



SÉRIE RELATÓRIOS
ISSN: 0103 4103

QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO

2021



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO



QUALIDADE DAS ÁGUAS INTERIORES NO ESTADO DE SÃO PAULO

CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

2021

SÉRIE RELATÓRIOS

São Paulo ▪ 2022

Dados Internacionais de Catalogação

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418q CETESB (São Paulo)
Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2021 [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, 2022.
Arquivos eletrônicos : il. color., PDF, XLSX ; 68 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 (287 p.) : 41 MB) + apêndices A-R (arquivos XLSX : 27 MB)
Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>
ISBN 978-65-5577-045-2.

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

CDD (21.ed. Esp.) 363.739 463 169 081 61
CDU (2.ed. Port.) 502.175 (282:815.6)

Catalogação na fonte: Margot Terada - CRB 8.4422

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

© CETESB 2022.
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

FICHA TÉCNICA

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Eng. Carlos Roberto dos Santos

Diretor

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. Amb. Vinícius Vidal Ramos da Silva (UNICAMP)

Setor de Hidrologia

Eng. Luís Altivo Carvalho Alvim

Quím. Vinícius Marques da Silva

Departamento de Análises Ambientais

Farm. Bioq. 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

Estagiária Caroline de Santana Belissimo

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

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

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

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

Editoração/Diagramação

Feeling Propaganda

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

Uma das responsabilidades institucionais na preservação ambiental é a de motivar a população a compartilhar as ações necessárias para alcançar tal desiderato. Divulgar a situação da qualidade ambiental em seus diferentes aspectos é uma forma de permitir o acompanhamento de cidadãs e cidadãos e estimular que participem dos cuidados com o meio ambiente. Por essa razão, há mais de 40 anos, a CETESB torna públicos, de forma regular e transparente, os Relatórios de Qualidade Ambiental.

Esses importantes documentos sintetizam os resultados obtidos pelas redes de monitoramento da qualidade ambiental da CETESB, que foram ampliadas, ao longo do tempo, tanto na sua abrangência territorial quanto em relação aos parâmetros avaliados, permitindo um diagnóstico amplo, de forma a orientar e subsidiar o aprimoramento dos programas de controle ambiental e o planejamento e gestão do meio ambiente no Estado.

Vale destacar que o monitoramento ambiental tem um papel essencial na elaboração e no balizamento das políticas que são desenvolvidas pela CETESB, a principal agência ambiental brasileira e referência em proteção ambiental na América Latina, contribuindo de maneira decisiva para a melhoria da qualidade ambiental e da proteção à saúde da população paulista.

E em 2021 a companhia enfrentou um desafio adicional com a continuidade da pandemia da COVID-19 que se refletiu na operação das redes de monitoramento de qualidade ambiental, tanto na coleta, quanto na análise das amostras. Gradativamente, e graças às equipes dedicadas e experientes, os obstáculos foram sendo superados, caminhando para uma situação de normalidade na operação.

Assim, este ano estão disponíveis, na página da CETESB na internet, as seguintes publicações relacionadas à avaliação da qualidade ambiental: Relatório de Qualidade das Praias Litorâneas, de Qualidade das Águas Interiores, de Qualidade das Águas Costeiras, Qualidade das Águas Subterrâneas e de Qualidade do Ar. Esses relatórios apresentam, entre outras informações, os dados de medição, comparações com os valores legais e principais tendências de comportamento dos poluentes.

Todo este trabalho está em sintonia com a visão estratégica da CETESB de aprimorar a excelência na gestão ambiental e nos serviços prestados aos(as) usuários(as) e à população em geral, assegurando a atuação da companhia como centro de referência nacional e internacional no campo ambiental e na proteção da saúde pública.

Com certeza, novos desafios serão enfrentados em 2022 e serão superados com esforço e inovação que são características da CETESB.

Boa leitura!

