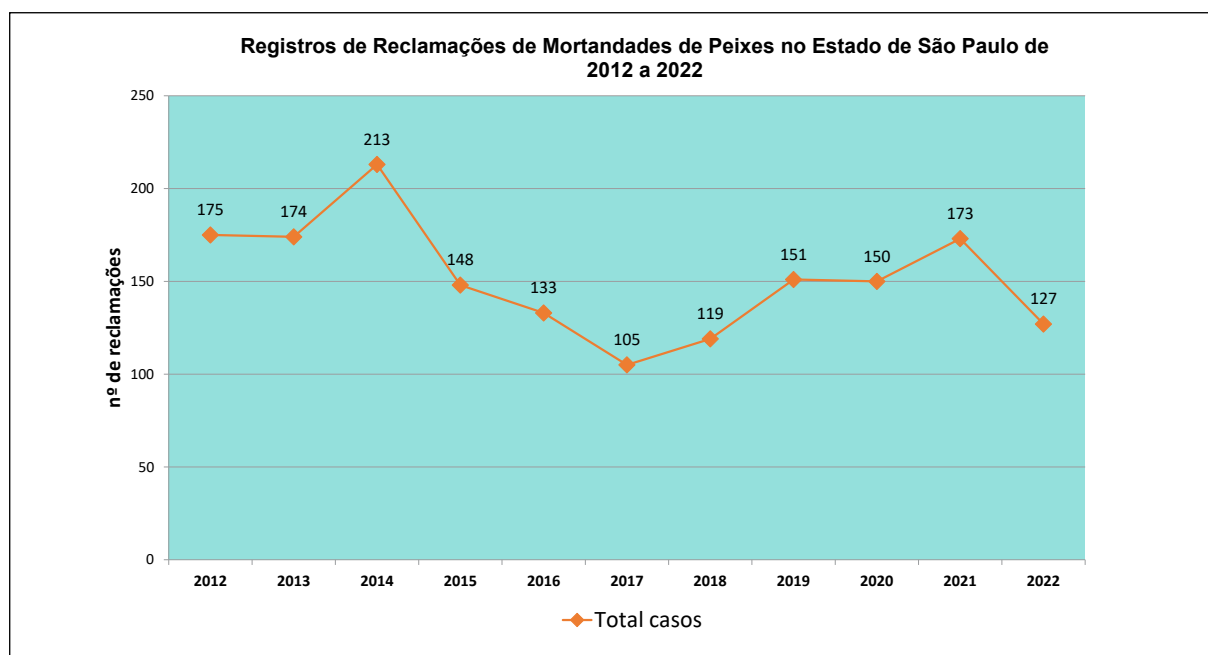
9 • Mortandades de Peixes

9.1 Registros de Mortandades de Peixes

Um evento de mortandade de peixes indica um ponto extremo de pressão no ambiente aquático, podendo incluir a morte de diversas espécies deste grupo, além de outros organismos. As mortandades estão normalmente associadas às alterações da qualidade da água, embora nem sempre seja possível identificar suas causas, o seu registro consiste em um bom indicador da suscetibilidade do corpo hídrico em relação a fontes de poluição ou outros agentes estressores, nas respectivas UGRHs. A CETESB realiza atendimento a ocorrências de mortandades de peixes por meio da ação das Agências Ambientais distribuídas em diferentes municípios do Estado e do Setor de Comunidades Aquáticas (ELHC) pertencente à Divisão de Análises Hidrobiológicas (ELH), lotado em São Paulo, na Sede.

O levantamento dos dados aqui apresentados foi baseado em registros de reclamações no Sistema de Informações sobre Fontes de Poluição (SIPOL), pelas Agências Ambientais da Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB, no acionamento do Setor de Atendimento a Emergências da CETESB, nos atendimentos realizados pelo ELHC, além de pesquisas, para identificação de reportagens, seja na mídia eletrônica ou tradicional.

Em 2022, dentre os acidentes/eventos ambientais registrados, com prejuízos à qualidade dos corpos de água, foram identificadas 127 ocorrências de mortandade de peixes e/ou outros organismos aquáticos no estado de São Paulo, atendidas pela CETESB (Sede e Agências Ambientais) e registradas pela imprensa. Houve uma queda de aproximadamente 45% em relação ao número de ocorrências verificado em 2021. Em relação ao ano de 2017, ano com menor número de registros na série monitorada, houve um aumento de cerca de 21%, e redução de 40% em relação a 2014, quando ocorreu um pico no número de ocorrências associado à crise hídrica. A evolução no número de atendimentos às reclamações de ocorrências de mortandades de peixes no período de 2012 a 2022 pode ser vista no Gráfico 9.1.

Gráfico 9.1 – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2012 a 2022 no Estado de São Paulo

Levando-se em conta os dados do período de 2012 a 2022, verifica-se que, após o pico de casos em 2014, auge da crise hídrica no estado, houve queda nos registros de mortandades de peixes. Após 2017, o número de registros tornou a aumentar gradativamente até 2021, ano em que o estado apresentou déficit hídrico, à semelhança de 2014.

A Tabela 9.1 apresenta o número de casos de mortandade de peixes atendidos pela CETESB em 2022 por UGRHI, segundo dados próprios. Como algumas ocorrências geram mais de um registro, as reclamações foram revistas sendo excluídos, na medida do possível, os registros relativos ao mesmo evento.

Tabela 9.1 – Número de registros de reclamações de mortandade de peixes por UGRHI, no estado de São Paulo em 2022.

UGRHI	Registros
UGRHI 01 – Mantiqueira	0
UGRHI 02 – Paraíba do Sul	3
UGRHI 03 – Litoral Norte	4
UGRHI 04 – Pardo	3
UGRHI 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá	25
UGRHI 06 – Alto Tietê	5
UGRHI 07 – Baixada Santista	4
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande	2
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	19
UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê	10
UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul	0
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande	2
UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	4
UGRHI 14 – Alto Paranapanema	7

UGRHI	Registros
UGRHI 15 – Turvo/Grande	10
UGRHI 16 – Tietê/Batalha	8
UGRHI 17 – Médio Paranapanema	6
UGRHI 18 – São José dos Dourados	4
UGRHI 19 – Baixo Tietê	4
UGRHI 20 – Aguapeí	2
UGRHI 21 – Peixe	1
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	4

O número de ocorrências por UGRHI ao longo do ano de 2022 está discriminado no **Apêndice R**, assim como o registro dos atendimentos feitos pelas Agências Ambientais e/ou Setor de Comunidades Aquáticas ou outras instituições.

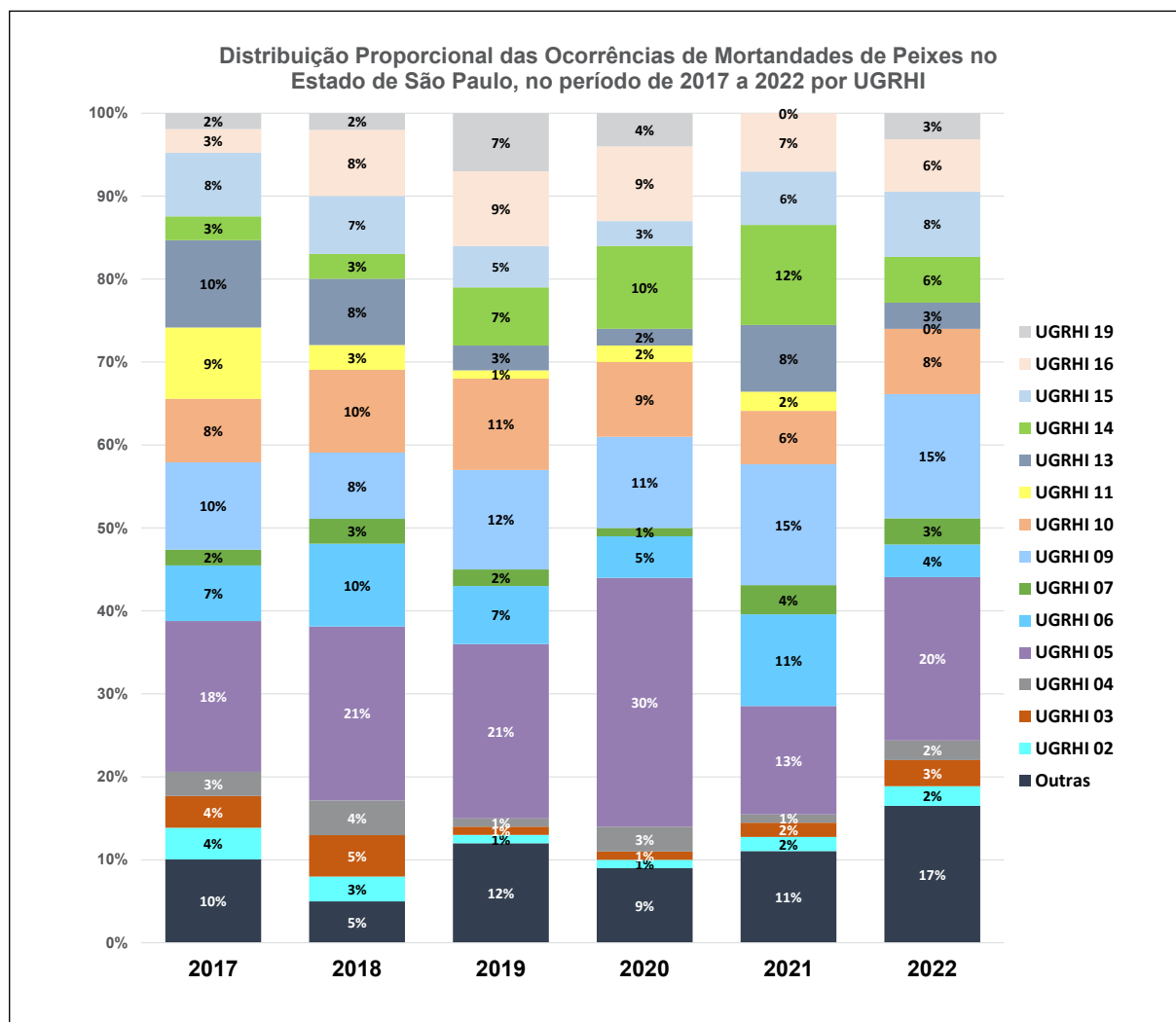
9.2 Ocorrências nas UGRHIs

Entre os atendimentos realizados pela CETESB em 2022, oito (8) UGRHIs responderam por 71% dos registros, sendo que desse montante, apenas duas UGRHIs (UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí e UGRHI 9 – Mogi-Guaçu) concentraram 35% dos registros. As UGRHIs 1 – Mantiqueira e 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul não apresentaram registro de mortandade de peixes em 2022.

Em 2022, diferentemente do cenário apresentado em 2021 e retomando um cenário apresentado em anos anteriores, a UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí teve a maior proporção de casos registrados no estado (20%) enquanto a UGRHI 9 – Mogi-Guaçu ficou em segundo lugar (15%). Em terceiro lugar ficaram as UGRHIs 10 – Sorocaba/Médio Tietê e 15 – Turvo/Grande, cada uma respondendo por 8% dos registros de mortandades no estado de São Paulo. A UGRHI 16 – Tietê Batalha ficou em quarto lugar na proporção de registros de casos de mortandades (6,3%), e a UGRHI 14 – Alto Paranapanema (5,5%) em quinto lugar. A UGRHI 17 – Médio Paranapanema respondeu por 4,7% dos registros, ficando em sexto lugar e a UGRHI 6 – Alto Tietê, por 4%, ficando em sétimo lugar em ocorrências no estado de São Paulo.

O Gráfico 9.2 apresenta a distribuição proporcional das ocorrências no estado de São Paulo, no período de 2017 a 2022 por UGRHI. As UGRHIs destacadas apresentaram, em pelo menos uma ocasião, 5% ou mais dos eventos anuais registrados para o período selecionado.

Gráfico 9.2 – Distribuição proporcional das ocorrências de mortandades de peixes no Estado de São Paulo, por UGRHI de 2017 a 2022.



9.3 Tendência nas UGRHIs

Considerando o número de ocorrências por UGRHI, em relação ao número total de mortandades de peixes no estado, foi feita uma avaliação do comportamento de cada UGRHI entre 2017 e 2022 a fim de verificar a existência de tendência histórica de piora ou melhora ao longo deste período.

Apenas uma UGRHI apresentou cenário de tendência de melhora após a análise dos registros de ocorrências. Após uma alta de ocorrências em 2017, a UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul apresentou queda no número de registros de mortandades de peixes nos anos subsequentes e não houve registros de mortandades nessa UGRHI em 2022.

Três UGRHIs apresentaram cenário com tendência de piora após a análise dos registros de ocorrências considerando o período de 2017 a 2022. A UGRHI 9 – Mogi-Guaçu apresentou aumento de ocorrências desde 2017, com ligeira melhora em 2022, mas ainda com um cenário que merece atenção. As UGRHIs 17 – Médio Paranapanema e 21 – Peixe, embora com número menor de registros, apresentaram um cenário de crescimento de ocorrências, que também demanda atenção.

O Quadro 9.1 a seguir apresenta esquematicamente a tendência de melhora, piora, ou estabilidade por UGRHI.

Quadro 9.1 – Tendência estatística de melhora ou piora em relação ao número de registros de mortandades de peixes apresentada pelas UGRHIs no período de 2017 a 2022.

UGRHI	Tendência
	2017 a 2022
UGRHI 01 – Mantiqueira	➡
UGRHI 02 - Paraíba do Sul	➡
UGRHI 03 - Litoral norte	➡
UGRHI 04 – Pardo	➡
UGRHI 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiaí	➡
UGRHI 06 - Alto Tietê	➡
UGRHI 07 - Baixada Santista	➡
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande	➡
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	⬇
UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê	➡
UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul	⬆
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande	➡
UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	➡
UGRHI 14 – Alto Paranapanema	➡
UGRHI 15 – Turvo/Grande	➡
UGRHI 16 – Tietê/Batalha	➡
UGRHI 17 – Médio Paranapanema	⬇
UGRHI 18 – São José dos Dourados	➡
UGRHI 19 – Baixo Tietê	➡
UGRHI 20 – Aguapeí	➡
UGRHI 21 – Peixe	⬇
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	➡

-  - piora – tendência de aumento no número de ocorrências
 - melhora – tendência de diminuição no número de ocorrências
 - estável – não há alteração sensível

9.4 Atendimentos pelo Setor de Comunidades Aquáticas e Agências Ambientais

O Setor de Comunidades Aquáticas da CETESB tem a atribuição de dar suporte às Agências Ambientais no atendimento aos episódios de mortandade de peixes. Alguns eventos foram atendidos por consulta telefônica e encaminhados à Agência Ambiental competente, enquanto outros tiveram acompanhamento remoto, ou presença de uma equipe do Setor diretamente no local, quando foi possível pela localização e rapidez na comunicação do evento. O Quadro 9.2 destaca alguns dos eventos de mortandade de peixes atendidos pelas Agências Ambientais da CETESB e pelo Setor de Comunidades Aquáticas durante o ano de 2022. No Apêndice R podem ser consultados todos os eventos levantados em 2022.

Quadro 9.2– Exemplos de atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2022 pela CETESB

DATA	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento	
11/1	10	Reservatório Itupararanga, próx. Cond. Veleiros	Saguirus	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água associado a floração de cianobactérias tóxicas e eutrofização no reservatório	Ibiúna. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Sorocaba (CJD)	Janeiro
26/1	9	Rio Mogi-guaçu a jusante do Ribeirão Arari no Bairro Cascata	Não especificado	Provável queda no oxigênio dissolvido em decorrência de contaminação por descarga de efluente da ETE de Araras	Araras. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Mogi Guaçu (CGG)	
18/2	10	Rio Sorocaba	Corimbas	Queda na vazão do rio, causando a morte de peixes por redução da concentração e oxigênio dissolvido na água	Sorocaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Sorocaba (CJD)	Fevereiro
18/2	10	Rio Sorocaba	Corimbas	Queda na vazão do rio, causando a morte de peixes por redução da concentração e oxigênio dissolvido na água	Sorocaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Sorocaba (CJD)	
21/3	14	Rio Paranapanema, a jusante da UHE Piraju	Grande variedade de espécies	Queda na vazão do rio, causando aprisionamento e morte de peixes por redução da concentração e oxigênio dissolvido na água	Piraju. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Avaré (CMA)	Março
22/4	14	Córrego da Prata	Tilápias, guarus	Contaminação da água do córrego em decorrência de descarte irregular de resíduos sólidos e líquidos	Itararé. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Capão Bonito (CMC)	Abril
7/5	5	Rio Piracicaba, bairro Granpark	Dourados, cascudos, corimbas, mandis, lambaris	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água	Piracicaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Piracicaba (CJP)	Maio
26/5	5	Ribeirão Cachoeira, Bairro Limoeiro	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência de contaminação por vinhaça	Piracicaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Piracicaba (CJP) com aplicação da AIIPM nº 21001859	
5/8	5	Rio Piracicaba, distrito de Ártemis	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água após longo período de seca	Piracicaba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Piracicaba (CJP)	Agosto

DATA	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento	
6/9	2	Ribeirão Piquete	Não especificado	Contaminação do córrego em decorrência de vazamento de ácido nítrico na unidade de fabricação de nitrocelulose.	Piquete. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Taubaté (CMT)	Setembro
9/9	9	Rio Mogi-guaçu a jusante do Ribeirão Arari no Bairro Cascata	Cascudos, mandis, piabas, piaparas, tilápias, lambaris, piaçus	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência de entrada de efluente de ETE com tratamento inadequado/insuficiente no Ribeirão das Araras pelo Município de Araras	Araras. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Mogi Guaçu (CGG)	
28/11	15	Rio São Domingos ao fundo do Bairro Pedro Nechar	Não especificado	Contaminação do rio em decorrência de extravazamento de esgotos sanitários do interceptor de esgotos sanitários (PV)	Catanduva. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de São José do Rio Preto (CFR)	Novembro

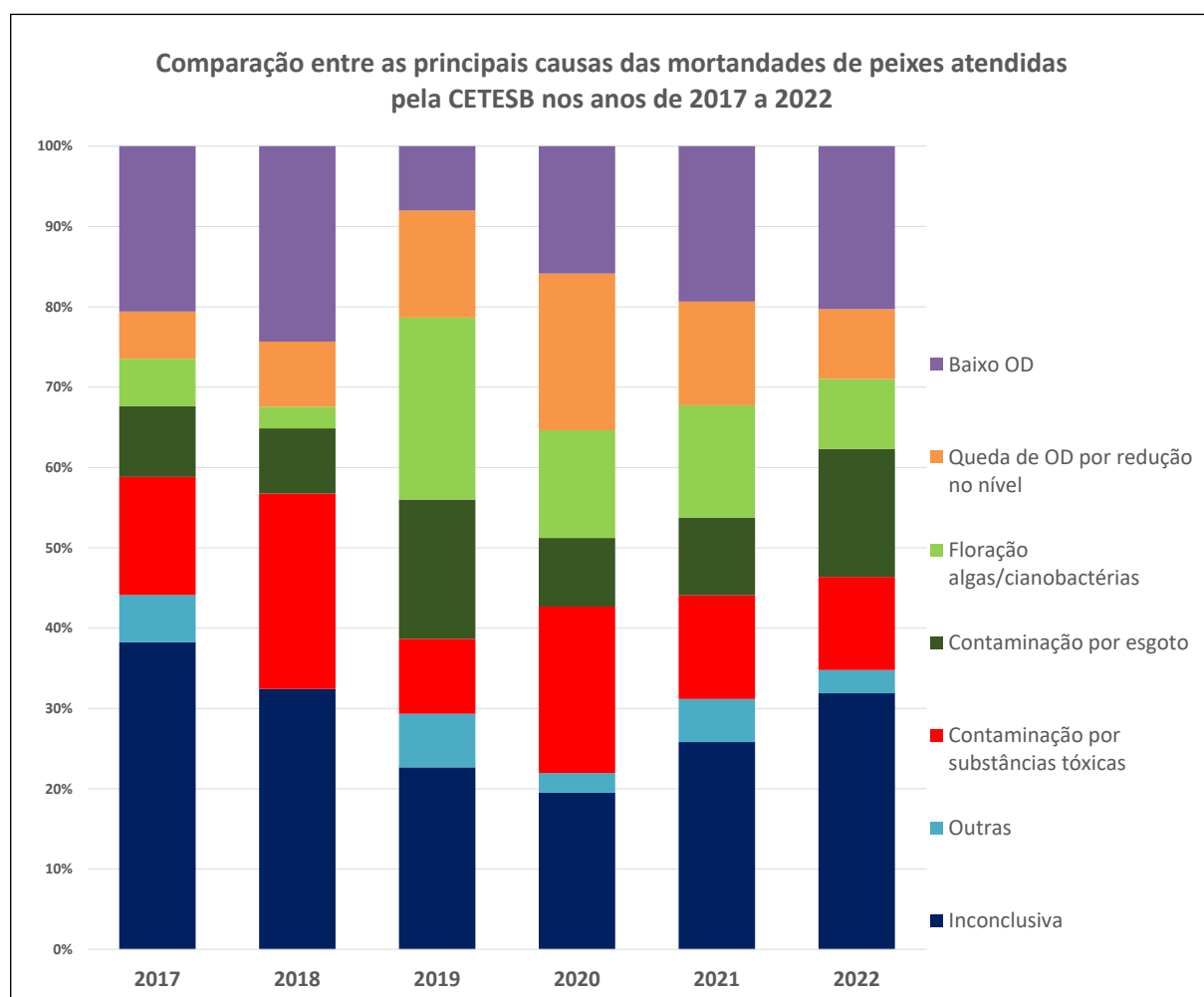
9.5 Causas das Mortandades de peixes

Aproximadamente 68% das ocorrências atendidas pela CETESB em 2022 puderam ser esclarecidas, porcentagem abaixo do registrado desde 2019. A proporção entre as principais causas de mortandades de peixes no período de 2017 a 2022 pode ser observada no Gráfico 9.3.