Patrícia Iglecias
Diretora-Presidente da CETESB

Listas

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Tabela de Pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica – CETESB.....	33
Tabela 3.2 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2021.....	35
Tabela 3.3 – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB	40
Tabela 3.4 – Pontos de amostragem da rede de sedimento em 2021.....	43
Tabela 3.5 – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados 2021.....	47
Tabela 3.6 – Resumo de pontos monitorados por UGRHI, tipo de projeto e densidade da rede em 2020	51
Tabela 3.7 – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério do IAEM.....	53
Tabela 3.8 – Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2020 e 2021	54
Tabela 3.9 – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM)	55
Tabela 4.1 – Porcentagem da população atendida pela coleta e pelo tratamento de esgotos e ICTEM nas áreas urbanas das 22 UGRHIs - 2021	62
Tabela 4.2 – Porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2021 e nos últimos 5 anos	75
Tabela 4.3 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1 e 2 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2021 e nos últimos 5 anos	76
Tabela 4.4 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2 e 3 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005	78
Tabela 4.5 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios enquadados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nos últimos 5 anos	79
Tabela 4.6 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes enquadados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005	81
Tabela 4.7 – Porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes.....	82
Tabela 5.1 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo PFTHM em todas as campanhas.....	89
Tabela 5.2 – Mananciais em que o IAP foi influenciado negativamente pelo Número de Células de Cianobactérias (NCC), em pelo menos uma campanha..	89
Tabela 5.3 – Mananciais classificados na categoria Regular do IQA.....	90
Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade – IB no período de 2016 a 2021	105
Tabela 6.1 – Descrição dos pontos de Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram Toxicidade Aguda para o <i>Vibrio fischeri</i>	113
Tabela 6.2 – Evolução da classificação segundo o ICZRES entre 2016 e 2021.....	121
Tabela 6.3 – Locais que apresentaram atividade estrogênica abaixo de 1,0 EEQ em 2021	130
Tabela 6.4 – Pontos de monitoramento da vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em rios que compõem os Compartimentos Sanitários Ambientais da região metropolitana de São Paulo.....	134
Tabela 7.1 – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no rio Pinheiros no período de 2020 e 2021	218
Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimento.....	244
Tabela 8.2 – Número de pontos com elementos em concentrações iguais ou acima dos critérios TEL e PEL e os considerados de origem antrópica	248
Tabela 9.1 – Número de registros de reclamações de mortandade de peixes por UGRHI, no estado de São Paulo em 2021	253

LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1 – Frequências de amostragens, porcentagens e quantidades de pontos em 2021	118
Quadro 6.2 – Quantidades e porcentagens de pontos por ponderações das médias anuais do ICF	118
Quadro 6.3 – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero <i>Ceratium</i> de 2017 a 2021	119
Quadro 6.4 – Locais de amostragem da comunidade bentônica em 2021	124
Quadro 6.5 – Qualidade ecológica dos corpos de água medida pelo ICB com relação ao seu enquadramento	130
Quadro 7.1 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jaguari (ponto JARI 00800).	158
Quadro 7.2 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 para NCC e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jacaréi (ponto JCRE 00500).	161
Quadro 7.3 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jacaréi.....	161
Quadro 7.4 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Cachoeira (ponto CACH 00500).	164
Quadro 7.5 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Atibainha (ponto RAIN 00880).	167
Quadro 7.6 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2020 e 2021. Reservatório Atibainha (ponto RAIN 00880).	168
Quadro 7.7 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Juqueri (ponto JQU 00900).	170
Quadro 7.8 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2020 e 2021. Reservatório Juqueri (ponto JQU 00900)	170
Quadro 7.9 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Águas Claras (ponto ACLA 00500).....	174
Quadro 7.10 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> por ponto. Comparação entre 2020 e 2021.	178
Quadro 7.11 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Billings. Comparação entre 2020 e 2021.....	179
Quadro 7.12 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> por ponto. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Guarapiranga (pontos GUAR 00100 e GUAR 00900).	187
Quadro 7.13 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Guarapiranga no ponto situado próximo da captação (GUAR 00900).....	188
Quadro 7.14 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02030).....	194
Quadro 7.15 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02030). Comparação entre 2020 e 2021	194
Quadro 7.16 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02200).....	197
Quadro 7.17 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02200). Dados de 2021.....	198
Quadro 7.18 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02900).....	200
Quadro 7.19 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02900). Comparação entre 2020 e 2021	200
Quadro 7.20 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jundiá (ponto JNDI 00500).....	205
Quadro 7.21 – Concentrações máximas de microcistina e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Jundiá (Ponto JNDI 00500) 2021	205
Quadro 7.22 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Taiacupeba (ponto PEBA 00900)	208
Quadro 7.23 – Concentrações máximas de microcistina e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Taiacupeba	208
Quadro 7.24 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Promissão (pontos TIPR 02990 e TIPR 02400).....	227
Quadro 7.25 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento a Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Promissão (TIPR 02990) Comparação entre 2020 e 2021	227

Quadro 7.26 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (cél mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Braço Ribeirão da Fartura (ponto BFAR 02250).....	229
Quadro 7.27 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (cél mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Braço do rio Barra Mansa (ponto BMAN02250).....	231
Quadro 7.28 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (cél mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Braço Ribeirão Santa Bárbara (ponto BBRA 02700).....	233
Quadro 7.29 – Resultados de densidade de organismos (org mL ⁻¹), de Células de Cianobactérias (cél mL ⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de <i>Ceratium</i> . Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Itupararanga (pontos SOIT 02900 e SOIT 02100)	238
Quadro 7.30 – Concentrações máximas de microcistina e saxitoxina e porcentagens de atendimento a Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2020 e 2021. Reservatório Itupararanga.....	239
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 2016 a 2021	257
Quadro 9.2 – Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2021 pela CETESB.....	258