Em 2022, a baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água, incluindo a queda do OD por redução no nível dos corpos de água, foi responsável por 30% dos diagnósticos. As ocorrências decorrentes de contaminação por substâncias tóxicas apresentaram uma frequência semelhante à verificada em 2021, sendo a causa de 12% dos registros de atendimento a mortandades de peixes no estado de São Paulo. As mortandades resultantes da contaminação por esgotos domésticos representaram aproximadamente 16% dos atendimentos, enquanto as ocorrências resultantes de florações de algas ou cianobactérias potencialmente tóxicas responderam por 9% dos atendimentos.

Foram chamadas de “outras”, causas de ocorrências de mortandade de peixes diferentes das que constam no gráfico, sendo que estas representaram 3% dos atendimentos realizados. Embora em outros anos essa categoria tenha englobado diferentes causas, em 2022 apenas a despesca, ou o descarte de organismos após pesca incidental na região litorânea, também conhecida como “bycatch”, foi registrada como causa adicional. A presença de espécies ameaçadas como as raias dentre os organismos descartados na ocorrência registrada no município de Itanhaém é uma preocupação em relação à conservação da biodiversidade no estado de São Paulo (vide Apêndice R).

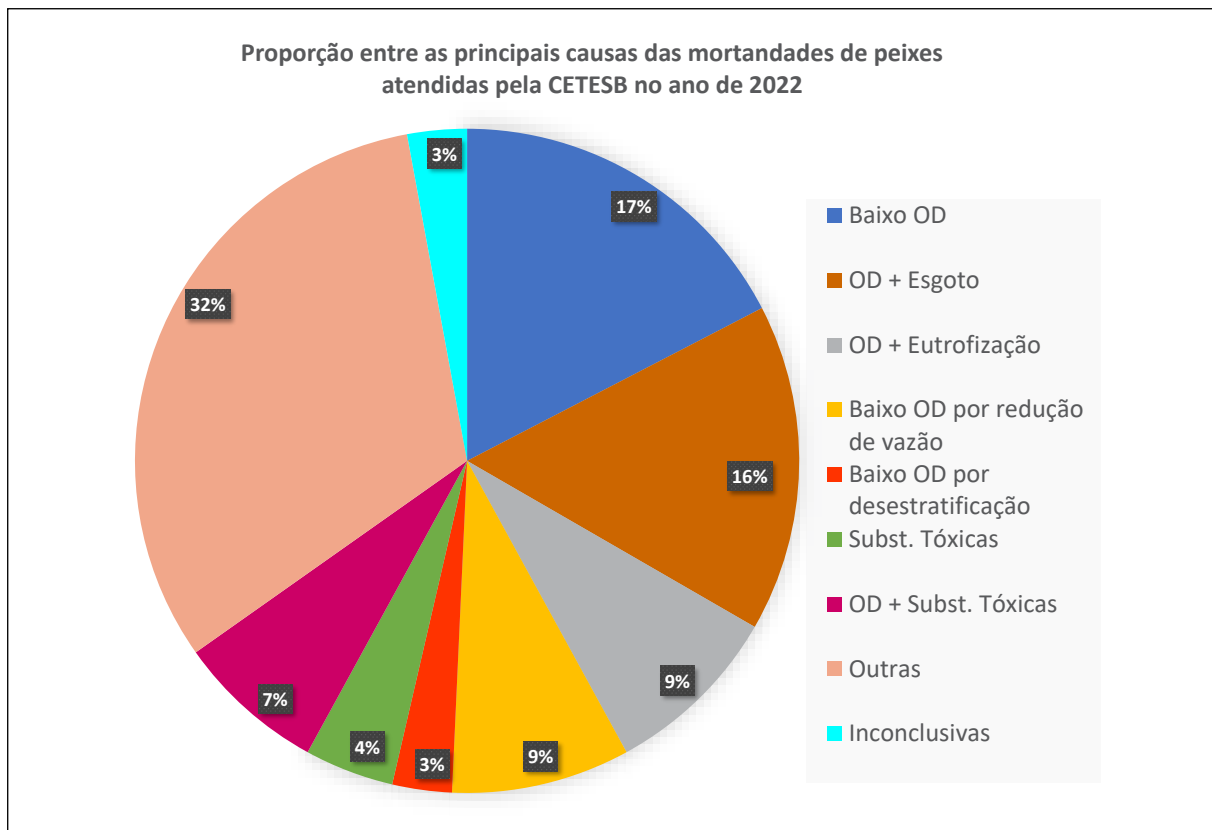
Gráfico 9.3 – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2017 a 2022.



Alguns eventos de mortandade de peixes podem ser decorrentes de uma combinação de fatores, como baixo OD devido à contaminação por esgoto, de eutrofização do corpo de água com a ocorrência de floração de cianobactérias, ou de queda no nível da água por redução na vazão, fatos que aconteceram em 2022 em várias ocasiões.

É importante considerar a atuação da baixa concentração de OD junto a outras causas concorrentes, como contaminação por substâncias tóxicas (4%), por esgoto (16%) e eutrofização dos corpos de água (9%) quando a causa da morte dos organismos é avaliada. A presença da baixa concentração de OD como fator limitante esteve presente em 61% das mortandades de peixes atendidas em 2022 no estado de São Paulo. (Gráfico 9.4).

Um detalhamento das causas das mortandades de peixes em 2022 pode ser visto no Gráfico 9.4, a seguir.

Gráfico 9.4 – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no Estado de São Paulo em 2022.

O volume de chuvas em 2022 no estado de São Paulo ficou próximo à média histórica, sendo que metade das UGRHIs apresentaram volumes anuais acima da média histórica e metade das UGRHIs, abaixo. Dentre as ocorrências de mortandades de peixes, 57% aconteceram durante o período chuvoso, condição crítica para o carreamento de contaminantes e ressuspensão de sedimentos. Durante o período seco (abril a setembro), quando tiveram lugar 43% das mortandades, uma condição importante foi a baixa concentração de oxigênio dissolvido associada à baixa vazão em rios ou à diminuição do volume de represas, como uma das causas mais frequentes entre os atendimentos registrados, sendo que em 2022, de fevereiro até o mês de julho foram registradas chuvas abaixo da média histórica na maioria das UGRHIs. Nesses casos, além da queda de OD, a redução no nível do corpo de água pode causar também a maior concentração de compostos prejudiciais eventualmente presentes no local e facilitar a ressuspensão de sedimentos.

A eutrofização dos corpos de água, com floração de cianobactérias, tóxicas ou não, também foi uma causa frequente de morte de peixes em 2022. A morte dos organismos ocorre tendo em vista que, em um ambiente onde se constata grande quantidade de microalgas, geralmente, no período diurno são registrados valores muito elevados de oxigênio dissolvido e no período noturno o inverso, ou seja, queda abrupta na concentração de oxigênio dissolvido. Essas florações podem prejudicar a qualidade da água tanto para o abastecimento, como também para a preservação da vida aquática, levando à morte de organismos no local. A alteração na qualidade da água causada pelas florações de algas e cianobactérias pode demandar ajustes nos processos das Estações de Tratamento de Água (ETAs).

A queda de OD e a contaminação por esgoto também são indissociáveis, já que esse tipo de contaminação tem alta carga orgânica e leva ao consumo do oxigênio disponível no local, podendo também ter ação tóxica. A contaminação por substâncias tóxicas foi decorrente principalmente da entrada de esgotos sanitários de diversas fontes, mas sobressaiu a falha em equipamentos com consequente vazamento para os corpos de água.

Algumas ocorrências levantadas inicialmente não entraram nas estatísticas, como a morte de carpas no lago da praça Riugi Kojima em São José dos Campos, pois verificou-se que a causa era a predação por uma lontra, descoberta pelo Centro de Segurança e Inteligência da Guarda Civil Metropolitana. O resgate e soltura da lontra às margens do rio Paraíba envolveu diversas entidades, como Guarda Civil, Bombeiros e Polícia Ambiental.

Muitos dos atendimentos feitos pelas Agências Ambientais da CETESB se estenderam por vários dias, envolvendo diversos agentes devido à dimensão do problema e das áreas atingidas. Dentre esses atendimentos destacam-se as ocorrências de mortandade de peixes no rio Mogi Guaçu, na UGRHI 9, ligadas à queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência da entrada de efluente de ETE com tratamento inadequado no Ribeirão das Araras pelo Município de Araras. Com relação à situação desta ETE, A CETESB tem adotado todas as ações administrativas cabíveis, inclusive com emissão de diversos autos de infração.

Em 32% dos atendimentos não foi possível identificar o gatilho causador da morte dos organismos. A investigação de uma mortandade de peixes pode começar durante atividades rotineiras desenvolvidas pela CETESB, ou por denúncia da população, sendo crucial a comunicação imediata de eventos de mortandade de peixes, para que seja possível a determinação das causas. Os atendimentos registrados em 2022 refletiram muitos dos chamados de emergências recebidos em casos de acidentes com substâncias tóxicas, cuja investigação conta com o apoio e parceria da população no empenho em comunicar ocorrências.

10 • Conclusões

Em 2022, o volume anual de chuvas no estado de São Paulo (ESP) foi de 1.370 mm, mantendo-se no mesmo patamar da média dos 27 anos anteriores. Metade das UGRHs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) do estado apresentaram volumes anuais de chuva inferiores às respectivas médias históricas, sendo os meses de fevereiro a julho os mais críticos com um déficit (16%) mais pronunciado na UGRHI 7.