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 – Distribuição dos pontos de amostragem por tipo de monitoramento 2021	52
Gráfico 4.1 – Evolução do tratamento de esgotos domésticos no estado de São Paulo – 2016 a 2021	62
Gráfico 4.2 – Evolução da carga remanescente no estado de São Paulo – 2016 a 2021	63
Gráfico 4.3 – Carga remanescente de DBO por UGRHI – 2021	66
Gráfico 4.4 – Porcentagens de res. da Rede Básica que não atendem os padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2021 e no per. de 2016 a 2020....	69
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 2021 e a porcentagem da população urbana da UGRHI em relação a população do Estado	70
Gráfico 4.6 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de <i>Escherichia coli</i> por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos	71
Gráfico 4.7 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Fósforo Total por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos	72
Gráfico 4.8 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Oxigênio Dissolvido por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos. Os valores mostrados correspondem ao ano de 2021	72
Gráfico 4.9 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de DBO por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos	73
Gráfico 4.10 – Porcentagem de res. que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Nitrogênio Amoniacal por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos....	74
Gráfico 4.11 – Porcent. de res. que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Alumínio, Ferro e Manganês por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos..	74
Gráfico 4.12 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Clorofila a por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos	75
Gráfico 4.13 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Número de Células de Cianobactérias por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos	76
Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2021	86
Gráfico 5.2 – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2016 a 2021	89
Gráfico 5.3 – Influência das variáveis no resultado do IAP	90
Gráfico 5.4 – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2016 a 2021	94
Gráfico 5.5 – Distribuição percentual do IET por UGRHI em 2021	95
Gráfico 5.6 – Evolução da Distribuição do IET, no período de 2016 a 2021	100
Gráfico 5.7 – Distribuição percentual das categorias dos resultados mensais IVA por UGRHI	101
Gráfico 5.8 – Influência das variáveis nos resultados do IVA.....	102
Gráfico 5.9 – Distribuição percentual do efeito tóxico por UGRHI.....	104
Gráfico 6.1 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nas amostras de água, por UGRHI, distribuídos em cada categoria...	114
Gráfico 6.2 – Porcentagem dos result. de Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nas amostras de água Classe 4, dist. em cada categoria, por UGRHI.....	116
Gráfico 6.3 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> nos pontos coincidentes nos anos de 2016 a 2021	117
Gráfico 6.4 – Densidade média anual e distribuição dos grupos da comunidade zooplânctônica dos reservatórios Jaguari (JARI 00800), Jacaré (JCRE 00500), Atibainha (RAIN 00880), Juqueri (JQU 00900), Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) e Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900), em 2021..	123
Gráfico 6.5 – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2021	132
Gráfico 6.6 – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2021	134
Gráfico 6.7 – Atividade glicocorticoide das amostras testadas em 2021	134
Gráfico 6.8 – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê, que representam as principais bacias de drenagem de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo	138
Gráfico 6.9 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 normalizadas pela concentração de NH ₃ -N nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê, no ano de 2021.....	139