O tratamento de esgotos domésticos no ESP atingiu 69% da população urbana em 2022, indicando um aumento contínuo e progressivo desse índice na comparação com os últimos 5 anos. Em termos de coleta e tratamento dos esgotos municipais, avaliados pelo Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto - ICTEM, foram destaques as UGRHs 15 – Turvo Grande, 18 – São José dos Dourados e 22 – Pontal do Paranapanema que ficaram perto de atingir a nota máxima, com índices de coleta e tratamento de esgotos superiores a 97%. Por outro lado, a UGRHI 21 – Peixe, apresentou o segundo menor ICTEM do estado, influenciado pelo valor nulo para o tratamento de esgotos do município de Marília. É importante frisar que, além de Marília, outros 28 municípios do estado ainda não contam com sistemas de tratamento de esgotos domésticos.

A qualidade das águas avaliada pelo Índice de Qualidade das Águas - IQA, que considerou o mesmo universo de pontos do período de 2017 a 2022 (386 pontos), apresentou as classificações Ótima, Boa e Regular em 81% dos pontos monitorados, mantendo o mesmo patamar de qualidade dos últimos 5 anos. Por outro lado, 19% dos pontos foram classificados nas categorias Ruim e Péssima desse índice, os quais estão concentrados no trecho do Rio Tietê situado na UGRHI 6, cuja qualidade da água ainda se mostrou bastante alterada pela presença de carga orgânica oriunda principalmente do lançamento de efluentes domésticos. Esses dados reforçam a necessidade da ampliação da infraestrutura de tratamento de esgotos de alguns municípios dessa UGRHI. Por exemplo, Guarulhos, Itaquaquecetuba e Caieiras, apesar da elevada população, tratam menos de 20% do total de esgotos coletados; Cajamar, Francisco Morato e Franco da Rocha, não dispõem de sistemas de tratamento para os esgotos coletados. O município de São Paulo também é um desafio, em função da sua população de aproximadamente 12 milhões de pessoas e um déficit de coleta e tratamento em torno de 30%.

As ações contínuas de saneamento, adotadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), vêm mantendo uma tendência de queda da quantidade de matéria orgânica que sai da bacia do Alto Tietê, a partir do seu exutório, no município de Pirapora do Bom Jesus. Em 2022, a carga orgânica média foi estimada em 150 ton/dia, representando uma redução de cerca de 44% em relação a 2013.

No Rio Pinheiros, um dos principais afluentes do Rio Tietê, a qualidade da água em 2022 manteve a tendência de melhora do IQA em todos os trechos monitorados. Destaca-se a melhora no trecho de Pedreira, no canal superior, onde o IQA atingiu a categoria Boa de qualidade, condição inédita nesse trecho desde o início do monitoramento da CETESB em 1979. Em relação aos parâmetros de controle de acompanhamento do Programa Novo Pinheiros, verificou-se um aumento progressivo nos níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) entre 2018 e 2022 em ambos os trechos, destacando-se que no trecho superior, da Usina São Paulo até a Usina Pedreira, a concentração média de OD supera o padrão estabelecido pela legislação (maior do que 2,0

mg/L), desde 2018, indicando boa qualidade. A Demanda Bioquímica do Oxigênio também vem apresentando melhora, com redução nas suas concentrações em ambos os trechos, sendo verificadas concentrações médias anuais abaixo do valor de referência de 30 mg/L desde 2018 no trecho superior. Já no trecho inferior, que vai da Barragem do Retiro até a Usina São Paulo, os valores ainda se encontram próximos a essa meta desde 2020.

Do ponto de vista dos padrões legislados, as maiores porcentagens de não atendimento aos padrões de qualidade de rios e reservatórios da Classe 2, observadas em 2022, foram relativas às variáveis sanitárias (entre 24 e 57% para *E. coli*, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amomiacal), aos metais de origem natural (entre 25 e 59% para Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total) e ao Número de Células de Cianobactérias (35%), essa última refletindo indiretamente o aporte de nutrientes, principalmente o Fósforo Total nos corpos de água lânticos, como os reservatórios. A avaliação da matéria orgânica, quantificada por meio do Carbono Orgânico Total, foi realizada pelas medições do Oxigênio Dissolvido, cujo déficit está associado com níveis elevados de Carbono Orgânico Total. A ausência de padrão de qualidade para o Carbono Orgânico Total impediu o cálculo da porcentagem de não atendimento ao padrão legal.

A análise espacial do estado, mostrou que as UGRHs 5 e 6, onde existe as maiores densidades populacionais, foram responsáveis por mais da metade das não conformidades registradas (cerca de 52%) nesse ano. As UGRHs 5, 6, 10 e 16 registraram as maiores porcentagens das variáveis relacionadas ao processo de eutrofização (Fósforo Total, Clorofila *a* e Número de Células de Cianobactérias), considerando principalmente os ambientes lânticos, a exemplo dos reservatórios de Barra Bonita, Ibitinga e Promissão. Parcela expressiva do Fósforo, que aporta nesses reservatórios, é oriunda da carga orgânica remanescente da bacia do Alto Tietê.

As desconformidades registradas para os metais pesados nos corpos hídricos do estado não foram superiores a 4%, o que reforça a eficácia das ações de fiscalização e controle das fontes industriais. No entanto, destacaram-se as desconformidades para o Cobre Dissolvido, registradas em 100% das amostras coletadas ao longo do tempo no Reservatório Guarapiranga e em 50% nos reservatórios de Taiaçupeba e Cachoeira do França, as quais estão associadas com a aplicação do algicida Sulfato de Cobre para controle das florações de cianobactérias.

O Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público (IAP), que avalia a qualidade da água bruta de mananciais, teve 74% dos pontos avaliados classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular, apresentando distribuição semelhante ao ano anterior. A evolução histórica desse índice vem mantendo a faixa de 25 a 28% dos pontos nas categorias Ruim e Péssima desde 2019. Essa situação é fortemente influenciada pelos resultados do Potencial de Formação de THM, no período chuvoso, assim como pelas elevadas densidades de Células de Cianobactérias, principalmente em reservatórios, inclusive no período seco.

No que se refere à qualidade da água para a proteção da vida aquática (IVA), dos 314 pontos em que esse índice foi calculado em 2022, 70% foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. As classificações Ruim e Péssima foram influenciadas, principalmente, pelos seguintes fatores: grau de trofia, ausência de Oxigênio Dissolvido e presença de Toxicidade. As UGRHs 1, 3, 11 e 17 não apresentaram pontos classificados nessas duas categorias em 2022. Dentre os rios enquadrados na Classe 4, destacou-se a ausência de efeitos adversos agudos ou crônicos no Córrego Piedade e no Ribeirão dos Bagres, localizados nos municípios de São José do Rio Preto e Batatais, respectivamente.

De modo geral, a comunidade fitoplanctônica tem correspondido ao processo de eutrofização. No Sistema Cantareira, os reservatórios vêm apresentando dominância de cianobactérias e elevadas densidades

de organismos, com exceção do Reservatório Águas Claras. Na bacia do Alto Tietê, o Reservatório Billings continua apresentando elevada densidade de organismos, sendo observada dominância de cianobactérias. Já o Reservatório Guarapiranga, apresentou melhora tanto na densidade de organismos como também no Número de Células de Cianobactérias, tanto no ponto da captação (GUAR 00900) como também no braço do Rio Parelheiros (GUAR 00100), formador do Reservatório Guarapiranga. No Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT), os reservatórios Taiacupeba e Jundiá apresentaram um aumento da média anual da densidade de organismos, embora para o Número de Células de Cianobactérias tenha havido diminuição para o Jundiá e um pequeno aumento no Taiacupeba. Deverá ser desenvolvido um sistema de gestão compartilhada com o Centro de Vigilância Sanitária nos próximos anos para o Reservatório Itupararanga e os pontos da bacia do Rio Tietê/Batalha (UGRHI 16), caso seja mantida a dominância e as elevadas densidades de cianobactérias registradas em todos esses pontos.

Com relação ao Índice da Comunidade Fitoplanctônica - ICF, 37% dos pontos foram classificados na categoria Regular e 19% na categoria Ruim. Apenas 3% foram classificados na categoria Ótima, enquanto 41% estiveram na categoria Boa. Aproximadamente 54% dos pontos apresentaram, ao menos em uma amostragem, concentração de células de cianobactérias superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. O dinoflagelado do gênero *Ceratium*, considerado um organismo exótico invasor, continua sendo observado em vários corpos de água do estado.

O sedimento é um compartimento cumulativo, em função do aporte ao longo dos anos de contaminantes presentes na coluna de água, complementando a avaliação histórica da qualidade da água. A avaliação da qualidade dos sedimentos foi realizada em 27 pontos no ano de 2022. Verificou-se em alguns locais a presença de Mercúrio, Zinco, Cobre e Chumbo em concentrações elevadas, sobretudo na bacia do Alto Tietê, acima dos limites de provável efeito sobre a biota e com origem antrópica. Contaminantes orgânicos persistentes foram observados nos sedimentos, com destaque para DDE, produto de degradação do DDT, pesticida de uso proibido, nas bacias do Baixo Tietê e Turvo-Grande e de Dioxinas e Furanos no Reservatório do Rio Grande (UGRHI 6). Esses contaminantes decorrem, principalmente, de fontes pretéritas. Em 56% dos locais avaliados, há acúmulo de Fósforo observado nos sedimentos que atuam como fonte potencial, agravando o processo de eutrofização dos corpos de água. Essas concentrações de Fósforo classificadas como Ruins ou Péssimas, na maioria dos casos, está associada ao enriquecimento orgânico, decorrente de fontes de esgotos domésticos, apenas em alguns reservatórios indicaram estar associadas a atividades agropecuárias. Com relação ao Índice da Comunidade Bentônica - ICB, as piores condições ecológicas foram observadas no braço do Ribeirão Marinho (BMAR 02800) no Reservatório Água Vermelha e no braço do Ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) no Reservatório Nova Avanhandava, onde nenhuma população bentônica conseguiu se instalar. Estes resultados estão associados à ocorrência de mortandades de peixes nos dois ambientes a poucos meses das coletas. O Rio Piracicaba (PCAB 02600) apresentou condição Muito Ruim, observada em diferentes trechos deste corpo de água desde 2002 na Rede de Sedimento. O Rio Mogi-Guaçu (MOGU 02800) também exibiu qualidade bastante restritiva para a biota, assim como as regiões mais profundas dos reservatórios do Rio Jaguari (JAGJ 00350) e Itupararanga (SOIT 02850).

Em 2022, verificaram-se 127 registros de mortandades de peixes no ESP. As bacias dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiá (UGRHI 5), Mogi-Guaçu (UGRHI 9), Turvo e Grande (UGRHI 15) e Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10) concentraram mais da metade (50,4%) das ocorrências registradas. Considerando os últimos

seis anos, verificou-se tendência de melhora na UGRHI 11 (Ribeira de Iguape/Litoral Sul). Por outro lado, foi verificada tendência de piora nas UGRHIs 9 (Mogi-Guaçu), 17 (Médio Paranapanema) e 21 (Peixe). As mortandades resultantes da baixa concentração de Oxigênio Dissolvido na água representaram 61% dos registros de atendimento, muitas vezes associadas à presença de esgotos. Esse tipo de ocorrência foi registrado ao longo de todo o ano. Destacou-se o mês de setembro na bacia do Rio Mogi Guaçu com 10% das ocorrências, decorrentes de lançamento de esgotos, baixo OD e baixa vazão.

A avaliação da qualidade das águas dos corpos hídricos paulistas e das fontes poluidoras de origem doméstica, em 2022, indicou que o avanço das ações de saneamento, que se destinam ao aumento da porcentagem do tratamento de esgotos domésticos, reduziu a carga orgânica que é exportada para o Médio Tietê. Localmente, essas ações refletiram numa melhora das condições de qualidade das águas do Rio Pinheiros, um dos principais afluentes do Rio Tietê. Portanto, as ações de saneamento devem ser direcionadas para os municípios mais populosos dessa bacia, que ainda possuem índices baixos, principalmente para o tratamento de esgotos. Associada à carga orgânica remanescente do Alto Tietê, verifica-se a presença de nutrientes, responsáveis pelo processo de eutrofização nos reservatórios de jusante do Médio e Baixo Tietê, resultando em florações de algas e cianobactérias, podendo comprometer os usos múltiplos dessas águas. O uso agrícola do solo nas bacias do Médio e Baixo Tietê também vem contribuindo, principalmente, para o aporte de Fósforo ao Rio Tietê.

A gestão adequada da carga orgânica e de nutrientes lançados nos corpos de água do estado, envolve também a discussão no âmbito dos comitês de bacias hidrográficas, pois engloba políticas de desenvolvimento urbano, saneamento e recursos hídricos, adoção de boas práticas agrícolas, bem como de políticas e ações de controle de poluição em nível municipal e estadual exigindo, portanto, a efetiva participação e articulação de várias instituições da esfera pública e da sociedade civil organizada. Os esforços para a melhoria dos índices de saneamento, nas regiões mais populosas no estado, com destaque para a macrometrópole paulista, também deveriam ser focalizados no sentido do abatimento da carga de fósforo de origem pontual, visando a melhoria da qualidade da água, principalmente dos reservatórios utilizados para abastecimento público.

Referências

AB'SABER, A.N. et al. **Glossário de ecologia**. São Paulo: ACIESP: CNPq: FAPESP, 1987. 271 p. (ACIESP, 57)

ABNT. **NBR 10664**: águas - determinação de resíduos (sólidos) - método gravimétrico – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT. **NBR 9896**: glossário de poluição das águas - terminologia. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT **NBR 15638**: qualidade da água - determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008. 19 p.

AGOSTINHO, A. A.; VITORINO JUNIOR, O.B; PELICICE, F. Nota Técnica: Riscos ambientais do cultivo de tilápia em tanques redes. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**, nº 124. 2017.

ALMEIDA, F. V. **Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos referentes a compostos orgânicos persistentes**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, Washington, DCc2006. A Approved by SM Committee 2011.

_____. Method 9221: multiple tube fermentation technique for members of the coliform group. In:_____ **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**: online. Washington, DC, c2006. Approved by SM Committee 2011.

_____. Section 9213.3b. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Standard Methods on line, 2007. Washington. APHA, AWWA, WEF.

ARTY, H. W. (Ed.). **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: Melhoramentos, 2001. 584 p.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Ed.). **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, 2003.

BARBOSA, M. R. F.; GARCIA, S. C.; BRUNI, A. D.; MACHADO, F. S.; DE OLIVEIRA, R. X.; DROPA, M.; DA COSTA, A. C.; LEAL, E.; BRANDAO, C. J.; DA SILVA, R. L. O.; IKO, B. Y.; KONDO, V. K. M.; DE ARAUJO, R. S.; DA SILVEIRA, V. B.; DE ANDRADE, T. M.; NUNES, D. R.; JANINI, L. M. R.; BRACONI, C. T.; MARICATO, J. T.; SATO, M. I. Z.. One-year surveillance of SARS-CoV-2 in wastewater from vulnerable urban communities in metropolitan São Paulo, Brazil. **J Water Health**. 2022; 20 (2): 471–490. doi: <https://doi.org/10.2166/wh.2022.210>

BATALHA, B. L. **Glossário de engenharia ambiental**. Brasília: DNPM, 1988. 119 p.

BATISTA, B. D. Fitoplâncton da região central do lago Paranoá, DF; uma abordagem ecológica e sanitária. Dissertação de mestrado. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2011

BERTELS X, DEMEYER P, VAN DEN BOGAERT S, BOOGAERTS T, VAN NUIJS ALN, DELPUTTE P, LAHOUSSE L. Factors influencing SARS-CoV-2 RNA concentrations in wastewater up to the sampling stage: a systematic review. **Sci. Total Environ.**, 820 (2022), p. 153290, [10.1016/j.scitotenv.2022.153290](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153290)

BIESINGER, K. E.; CHRISTENSEN, G. M. Effects of various metals on survival, growth, reproduction, and metabolism of *Daphnia magna*. **J. Fish. Res. Board of Canada**, Ottawa, v. 29, n. 12, p. 1691-1700, 1972.

BOTTA-PASCOAL, C. M. R.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Avaliação e identificação da toxicidade do sedimento no Reservatório de Salto Grande, SP. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. (Org.). **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo**. São Carlos: RiMa, 2004. Cap. 18, p. 339-357.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

BRAND W., DE JONGH C. M., VAN DER LINDEN S. C., MENNES W., PUIJKER L. M., VAN LEEUWEN C. J., VAN WEZEL A. P., SCHRIKS M., HERINGA M. B., Trigger values for investigation of hormonal activity in drinking water and its sources using CALUX bioassays, **Environment International**, 55, p. 109-118, 2013.

BRANDÃO, C.J., COELHO-BOTELHO, M.J., SATO, M.I.Z., LAMPARELLI, M.C. (Org.). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. ISBN: 978-85-89629-83-6. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, p. 325, 2011.

BRASIL. Decreto Federal nº 1.530, de junho de 1995. Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: Brasília, DF, p. 9199. 23 jun.1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria nº 329, de 02 de setembro de 1985.** Proíbe, em todo território nacional, a comercialização, o uso e a distribuição dos produtos agrotóxicos organoclorados, destinados à agropecuária, dentre outros

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. DNAEE. **Inventário das estações fluviométricas.** Brasília, 1995

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, p. 360, Suplemento n. 190, Primeira Parte. p. 360. 03 out. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: n. 85, seção 1, Brasília, DF, p. 126-136. 07 mai. 2021.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 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. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 216, p. 66, 8 nov. 2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, n. 18, p. 70-71, 25 jan. 2001.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a lei 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.936 de 14 de maio de 2009. Proíbe a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso de diclorodifeniltricloroetano (DDT) e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 146, n. 91, 15 maio 2009. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 135, 16 julho 2020. Seção 1, p. 1.

BRIGAGÃO, C. **Dicionário de ecologia**. Rio de Janeiro: TopBooks, 1992. 340 p.

BRUNI, A.C. **Estudo estatístico da relação funcional entre os parâmetros DBO₅ e COT em corpos d'água do Estado de São Paulo**. 2019. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Estudo-estatistico-da-relacao-funcional-entre-os-parametros-DBO-e-COT-em-corpos-d%C2%B4agua-do-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>>. Acesso em: abr.2021.

BURGESS, R. M.; SCOTT, K. J. The significance of in-place contaminated marine sediments on the water column: processes and effects. In: BURTON JR., G.A. (Ed.). **Sediment toxicity assessment**. Boca Raton: Lewis, 1992. p. 129-163.

CARR, R. S.; NIPPER, M. (Ed.). **Summary of a SETAC technical workshop porewater toxicity testing: biological, chemical and ecological considerations with a review of methods and applications, and recommendations for future areas of research**. Pesacola, FL: SETAC, 2001. 38 p.

CARVALHO, B. A. **Glossário de saneamento e ecologia**. Rio de Janeiro: ABES, 1981.

CAVENAGHI, A. L.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, F. T.; GALO, M. L. B. T.; TRINDADE, M. L. B.; CORRÊA, M. R.; SANTOS, S. C. A.–Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-guaçu. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005.

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans (PCDD/Fs)**. Ottawa: CCME, 2001.

CCME. **Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: summary tables**. Winnipeg, 2001. 5 p.

_____. **Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life:** CCME Water Quality Index 1.0: technical report. Winnipeg, 2001. 13 p.

CDC 2020. US RT-PCR-panel-for-detection-instructions V20.01.27., 1–12

CDC 2021. National Wastewater Surveillance System (NWSS). Waterborne Disease & Outbreak Surveillance. <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/wastewater-surveillance/wastewater-surveillance.html>. Acesso em março de 2022.

CETESB (São Paulo). **Alguns aspectos da recuperação da qualidade das águas do Reservatório Billings na vigência do Artigo 46.** São Paulo, 1995.

_____. **Avaliação do complexo Billings:** comunidades aquáticas, água e sedimento (out/92 a out/93). São Paulo, 1996. 146 p.

_____. **Avaliação ecotoxicológica do Reservatório do Guarapiranga, com ênfase ao problema de algas tóxicas e algicidas.** São Paulo, 1995. 115 p.

_____. **Comunidade planctônica e Clorofila - A do complexo Billings:** (out/92 a out/93). São Paulo, 1996. 2 v. 61 p.

_____. **Diagnóstico ecológico da bacia do Ribeirão dos Cristais.** São Paulo, 2005. 42 p.

_____. **Dicionário de termos técnicos de saneamento ambiental:** português-ingles. São Paulo, 1985. 389 p.

_____. **Eutrofização e contaminação por metais no Reservatório do Guarapiranga:** dados preliminares. São Paulo, 1992. 131 p.