Gráfico 6.10 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 no ponto TIES04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos de COVID-19, óbitos por COVID-19 e casos novos de SRAG por semana epidemiológica no município de São Paulo (Fonte casos clínicos: Painel COVID-19 – Município de São Paulo).....	140
Gráfico 6.11 – 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 por semana epidemiológica no município de São Paulo (Fonte do nº de casos de COVID-19: Painel COVID-19 – Município de São Paulo).....	141
Gráfico 7.1 – Perfil do IQA ao longo do rio Paraíba do Sul em 2020 e nos últimos cinco anos.....	144
Gráfico 7.2 – Perfil do IQA ao longo do rio Jaguari – UGRHI 2 em 2021 e nos últimos 5 anos.....	147
Gráfico 7.3 – Perfil do IQA ao longo dos cursos de água do Litoral Norte em 2021 e nos últimos 5 anos.....	148
Gráfico 7.4 – Perfil do IQA ao longo do rio Pardo – UGRHIs 4 e 12 em 2021 e nos últimos 5 anos.....	149
Gráfico 7.5 – Perfil do IQA ao longo do rio Atibaia em 2021 e nos últimos 5 anos.....	150
Gráfico 7.6 – Perfil do IQA ao longo do rio Jaguari em 2021 e nos últimos 5 anos.....	150
Gráfico 7.7 – Perfil do IQA ao longo do rio Piracicaba em 2021 e nos últimos 5 anos.....	151
Gráfico 7.8 – Média Anual do IQA ao longo do rio Jundiá em 2021 e nos últimos 5 anos.....	153
Gráfico 7.9 – Média Anual do IQA ao longo do rio Capivari em 2021 e nos últimos 5 anos.....	154
Gráfico 7.10 – Evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2021.....	155
Gráfico 7.11 – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2021 e nos últimos 5 anos.....	155
Gráfico 7.12 – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2021 e nos últimos 5 anos.....	156
Gráfico 7.13 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Jaguari em 2021.....	156
Gráfico 7.14 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total no reservatório Jaguari - 2016 a 2021.....	157
Gráfico 7.15 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Jacaré em 2021.....	159
Gráfico 7.16 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total no reservatório Jacaré - 2016 a 2021.....	160
Gráfico 7.17 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Cachoeira em 2021.....	162
Gráfico 7.18 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Cachoeira em 2021.....	163
Gráfico 7.19 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha em 2021.....	165
Gráfico 7.20 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha - 2016 a 2021.....	166
Gráfico 7.21 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total no reservatório Juqueri em 2021.....	168
Gráfico 7.22 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total no reservatório Juqueri - 2016 a 2021.....	169
Gráfico 7.23 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Águas Claras (ACLA 00500) em 2021.....	172
Gráfico 7.24 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total no reservatório Águas Claras - 2016 a 2021.....	173
Gráfico 7.25 – Perfil do IQA – reservatório Billings em 2021 e nos últimos 5 anos.....	175
Gráfico 7.26 – Perfil do IAP – reservatório Billings em 2021 e nos últimos 5 anos.....	176
Gráfico 7.27 – Média anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) – 2011 a 2021.....	176
Gráfico 7.28 – Tempo de residência (dias) do reservatório Billings em 2021.....	180
Gráfico 7.29 – IQA dos afluentes do reservatório Billings – 2021.....	183
Gráfico 7.30 – Perfil do IQA no reservatório Guarapiranga em 2021 e nos últimos 5 anos.....	184
Gráfico 7.31 – Média Anual do IAP no ponto GUAR 00900 – reservatório Guarapiranga.....	184
Gráfico 7.32 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) - 2016 a 2021.....	186
Gráfico 7.33 – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do reservatório Guarapiranga – 2021.....	188
Gráfico 7.34 – IQA dos afluentes do reservatório Guarapiranga – 2021.....	190
Gráfico 7.35 – Perfil do IQA no reservatório rio Grande em 2021 e nos últimos 5 anos.....	191
Gráfico 7.36 – Perfil do IAP no reservatório rio Grande em 2021 e nos últimos 5 anos.....	191
Gráfico 7.37 – Tempo de residência (dias) do reservatório Rio Grande – 2021.....	192
Gráfico 7.38 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Rio Grande (RGDE 02030) em 2021.....	192
Gráfico 7.39 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02200) em 2021.....	196
Gráfico 7.40 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02900) - 2016 a 2021.....	198
Gráfico 7.41 – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2021 e nos últimos 5 anos.....	202
Gráfico 7.42 – Perfil do IAP no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2021 e nos últimos 5 anos.....	203
Gráfico 7.43 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá em 2021.....	203
Gráfico 7.44 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá - 2016 a 2021.....	204
Gráfico 7.45 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiaçupeba em 2021.....	206
Gráfico 7.46 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiaçupeba - 2016 a 2021.....	207
Gráfico 7.47 – Perfil do IQA ao longo do rio Tietê em 2021 e nos últimos 5 anos.....	210
Gráfico 7.48 – Vazões médias de descarga e cargas de Carbono Orgânico Total, no ponto TIPI 04900.....	213

Gráfico 7.49 – Perfil do IQA nos Afluentes do rio Tietê até o reservatório de Promissão em 2021 e nos últimos 5 anos	217
Gráfico 7.50 – Perfil de COT nos Afluentes do rio Tietê até o reservatório de Promissão em 2021 e nos últimos 5 anos	218
Gráfico 7.51 – Perfil do IQA no rio Tamanduateí em 2021 e nos últimos 5 anos	219
Gráfico 7.52 – Perfil do IQA ao longo do rio Pinheiros em 2021 e nos últimos 5 anos	219
Gráfico 7.53 – Evolução das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg L ⁻¹) no rio Pinheiros entre 2017 e 2021	221
Gráfico 7.54 – Evolução da Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹) no rio Pinheiros entre 2017 e 2021	221
Gráfico 7.55 – IQA dos afluentes do rio Pinheiros em 2021 e nos últimos 5 anos	223
Gráfico 7.56 – Perfil de COT (mg/L) nos afluentes do rio Pinheiros em 2021 e nos últimos 5 anos.....	224
Gráfico 7.57 – IQA nos braços e afluentes do rio Tietê do reservatório de Promissão até a entrada no reservatório Três Irmãos.....	225
Gráfico 7.58 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total ao longo de 2021 no ponto TIPR02990	226
Gráfico 7.59 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total no braço do ribeirão Fartura (BFAR 02250) ao longo de 2021	228
Gráfico 7.60 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no braço do rio Barra Mansa (BMAN 02250) em 2021	230
Gráfico 7.61 – Concentrações de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no braço do ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2021.....	232
Gráfico 7.62 – Perfil do IQA no rio Mogi-Guaçu em 2020 e nos últimos 5 anos.....	234
Gráfico 7.63 – Perfil do IQA no rio Sorocaba em 2021 e nos últimos 5 anos	235
Gráfico 7.64 – Classificação do IAP no reservatório de Itupararanga entre 2016 e 2021.....	236
Gráfico 7.65 – Média Anual de Clorofila a e Fósforo Total (PT) no reservatório Itupararanga (SOIT 02900) - 2016 a 2021.....	236
Gráfico 7.66 – Perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguape em 2021 e nos últimos 5 anos.....	239
Gráfico 7.67 – Perfil do IQA em 2021 e nos últimos 5 anos no rio Batalha.....	240
Gráfico 7.68 – Perfil do IQA no rio São José dos Dourados em 2021 e nos últimos 5 anos.....	240
Gráfico 7.69 – Perfil do IQA no rio Aguapeí em 2021 e nos últimos 5 anos.....	241
Gráfico 7.70 – Perfil do IQA no rio do Peixe em 2021 e nos últimos 5 anos.....	242
Gráfico 7.71 – Perfil do IQA no rio Grande em 2021 e nos últimos 5 anos	243
Gráfico 7.72 – Perfil do IQA em 2021 no rio Paraná em 2021 e nos últimos 5 anos	243
Gráfico 7.73 – Perfil do IQA no rio Paranapanema em 2021 e nos últimos 5 anos.....	244
Gráfico 9.1 – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2011 a 2021 no Estado de São Paulo	254
Gráfico 9.2 – Distribuição proporcional das ocorrências de mortandades de peixes no Estado de São Paulo, por UGRHI de 2016 a 2021	256
Gráfico 9.3 – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2016 a 2021	261
Gráfico 9.4 – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no Estado de São Paulo em 2021	262