_____. **L5.201:** contagem de bactérias heterotróficas: método de ensaio. São Paulo, 2006. 14 p.

_____. **L5.213:** Determinação do número mais provável de clostrídios sulfito redutores (*Clostridium perfringens*): Método de ensaio. Norma CETESB. 1993. 28p.

_____. **L5.221:** coliformes termotolerantes - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio. 2.ed. São Paulo, 2012. 18 p.

_____. **L5.241:** teste de Kado: ensaio de microsuspendição com *Salmonella Typhimurium* – método de ensaio. São Paulo, 1991. 43 p.

_____. **L5.303:** fitoplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo. 4.ed. São Paulo, 2012. _____. **L5.304:** zooplâncton de água doce: métodos qualitativo e quantitativo. 2.ed. São Paulo, 2012.

_____. **L5.306:** determinação de pigmentos fotossintetizantes, clorofila - A, B e C e feofitina-A – método de ensaio. São Paulo, 1990. 22 p.

_____. **L5.620:** mutação gênica reversa em *Salmonella* Typhimurium - teste de Ames - método de ensaio. São Paulo, 1993. 40 p.

_____. **L6.160:** sedimentos: determinação da distribuição granulométrica - método de ensaio. São Paulo, 1995. 15 p.

_____. **Levantamento da contaminação ambiental do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente.** São Paulo, 2001.

_____. **Monitoramento de *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2008.

_____. **Operação Bertioga.** São Paulo, 1984.

_____. **Qualidade ambiental do rio Ribeira de Iguape com relação à presença de metais pesados e arsênio.** São Paulo, 2000. 70 p.

_____. **Relatório de qualidade das águas:** consolidação dos dados do sistema produtor Billings / Taquacetuba e Guarapiranga – agosto/2000 a março/2002. São Paulo, 2002. Contrato SABESP 3000/02._____. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013.** São Paulo, 2014. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014.** São Paulo, 2015. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2015.** São Paulo, 2016. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016.** São Paulo, 2017. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017.** São Paulo, 2018. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018.** São Paulo, 2019. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019.** São Paulo, 2020. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2020.** São Paulo, 2021. (Série Relatórios).

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2021.** São Paulo, 2022. (Série Relatórios).

_____. **Serviços de coleta de amostras, análises e estudos de avaliação das características biológicas, físico-químicas e microbiológicas das águas e sedimentos do rio Juquiá: 7.º relatório parcial.** São Paulo, 1998. 36 p. Contrato de prestação de serviços 010/97 – SABESP/CETESB.

_____. **SQ PR/LB 018:** teste de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* - Microtox®. Versão 14. São Paulo, 2013. 13 p.

_____. **SQ PR/LB 085:** ensaio ecotoxicológico com *Hyalella azteca* - sedimento. Versão 20. São Paulo, 2021a. 7 p.

_____. **SQ PR/LB 088:** ensaio ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia* - águas superficiais. Versão 19. São Paulo, 2020. 8 p.

_____. **SQ PR/LB 153:** ensaio ecotoxicológico com *Chironomus sancti-caroli* – sedimento. Versão 14. São Paulo, 2021b. 8 p.

_____. **Valores da condição de qualidade dos solos da bacia hidrográfica do Alto Tietê** – UGRHI 6 e da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. São Paulo, 2008. 70 p.

_____. **Otimização da frequência da Rede Básica de monitoramento da qualidade das águas superficiais doces no Estado de São Paulo.** Relatório Executivo. São Paulo, 2020.

CETESB (São Paulo); DAEE (São Paulo). **Vazões mínimas de referência para a bacia do rio Piracicaba.** São Paulo, 1992.

CETESB (São Paulo); SABESP (São Paulo). **Monitoramento integrado das bacias do Alto e Médio Tietê:** avaliação da qualidade da água, sedimento e peixes - relatório final. São Paulo, 1999. 312 p. Contrato de prestação de serviços 020/97 SABESP/CETESB.

CETESB (São Paulo). **Monitoramento integrado das Bacias do Alto e Médio Tietê:** avaliação da qualidade da água, sedimento e peixes. São Paulo, 1999. 138 p. Aditamento ao contrato de prestação de serviços 020/97 SABESP/CETESB.

_____. **Relatório de qualidade das águas:** consolidação dos dados do Sistema Produtor Billings/Taquacetuba e Guarapiranga (ago/2000 a mar/2003). São Paulo, 2002. Contrato SABESP/CETESB 3000/02.

_____. Caracterização das águas do Alto Tietê em relação à presença de cianobactérias e toxicidade nos organismos aquáticos. Estudos de Avaliação e Identificação da Toxicidade. FEHIDRO- Contrato 193/2010. São Paulo, 2014. 52p.

CHAPMAN, P. M.; FEYIUE WANG. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids. **Environmental Science and Technology**, v. 33, n. 22, p. 3937-3941, 1999.

CHORUS, I.; WELKER, M. (Ed.). **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. Second Edition. CCR Press, Boca Raton (FL): WHO, Geneva, CH 2021. 839 p.

CHRISTOFOLETTI, A.; TEIXEIRA, A. L. A. **Sistema de informação geográfica: dicionário ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 1997. 244 p. (Geografia: teoria e realidade, 38)

CIIAGRO (São Paulo). **Informações agrometeorológicas**. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br>>. Acesso em: fev. 2008.

CNEC; JNS ENGENHARIA, CONSULTORIA E GERENCIAMENTO. **Plano de desenvolvimento e proteção ambiental da bacia do Guarapiranga**: projeto Guarapiranga. São Paulo, 1997.

COELHO-BOTELHO, M.J.C. et al. **Desenvolvimento de índices biológicos para o biomonitoramento em reservatórios do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2006. 146 p. + anexos.

COLEMAN, R. N.; QURESHI, A. A. Microtox® and *Spirillum volutans* tests for assessing toxicity of environmental samples. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 35, n. 1, p. 443-451, july-dec. 1985.

CONCURSO DAS ÁGUAS 2: concurso público nacional de idéias para melhor aproveitamento das águas da região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo: Consórcio Intermunicipal das Bacias do Alto Tamanduateí e Billings: SBPC, 1992. 144 p.

CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA. **SNUC**: Sistema Nacional de Unidades de Conservação: texto da Lei Federal 9985, de 18/07/2000 e vetos... 2.ed. ampl. São Paulo, 2000. (Cadernos da Reserva da Biosfera. Série Conservação e Áreas Protegidas, 18).

CONSÓRCIO DOS MUNICÍPIOS DO ABC. **Plano emergencial de recuperação dos mananciais da região do ABC**. São Paulo, 1998.

CÔRREA, A. C. G. Modelos qualitativos de simulação sobre a dinâmica do plâncton em diferentes estados de trofia no lago Paranoá, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília. 2011.

COUNCIL DIRECTIVE (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities. L 435/1. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj>

DAEE (São Paulo). **Levantamento, análise e processamento de dados fluviométricos da Bacia do Rio Piracicaba**. São Paulo, 1978.

_____. **Vazões médias, mínimas, volumes de regularização e curvas de permanência no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1988.

DAVIES, C. M. LONG, J. K. H.; DONALD, M; ASHBOLT, N. J. Survival of fecal microorganisms in marine and freshwater sediments. **Appl. Environm. Microbiol.**, v. 61, n. 5, p.1888-1896, may 1995.

DeGRAEVE, G. M.; GEIGER, D. L.; MEYER, J. S.; BERGMAN, H. L. Acute and embryo-larval toxicity of phenolic compounds to aquatic biota. **Arch. Environm. Contam. Toxicol.**, v. 9, n. 5, p. 557-568, 1980.

EDWARDS, K. F.; KLAUSMEIER, C. A.; LITCHMAN, E. Evidence for a three-way trade-off between nitrogen and phosphorus competitive abilities and cell size in phytoplankton. **Ecology**, v. 92 n. 11, p. 2085-2095. 2011.

ELJARRAT, E.; BARCELÓ, D. Chlorinated and Brominated Organic Pollutants in Contaminated River Sediments. **Hdb. Env. Chem.** v.5, Part T, p.21-56, 2009.

EMPLASA (São Paulo). **Por dentro das regiões metropolitanas do Brasil:** metrôpoles em dados. São Paulo, [2014].

ENVIROLOGIX. **QuantiPlate™ kit for microcystins.** Rev. 07/01/10. Portland, ME, 2010. 7 p. (Catalog Number EP 022).

ESCHER, B. I.; NEALE, P. A.; LEUSCH, F. D. L. Effect-based trigger values for *in vitro* bioassays: Reading across from existing water quality guideline values. **Water Research**, v.81, p. 137-148, 2015,

ESPÍNDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. (Org.). **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP):** caracterização, impactos e propostas de manejo. São Carlos: RiMa, 2004. 484 p.

ESTEVES, F. A. (Coord.) **Fundamentos de Limnologia.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FEAM (Minas Gerais). **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais – 2000.** Belo Horizonte, 2000.

FENECH, M. The *in vitro* micronucleus technique. **Mutation Research**, v.455, p. 81-95, 2000.

FENG, B., XU, K., GU, S., ZHENG, S., ZOU, Q., XU, Y., YU, L., LOU, F., YU, F., JIN, T., LI, Y., SHENG, J., YEN, H.-L., ZHONG, Z., WEI, J., CHEN, Y., 2021. Multi-route transmission potential of SARS-CoV-2 in healthcare facilities. **J. Hazard. Mater.** 402, 123771. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123771>.

FENG, P. WEAGANT, S.D., GRANT, M.A. BURKHARDT, W. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. In: UNITED STATES. Food and Drug Administration. **BAM - Bacteriological Analytical Manual online.** Spring, MD, 2013. Chap. 4.

FERNICOLA, N.A.G.G.; OLIVEIRA, S.S. (Coord.). **Poluentes Orgânicos Persistentes: POPs**. Salvador: CREA, 2002.

FRANKLIN, R.L. **Determinação de Mercúrio total e orgânico e avaliação dos processos de metilação e desmetilação em sedimentos do reservatório Rio Grande, Estado de São Paulo**. Dissertação (mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2010. 158p.

FRANKLIN, R.L., FÁVARO, D.I.T., DAMATO, S.R. Trace metal and rare earth elements in a sediment profile from the Rio Grande Reservoir, São Paulo, Brazil: determination of anthropogenic contamination, dating, and sedimentation rates. **Journal of Radioanal. Nucl. Chem.** (2016) 307:99–110. DOI 10.1007/s10967-015-4107-4

FRITHIOF, R., BERGQVIST, A., JÄRHULT, J.D., LIPCSEY, M., HULTSTRÖM, M., 2020. Presence of SARSCoV-2 in urine is rare and not associated with acute kidney injury in critically ill COVID-19 patients. **Crit. Care** 24, 587. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03302-w>

GIDDINGS, E.M.; HORNBERGER, M.I.; HADLEY, H.K. **Trace-metal concentrations in sediment and water and health of aquatic macroinvertebrate communities of streams near Park city, Summit County, Utah**. USGS - National Water-quality Assessment Program, Water-Resources Investigations Report 01-4213. 22p.