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Processo de codificação e georreferenciamento dos pontos de amostragem	33
Figura 3.2 – Exemplo de localização do ponto GUAR 00900, na represa Guarapiranga, para cadastro no Banco Interáguas	34
Figura 3.3 – Pontos ANA propostos inicialmente para o estado de São Paulo	39
Figura 3.4 – Ex. de medição de vazão realizada pela CETESB no ponto integrado da rede CETESB/ANA, TIET 04180, no rio Tietê, na ponte da Bandeiras..	40
Figura 3.5 – Coleta de sedimentos no rio Piracicaba no ponto PCAB 02600	44
Figura 3.6 – Prainha do Ribeirão Grande próxima da ponte de ferro e ao lado da estrada para capela de Nossa Senhora de Aparecida. Ao lado, mastro para sinalização da qualidade da água	46
Figura 3.7 – Coleta em frente à prainha da Marina Guaraci, (GUAR 00401), na represa Guarapiranga	47
Figura 3.8 – EF26 – Queluz, PARB 02870 Vista da estação e do acesso a sonda, na margem do rio Paraíba.....	49
Figura 5.1 – Distribuição porcentual das categorias do IQA em função da época do ano (2021)	88
Figura 5.2 – Distribuição porcentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2021	92
Figura 6.1 – Resultados qualitativos de mutagenicidade dos ensaios de <i>Salmonella</i> /microsoma e Micronúcleo nas amostras de água avaliadas no período de 2016 a 2021	113
Figura 6.2 – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o <i>Vibrio fischeri</i> em 2021	115
Figura 6.3 – Estruturas da comunidade fitoplancônica nos pontos amostrados em 2021	121
Figura 6.4 – Estruturas das comunidades bentônicas em 2021.....	126
Figura 6.5 – Análise por agrupamento utilizando o índice de Bray-Curtis para as comunidades bentônicas analisadas em 2021	128
Figura 6.6 – Densidades médias de organismos (ind.m ⁻²) da macrofauna bentônica e respectivos desvios-padrão	129
Figura 6.7 – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.....	137
Figura 7.1 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2021	145
Figura 7.2 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2021	146

Figura 7.3 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2021	152
Figura 7.4 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari – 2016 a 2021.....	158
Figura 7.5 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari. 2021.....	158
Figura 7.6 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jacaré – 2016 a 2021.....	160
Figura 7.7 – Valores da Comunidade Fitoplancônica, Concentração de microcistina e saxitoxina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), Contagem de Células de Cianobactérias e comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Jacaré em 2021.	161
Figura 7.8 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Cachoeira – 2016 a 2021.	164
Figura 7.9 – Valores da Comunidade Fitoplancônica, Contagem de Células de Cianobactérias e comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Cachoeira em 2021.	164
Figura 7.10 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Atibainha – 2016 a 2021.....	166
Figura 7.11 – Valores da Comunidade Fitoplancônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentração de microcistina e saxitoxina e comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Atibainha 2021.....	167
Figura 7.12 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Juqueri - 2016 a 2021.	169
Figura 7.13 – Valores da Comunidade Fitoplancônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentrações de microcistina e saxitoxina no reservatório Juqueri. 2021.	170
Figura 7.14 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2021	171
Figura 7.15 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras – 2016 a 2021....	173
Figura 7.16 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras – 2016 a 2021....	174
Figura 7.17 – Média anual da composição da Comunidade fitoplancônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – reservatório Billings – 2011 a 2021.....	179
Figura 7.18 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2021	181
Figura 7.19 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2021.....	182
Figura 7.20 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2021	185
Figura 7.21 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Guarapiranga - 2016 a 2021 ...	187
Figura 7.22 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Caulim de janeiro a dezembro de 2021.....	189
Figura 7.23 – Médias anuais da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande, corpo central (RGDE 02030) 2021..	193
Figura 7.24 – Valores mensais da Com. Fitoplancônica e Densidade de Células de Cianobactérias no res. Rio Grande (ponto RGDE 02030) 2021	193
Figura 7.25 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Ribeirão Pires de janeiro a dezembro de 2021.....	195
Figura 7.26 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no res. Rio Grande (RGDE 02200) - 2016 a 2021..	197
Figura 7.27 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02200). Dados de 2021	197
Figura 7.28 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório rio Grande próximo da Captação da SABESP (RGDE 02900) - 2016 a 2021.....	199
Figura 7.29 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02900). Dados de 2021	199
Figura 7.30 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2021.....	201
Figura 7.31 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jundiá - 2016 a 2021.....	205
Figura 7.32 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Taiapuê - 2016 a 2021	207
Figura 7.33 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taiapuê de janeiro a dezembro de 2021	209
Figura 7.34 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2021.....	211
Figura 7.35 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Penha de janeiro a dezembro de 2021	212
Figura 7.36 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2021	214
Figura 7.37 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2021	215
Figura 7.38 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2021	216
Figura 7.39 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2021	222
Figura 7.40 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2021. Braço do ribeirão da Fartura	229
Figura 7.41 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do Rio Barra Mansa.....	231
Figura 7.42 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2021. Braço do Ribeirão Sta. Bárbara	233
Figura 7.43 – Média anual da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Ituparanga – próximo à barragem (SOIT 02900) e no corpo central (SOIT 02100), 2016 a 2021	238

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2021	41
Mapa 3.2 – Pontos por projeto de monitoramento da rede CETESB 2021	51
Mapa 3.3 – Situação das UGRHs no estado de São Paulo em função do IAEM – 2020.....	58
Mapa 3.4 – Situação das UGRHs no estado de São Paulo em função do IAEM - 2021.....	59
Mapa 4.1 – Porcentagem de tratamento de esgoto doméstico por município – 2021	67
Mapa 5.1 – Médias anuais do IQA para o ano de 2021.....	87
Mapa 5.2 – Médias anuais do IAP em 2021.....	93
Mapa 5.3 – Médias anuais do IET para o ano de 2021.....	99
Mapa 5.4 – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2021.....	109

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Aspectos descritivos e quantitativos das redes de monitoramento – 2021	
Apêndice B – Descrição dos pontos de amostragem planejados para 2021	
Apêndice C – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem	
Apêndice D – Relação das variáveis por ponto de amostragem – 2021	
Apêndice E – Índices de Qualidade das Águas	
Apêndice F – Quantitativo de Postos Pluviométricos – 2021	
Apêndice G – Intensidade de Chuvas por UGRHI – 2021	
Apêndice H – Mapa das Redes de Monitoramento por UGRHI – 2021	
Apêndice I – Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento – IAEM	
Apêndice J – Dados de Saneamento por município – 2021	
Apêndice K – Porcentagem de resultados não conformes para a Classe 2 e por classe atual de enquadramento por ponto de monitoramento – 2021	
Apêndice L – Resultados do Monitoramento – 2021	
Apêndice M – Média Anual dos Índices de Qualidade (2016 a 2021)	
Apêndice N – Dados Brutos das variáveis de Água e Sedimento – 2021	
Apêndice O – Perfis de Oxigênio Dissolvido e Temperatura – 2021	
Apêndice P – Vazões e Cargas de COT e Fósforo – 2021	
Apêndice Q – Resultados analíticos e classificação semanal das praias de rios e reservatórios – 2021	
Apêndice R – Ocorrências de Mortandade de Peixes – 2021	

Sumário

1 • Conceitos e Metodologia	19
1.1 Objetivos do Monitoramento	19
1.2 Qualidade das Águas Doces.....	19
1.2.1 Redes de Monitoramento	20
1.2.2 Variáveis de Qualidade das Águas e do Sedimento	22
1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica	22
1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento	24
1.2.2.3 Variáveis da Rede de Balneabilidade de Praias Interiores	24
1.2.2.4 Variáveis do Monitoramento Automático.....	24
1.2.3 Índices de Qualidade das Águas e do Sedimento	25
1.2.3.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas	25
1.2.3.2 IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público	25
1.2.3.3 IVA – Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática	26
1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico	26
1.2.3.5 ICF, ICZ e ICB – Índice da Comunidade Fitoplanctônica, Índice da Comunidade Zooplanctônica e Índice da Comunidade Bentônica.....	26
1.2.3.6 IB – Índice de Balneabilidade	26
1.2.3.7 CQS – Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos.....	26
1.2.4 Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido	27
1.2.5 Mortandade de Peixes	27
1.2.6 Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município – ICTEM	27
2 • Aspectos Hidrológicos	29
3 • Redes de Monitoramento.....	33
3.1 Caracterização dos Pontos de Amostragem	33
3.2 Rede de Amostragem Manual.....	34
3.2.1 A Rede Básica	34
3.2.2 Rede de Sedimentos	43
3.2.3 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios	46
3.3 Rede Automática.....	48
3.4 Distribuição dos Pontos de Amostragem.....	50
3.4.1 Distribuição por UGRHI.....	52
3.5 Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento – IAEM	54
3.5.1 Cenário do IAEM para o ano de 2021	57
4 • Saneamento e Aspectos Legais	61
4.1 Coleta e Tratamento de Esgotos no Estado de São Paulo	61
4.1.1 Carga Orgânica Potencial e Remanescente.....	63
4.1.2 Porcentagens de Coleta e Tratamento por UGRHI	64
4.2 Atendimento aos Padrões da Legislação.....	68
4.2.1 Porcentagem de resultados desconformes das principais variáveis para a Classe 2 por UGRHI	70
4.2.1.1 <i>Escherichia coli</i>	71
4.2.1.2 Fósforo Total	71
4.2.1.3 Oxigênio Dissolvido.....	72
4.2.1.4 DBO.....	73
4.2.1.5 Nitrogênio Amoniacal.....	73