GREEN, J. Geographical variation in rotifers associated with *Microcystis* blooms. **Hydrobiologia**, v.662, p. 197-204, 2011.

GRIFOLL, M.; SOLANAS, A. M.; BAYONA, J. M. Characterization of genotoxic compounds in the sediments by mass spectrometric techniques combined with *Salmonella*/microsome test. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 19, n. 2, p. 175-184, mar.-apr. 1990.

HALLER H.; AMEDEGNATO E.; POTÉ, J; WILDI, W. Influence of freshwater sediment characteristics on persistence of fecal indicator bacteria. **Water, Air, Soil Pollution**, v. 203, p. 217- 227, 1978.

HAAS, C.N.; ROSE, J.B.; GERBA, C.P (ed.). **Quantitative Microbial Risk Assessment**. 2nd. ed. John Wiley & Sons, inc., New York, 2014.

HAN, M.S., SEONG, M.-W., HEO, E.Y., PARK, J.H., KIM, N., SHIN, S., CHO, S.I., PARK, S.S., CHOI, E.H., 2020. Sequential analysis of viral load in a neonate and her mother infected with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. **Clin. Infect. Dis.** <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa447>

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document — Enteric Protozoa: Giardia and Cryptosporidium**. 2019. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. (Catalogue No. H144-13/10-2018E-PDF).

HER MAJESTY STATIONERY OFFICE. **The bacteriological examination of water supplies**. Department of Health and Social Security Welsh Office. Ministry of Housing and local government. Reports on Public Health and Medical Subjects. London, n.71,1969.

HOLCOMBE, G. W.; PHIPPS, G. L.; FIANDT, J. T. Effects of phenol, 2,4-dimethylphenol, 2,4-dichlorophenol, and pentachlorophenol on embryo, larval, and early-juvenile fathead minnow (*Pimephales promelas*). **Arch. Environm. Contam. Toxicol.**, v.11, p. 73-78, 1982.

IBGE. Estudos & Pesquisas. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Brasil, 2004. 395 p. (Informação Geográfica, 4).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010 [online]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_sao_paulo.pdf.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2020 . [online] Disponível na internet via <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/default.shtm>>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022, Tabelas. [online]. Disponível na internet via <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>>.

IGLESIAS, N.G., GEBHARD, L.G., CARBALLEDA, J.M., AIELLO, I., RECALDE, E., TERNY, G. et al. SARS-CoV-2 surveillance in untreated wastewater: detection of viral RNA in a low-resource community in Buenos Aires, Argentina. **Rev Panam Salud Publica**. 2021;45:e137. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.137>

INSTITUTO DE PESQUISAS CANANÉIA. **Cidade natureza**. Cananéia, [2000].

IPT (São Paulo). **Estudos geológicos e sedimentológicos no estuário santista e na baía de Santos, estado de São Paulo**. São Paulo, 1974. 2 v.

_____. **Estudo da disposição de metais pesados nos sedimentos de fundo da Represa Billings, região metropolitana de São Paulo (RMSP)**. São Paulo, 2005. 105 p. (Relatório Técnico n. 78 563-205).

ISO. **14911:1998** - water quality - determination of dissolved Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺ and Ba²⁺ using ion chromatography - method for water and wastewater. 1. ed. Switzerland: ISO, oct. 1998. 18p.

JAKARIYA, M., AHMED, F., ISLAM, M. A., AL MARZAN, A., HASAN, M. N., HOSSAIN, M. et al. 2022. Wastewater-based epidemiological surveillance to monitor the prevalence of SARS-CoV-2 in developing countries with onsite sanitation facilities. **Environmental Pollution**, 119679.

JESUS, M. F. S. DDT. In: _____. **Poluentes orgânicos persistentes: POPs**. Salvador: CRA, 2002. 500 p. (Série Cadernos de Referência Ambiental, v. 13).

JEONG, H.W., KIM, S.-M., KIM, H.-S., KIM, Y.-I., KIM, J.H., CHO, J.Y., KIM, S., KANG, H., KIM, S.- G., PARK, S.-J., KIM, E.-H., CHOI, Y.K., 2020. Viable SARS-CoV-2 in various specimens from COVID-19 patients. **Clin. Microbiol. Infect.** <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.020>.

KADO, N. Y.; LANGLEY, D.; EISENSTADT, E. A simple modification of the *Salmonella* liquid incubation assay. **Mutation Research**, v. 121, p. 25-32, 1983.

KIM, J.-M., KIM, H.M., LEE, E.J., JO, H.J., YOON, Y., LEE, N.-J., SON, J., LEE, Y.-J., KIM, M.S., LEE, Y.- P., CHAE, S.-J., PARK, K.R., CHO, S.-R., PARK, S., KIM, S.J., WANG, E., WOO, S., LIM, A., PARK, S.- J., JANG, J., CHUNG, Y.-S., CHIN, B.S., LEE, J.-S., LIM, D., HAN, M.-G., YOO, C.K., 2020. Detection and isolation of SARS-CoV-2 in serum, urine, and stool specimens of COVID-19 patients from the Republic of Korea. **Osong Publ. Heal. Res Perspect** 11, 112–117. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.3.02>.

KIRBY A. E., WALTERS M. S., JENNINGS W. C., FUGITT R., LACROSS N., MATTIOLI M., MARSH Z. A., ROBERTS V. A., MERCANTE J. W., YODER J. & HILL V. R. 2021 Using Wastewater Surveillance Data to Support the COVID-19 Response — United States, 2020–2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.*, 70:1242–1244. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7036a2>

KLEMM, D. J. et al. **Macroinvertebrate field and laboratory method for evaluating the biological integrity of surface waters**. Cincinnati: EPA, 1990.

LAMPARELLI, M.C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; PIRES, D. A.; LERCHE, L. H. M.; CARVALHO, M. do C.; ROSAL, C. Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê, São Paulo, CETESB. 2014.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo (BR). 2004. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LAMPERT, W. Inhibitory and toxic effects of blue-green algae on *Daphnia*. **Int. Revue Ges. Hydrobiol.**, v. 66, n. 3, p. 285-298, 1981.

LEMOS, M. M. G.; MODESTO, R. P.; RUBY, E. C.; TOFFOLI, F.; CASARINE, D. P. **Condição da qualidade para substâncias orgânicas persistentes na Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídrico – UGRHI 6 – Bacia do Alto Tietê/Região Metropolitana de São Paulo, RMSP.** Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo, 2009.

LILIANTIS, T. B. **Avaliação da adição de nitrato de amônio para redução de odor nos esgotos de Pereira Barreto - SP:** reflexos na qualidade da água do reservatório de Três Irmãos, após dez anos de aplicação. 2007. 147 f.. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LODDER, W., DE RODA HUSMAN, A.M., 2020. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. **Lancet Gastroenterol. Hepatol.** 5, 533–534. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30087-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30087-X).

MAGLIOCCA, A. **Glossário de oceanografia.** São Paulo: Nova Stella Editorial/EDUSP, 1987. 355 p.

MARCHESE, M.R.; SANTOS, M.R.; LIMA, J.C.L.; PAMPLIN, P.A.Z. First record of introduced species *Lumbriculus variegatus* Müller, 1774 (Lumbriculidae, Clitellata) in Brazil. **BioInvasions Records**, v. 4, n. 2, p. 81–85. 2015. (<http://dx.doi.org/10.3391/bir.2015.4.2.02>)

MARCONDES, D. A. S. et al. Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. **Planta Daninha**, v. 21, p.69-77, 2003. Número especial.

MARON, D. M.; AMES, B. N. Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. **Mutation Research**, v. 113, p. 173-215, 1983.

MARTIN, J., KLAPSA, D., WILTON, T., ZAMBON, M., BENTLEY, E., BUJAKI, E., FRITZSCHE, M., MATE, R., MAJUMDAR, M., 2020. Tracking SARS-CoV-2 in sewage: evidence of changes in virus variant predominance during COVID-19 pandemic. **Viruses** 12, 1144. <https://doi.org/10.3390/v12101144>.

MEDEMA, G., HEIJNEN, L., ELSINGA, G., ITALIAANDER, R., BROUWER, A., 2020. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the Netherlands. **Environ. Sci. Technol. Lett.** 7, 511–516. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00357>.

MEIRE, R. O.; AZEREDO, A.; TORRES, J. P. M. Aspectos Ecotoxicológicos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. **Oecol. Bras.**, v.11, n.2 188-201, 2007.

MIDAGLIA, C. L. V. **Proposta de implantação do índice de abrangência espacial de monitoramento - IAEM por meio da análise da evolução da rede de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo.** 2009. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 8, de 21 de novembro de 2022. 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. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**: Diário do Executivo, caderno 1, p. 8-11, 2 dezembro 2022.

MIRANDA, L.; CASTRO, B.; KJERFVE, B. Circulation and mixing due to tidal forcing in the Bertioga Channel, São Paulo, Brazil. **Estuaries**, v. 21, p. 204-214, 1998.

MORTELMANS, K.; ZEIGER, E. The Ames *Salmonella*/microsome mutagenicity assay. **Mutation Research**, v. 455, p. 29-60, 2000.

MOURA, I.B., BUCKLEY, A.M., WILCOX, M.H.. Can SARS-CoV-2 be transmitted via faeces? **Curr Opin Gastroenterol**. 1;38(1):26-29, 2022.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F.; ARAGÃO, G. U. (Coord.). **Bases técnico-científicas para o desenvolvimento de critérios de qualidade de sedimentos (CQS)**: experimentos de campo e laboratório - relatório final. São Carlos: UFSCar, 2003. 465p.

NICD (National Institute for Communicable Diseases). 2021. COVID 19. Wastewater-based Epidemiology for SARS-CoV-2 in South Africa. <https://www.nicd.ac.za/diseases-a-z-index/disease-index-covid-19/surveillance-reports/weekly-reports/wastewater-based-epidemiology-for-sars-cov-2-in-south-africa/>. Acesso em março de 2022.

OGA, S.; CAMARGO, M. A.; BASTITUZZO, J. A. O. (Ed.). **Fundamentos de toxicologia**, 3. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2008.