4.2.1.6 Ferro, Alumínio e Manganês	74
4.2.1.7 Clorofila <i>a</i>	75
4.2.1.8 Número de Células de Cianobactérias.....	75
4.2.2 Porcentagem de resultados desconformes por classe de enquadramento	76
4.2.2.1 Pontos enquadrados na Classe Especial	76
4.2.2.2 Pontos enquadrados na Classe 2	78
4.2.2.3 Pontos enquadrados na Classe 3	80
4.2.2.4 Pontos enquadrados na Classe 4	81
4.2.2.4.1 Pontos do Programa Novo Rio Pinheiros	81
5 • Índices de Qualidade das Águas.....	85
5.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas	86
5.1.1 Distribuição percentual das categorias do IQA	86
5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IQA	88
5.1.3 IQA entre 2016 e 2021	89
5.2 IAP – Índice de qualidade de água para fins de abastecimento público.....	89
5.2.1 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IAP	92
5.2.2 IAP entre 2016 e 2021	94
5.3 IET – Índice do Estado Trófico	95
5.3.1 Distribuição percentual das categorias do IET	95
5.3.2 IET entre 2016 e 2021.....	100
5.4 IVA – Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática	101
5.4.1 Distribuição percentual das categorias do IVA por UGRHI em 2021	101
5.4.2 Distribuição do Ensaio Ecotoxicológico com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	104
5.4.3 IB – Índice de Balneabilidade das praias em rios e reservatórios	106
6 • Avaliação Biológica	111
6.1 Toxicologia	111
6.1.1 Testes de Mutagenicidade	112
6.1.2 Teste de Salmonella/microsoma – teste de Ames	112
6.1.3 Ensaio de Micronúcleo <i>in vitro</i>	113
6.1.4 Toxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i> (Sistema microtox).....	114
6.2 Comunidades Aquáticas	117
6.2.1 Comunidade Fitoplanctônica	118
6.2.2 Comunidade Zooplanctônica	122
6.2.3 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos	124
6.2.3.1. Espécies Exóticas Invasoras – E.E.I.	130
6.3 Ensaios Bioanalíticos	131
6.3.1 Interferentes endócrinos (atividade estrogênica).....	131
6.3.2 Determinação da atividade glicocorticoide (ensaio GR-CALUX).....	133
6.4 Vigilância Ambiental de SARS-CoV-2.....	135
7 • Avaliação por Corpo de Água	143
7.1 UGRHI 2 – Rio Paraíba do Sul.....	144
7.1.1 Rio Paraíba do Sul	144
7.1.2 Rio Jaguari – UGRHI 2.....	147
7.2 UGRHI 3 – LITORAL NORTE	147
7.3 UGRHIs 4 e 12 – Rio Pardo.....	149
7.4.UGRHI 5 – PIRACICABA / CAPIVARI / JUNDIAÍ	149
7.4.1 Rio Atibaia	149
7.4.2 Rio Jaguari – UGRHI 5.....	150
7.4.3 Rio Piracicaba.....	151
7.4.4 Rio Jundiaí	153