OLIVEIRA, E.M. **Desafios e perspectivas para a recuperação da qualidade das águas do Rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo**. 2015 Tese de Doutorado, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

P-BDS-085. Analyzing samples with U2-OS CALUX bioassays using sigmoidal dose response curves (with 0.1% or 1% DMSO). **BDS – BioDetection Systems**, versão D, 2013.

PAERL, H. W.; OTTEN, T. G. **Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls**. **Microbial Ecology**. 2013.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). **Química Nova**, v.24, n.3, p.390-398, 2001.

PINA, S., PUIG, M., LUCENA, F., JOFRE, J., GIRONES, R. 1998. Viral Pollution in the Environment and in Shellfish: Human Adenovirus Detection by PCR as an Index of Human Viruses. **Applied and Environmental Microbiology**. 64(9), 3376-3382.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

PIVELI, R. P. **Qualidade e poluição das águas: aspectos físico-químicos**. São Paulo: CETESB, 2000 (Curso Via INTRANET - CETESB).

POFFO, I. R. F. **Gerenciamento de riscos socioambientais no complexo portuário de Santos na ótica ecossistêmica**. 2008. Tese (Doutorado)- PROCAM – Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental da USP. (revisado). 2008.

RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington, DC: Hemisphere, 1985. 666 p.

RENGEFORS, K. et al. Experimental investigation of taxon-specific response of alkaline phosphatase activity in natural freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, v.48, n. 3, p. 1167–1175, 2003.

RIJKSOVERHEID. 2021. Coronavirus Dashboard. Early Indicators: Virus particle in wastewater. <https://coronadashboard.government.nl/landelijk/rioolwater>. Acesso em março de 2022.

SAMPAIO, E. V. et al. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema river, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 62, n. 3, p. 525-545, 2002.

SANCHES, N.A.O; GIROLI, D.A; LIMA, M.F.; GORNI, G.R.; CORBI, J.J. *Lumbriculus variegatus* (Müller, 1774) (Oligochaeta, Lumbriculidae) in Campos do Jordão State Park, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. 1-4. 2021. (<https://doi.org/10.1590/1519-6984.247913>)

SANSEVERINO, J.; GUPTA, R.K.; LAYTON, A.C.; PATTERSON, S.S.; RIPP, S.A.; SAIDAK, L.; SIMPSON, M.L.; SCHULTZ, T.W.; SAYLER, G.S. Use of *Saccharomyces cerevisiae* BLYES expressing bacterial bioluminescence for rapid, sensitive detection of estrogenic compounds. **Appl. and Environ. Microbiology**, 71, p. 4455-4460, 2005.

SÃO PAULO (Cidade). Prefeitura Municipal. **Diagnóstico cartográfico ambiental do município de São Paulo**. São Paulo, 1992. 33 p.

SÃO PAULO (cidade). Decreto Municipal nº 57.776, de 7 de julho de 2017. Regulamenta a Lei nº 16.642, de 9 de maio de 2017, que aprovou o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo; define os membros da Comissão de Edificações e Uso do Solo – CEUSO. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, ano 47, v 208, 08 jul. 2017. p.1

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 118, de 29 de junho de 1973. Autoriza a Constituição de uma sociedade por ações, sob denominação de CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle da Poluição das Águas, e dá providências correlatas. **Diário Oficial: Estado de São Paulo**: p. 3, 30 jun. 1973.

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH e dá providências correlatas. **Diário Oficial:** Estado de São Paulo: p. 1, 15 dez. 2016.

SÃO PAULO (Estado). CETESB. Decisão de Diretoria, n.363, de 7 de dezembro de 2011. Dispõe sobre a adoção do parâmetro E. coli para avaliação dos corpos d'água do território do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 13 de dezembro de 2011.

_____. **Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976.** Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

_____. **Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.**

_____. **Decreto Estadual nº 60.133 de 07 de fevereiro de 2014.** Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Fauna_

_____. Dos municípios e regiões: da organização regional: das entidades regionais. In: _____. **Constituição do Estado de São Paulo.** São Paulo: IMESP, 1989. Título 4, Cap.2, Seção 2, artigo 153, parágrafo 1º, p. 24.

_____. **Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994.** Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Lei Estadual nº 9.866/97:** uma nova política de mananciais - diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 1997. 24 p.

_____. Secretaria do Meio Ambiente; SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. **Gestão das águas:** 6 anos de percurso. São Paulo: SMA, 1997. 2 v.

_____. Secretaria do Meio Ambiente; CETESB (São Paulo); PRIME ENGENHARIA. **Avaliação da poluição por fontes difusas afluentes ao Reservatório Guarapiranga:** relatório síntese. São Paulo: SMA, 1998. 96 p.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução nº 65, de 13 de agosto de 1998. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, 14 ago. 1998. Seção 1, p. 27.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. DAEE. **Relatório de situação dos recursos hídricos do estado de São Paulo.** São Paulo, 1999. 119 p.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Informações Básicas para o planejamento ambiental.** São Paulo: SMA, 2002. 84 p.

_____. Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. DAEE. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano estadual de recursos hídricos 2004-2007**. São Paulo, 2005.

_____. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CATI. IEA. **Projeto LUPA**. Campinas, 2005.

SEADE (São Paulo). **Pesquisa da atividade econômica paulista**. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/paep>>. Acesso em: mar. 2008.

SEMINÁRIO USO MÚLTIPLO DA REPRESA BILLINGS. São Paulo: Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, 1997. 155 p.

SERAFIM JR. et al. Rotifers of the Upper Paraná River floodplain: additions to the checklist. **Braz. J. Biol.**, v. 63, n. 2, p. 207-212, 2003.

SCHLOESSER, D.W.; REYNOLDSON, T.B.; MANNY, B.A. Oligochaete fauna of Western Lake Erie 1961 and 1982: Signs of sediment quality recovery. **J. Great Lakes Res.**, v. 2, n. 3, p. 294-306, 1995.

SHEPPARD, S. C. et al. Derivation of ecotoxicity thresholds for uranium. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 79, n. 1, p. 55-83, 2005.

SHERCHAN S., THAKALI O., IKNER L.A., GERBA C.P. Survival of SARS-CoV-2 in wastewater. **Sci Total Environ**. v.15; n.882:163049, 2023.

SILVA L. C.; LEONE I. C.; SANTOS-WISNIEWSKI M. J.; PERET A. C.; ROCHA O. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotropica**, v.12, n.2, p.1-8, 2012.

SILVÉRIO, P. F. **Bases técnico-científicas para a derivação de valores-guias de qualidade de sedimentos para metais**: experimentos de campo e laboratório. 2003. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution**, v.100, n. 1-3, p. 179-196, 1999.

SODRÉ, F.F., LOCATELLI, M.A.F., JARDIM, W.F. Occurrence of emerging contaminants in Brazilian drinking waters: a sewage-to-tap issue. **Water Air and Soil Pollution**, n. 206, p. 57-67, 2010.

SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA: UFMG, 1999. 137 p.

SUGUIO, K.; TESSLER M. G. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). **Pub. Esp. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 9, p. 1-33, 1992.

TAKEDA, A. M.; FUJITA, D. S.; FONTES Jr, H. M. Perspectivas de proliferação de Bivalvia exóticas na planície aluvial do alto rio Paraná. In: AGOSTINHO, A.A. et al. (Coord.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: relatório anual 2002**. Maringá, PR: UEM, 2002. Parte 3 Componente biótico.

TERMANSEN, M.B., FRISCHE, S. Fecal-oral transmission of SARS-CoV-2: A systematic review of evidence from epidemiological and experimental studies. **Am J Infect Control**. 28:S0196-6553(23)00356-5, 2023.

TESSLER, M. G. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista**. 1988. 277 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

TOLEDO JR., A. P. **Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais**. São Paulo: CETESB, 1990.

TOLEDO JR., A. P. et al. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagoas e reservatórios tropicais**. São Paulo: CETESB, 1983. 34 p. Apresentado ao 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, 1983.

TOLEDO JR., A. P. et al. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. São Paulo: CETESB, 1984. 56 p. Apresentado ao 19º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária Ambiental, Santiago do Chile, 1984.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2004.

UNEP. State of the science of endocrine disrupting chemicals 2012. Genebra, Suíça. 2013. 289 p.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency (USEPA). **Common environmental terms: a glossary**. Washington, D.C., 1974. 32 p.

_____. **Update of ambient water quality criteria for ammonia**. Washington, DC, , 1999. (EPA 882-R-99-014).

_____. **Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates**. 2.nd. Washington, D.C., 2000. 202 p. (EPA 600/R-99/064).

_____. **SW 846 online: test methods for evaluating solid waste: physical/chemical methods**. 3rd. Washington, DC, 2013. _____. Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule LT2ESWTR. 40 CFR, Parts 9, 141 e 142. 2006.

_____. Physical chemical and microbiological – Methods of solid waste testing. Cincinnati: USEPA, 1973. EPA-6700-73-01.

WHO (World Health Organization). **Guidelines for drinking water quality: recommendations**. 3.ed. Geneva, 2008. v. 1.

_____. **Guidelines for drinking water quality: health criteria and other supporting information**. 2. ed. Geneva, 1996. v. 2.

_____. **Guidelines for drinking water quality**. 4.ed. Geneva, 2011.

WHO (World Health Organization). **Guidelines for drinking water quality: recommendations**. 4.ed. Geneva, 2017.

_____. **Boron in drinking water: background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality**. Geneva, c2003. (WHO/SDE/WSH/03.04/54).

_____. **Chemical hazards in drinking-water**. Geneva, c2014.

_____. **Microbial Aspects**. In: Guidelines for Drinking water. 3rd Edition. Vol. 1. Recommendations. p. 121-144. 2011.

_____. **Aquatic Life Benchmarks and Ecological Risk Assessments for Registered Pesticides**. Office of Pesticide Programs.

XAVIER, A. F. et al. **Informações básicas para o planejamento ambiental**. São Paulo: SMA/CPLEA, 2002. 1 atlas temático (84 p.): color.; 35 X 54 cm.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; VINGARZAN, R.; MITCHELL, R.H.; GOYETTE, D.; SYLVESTRE, S. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. **Organic Geochemistry**, v. 33, p. 489–515. 2002.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Ed.). **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos: Rima, 2006. 478 p.



Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística

Secretaria de



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Acompanhe as redes sociais da CETESB:



Site: cetesb.sp.gov.br



Facebook: facebook.com/cetesbsp



Linkedin: linkedin.com/company/cetesb



Instagram: instagram.com/cetesbsp



SoundCloud: soundcloud.com/cetesbsp