7.4.5 Rio Capivari.....	153
7.5 Sistema Cantareira - UGRHIs 5 e 6	154
7.5.1 Reservatório Jaguari	156
7.5.2 Reservatório Jacareí.....	159
7.5.3 Reservatório Cachoeira	162
7.5.4 Reservatório Atibainha.....	165
7.5.5 Reservatório Juqueri (Paiva Castro)	168
7.5.6 Reservatório Águas Claras	171
7.6 Reservatórios da UGRHI 6 - Alto Tietê	175
7.6.1 Reservatório Billings	175
7.6.2 Reservatório Guarapiranga	183
7.6.3 Reservatório Rio Grande	190
7.6.3.1 RGDE 02030 - Foz do rio Grande e transposição para o Taiaçupeba	192
7.6.3.2 RGDE 02200 – Prainha de Tahiti.....	196
7.6.3.3 RGDE 02900 – Captação para abastecimento público	198
7.6.4 Alto Tietê.....	202
7.6.4.1 Reservatório Jundiá	203
7.6.4.2 Reservatório Taiaçupeba	206
7.7 Rio Tietê – UGRHIs 6, 10, 13, 16 e 19	210
7.7.1 Afluentes do rio Tietê – UGRHI 6 até Promissão	217
7.7.1.1 Rio Tamanduateí	219
7.7.1.2 Rio Pinheiros - UGRHI 6	219
7.7.2 Afluentes do rio Tietê - do reservatório de Promissão até entrada no reservatório Três Irmãos	224
7.7.2.1 Reservatório de Promissão.....	225
7.7.2.2 Braço do ribeirão Fartura	228
7.7.2.3 Braço do rio Barra Mansa	230
7.7.2.4 Braço do Ribeirão Sta. Bárbara (BBRA 02700).....	231
7.8 UGRHI 9 – Mogi-Guaçu.....	234
7.9 UGRHI 10 – Sorocaba / Médio Tietê.....	235
7.9.1 Rio Sorocaba	235
7.9.2 Reservatório Itupararanga.....	235
7.10 UGRHI 11 – Ribeira de Iguape/Litoral Sul	239
7.11 UGRHI 16 – Tietê/Batalha.....	240
7.12 UGRHI 18 – São José dos Dourados.....	240
7.13 UGRHI 20 – Aguapeí.....	241
7.14 UGRHI 21 – Peixe.....	241
7.15 Dívidas do Estado.....	242
7.15.1 Rio Grande – UGRHIs 08, 12 e 15	242
7.15.2 Rio Paraná- UGRHIs 18,19 e 22	243
7.15.3 Rio Paranapanema – UGRHIs 14, 17 e 22	244
8 • Qualidade dos Sedimentos	245
9 • Mortandades de Peixes	253
9.1 Registros de Mortandades de Peixes	253
9.2 Ocorrências nas UGRHIs	255
9.3 Tendência nas UGRHIs	256
9.4 Atendimento pelo Setor de Comunidades Aquáticas e Agências Ambientais	258
9.5 Causas das Mortandades de peixes	260
10 • Conclusões.....	265
Referências	269

1 • Conceitos e Metodologia

Neste capítulo, são apresentados os objetivos do monitoramento, os conceitos relativos às redes de monitoramento da CETESB, as variáveis de qualidade adotadas para o monitoramento das águas doces e dos sedimentos, bem como os índices de qualidade de água e do sedimento.

1.1 Objetivos do Monitoramento

A CETESB monitora a qualidade das águas superficiais doces no estado de São Paulo desde 1974. Os principais objetivos desse monitoramento atualmente são:

- Fazer um diagnóstico da qualidade das águas superficiais do Estado, avaliando sua conformidade com a legislação ambiental;
- Avaliar a evolução temporal da qualidade das águas superficiais do Estado;
- Identificar áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, tais como trechos de rios e estuários onde a sua qualidade possa estar mais comprometida, possibilitando, assim, ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgãos;
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas doces utilizadas para o abastecimento público, verificando se suas características são compatíveis com o tratamento existente, bem como para os 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 Doces

De acordo com a [Resolução CONAMA nº.357/2005](#), as águas superficiais doces, salobras e salinas são classificadas, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, sendo essas definidas a partir de um conjunto de condições e padrões de qualidade necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

Essa mesma resolução define padrão de qualidade como sendo o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade da água, ao passo que a condição de qualidade representa a qualidade apresentada por

um segmento do corpo de água num determinado momento, em termos de usos possíveis com segurança adequada, frente às 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, densidade de cianobactérias, teor de clorofila, entre outras, onde existem faixas de concentração permitidas.

Salienta-se que os corpos de água doce paulistas foram enquadrados pelo [Decreto Estadual nº.10.755/1977](#). Uma vez que 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, os dados de qualidade atuais dos corpos hídricos do estado de São Paulo podem não atender às respectivas classes estabelecidas. Dessa forma, ressalta-se que as ações de prevenção e controle de poluição de fontes pontuais (origem doméstica e industrial) ou difusas (origem urbana e agrícola) devem caminhar no sentido de promover a adequação da qualidade dos corpos hídricos superficiais na sua respectiva classe de qualidade, sendo o monitoramento uma ferramenta imprescindível para aferir a eficácia dessas ações e as respectivas metas de enquadramento dos corpos de água.

1.2.1 Redes de Monitoramento

O monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos de água doce pelas redes da CETESB objetiva um diagnóstico dos usos múltiplos dos recursos hídricos no estado de São Paulo, sendo constituído por três redes de amostragem manual e uma rede automática, conforme descrito na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Redes de monitoramento de água doce da CETESB – 2021

Monitoramento CETESB	Objetivos	Início de Operação	Pontos	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Fornecer um diagnóstico geral dos recursos hídricos no estado de São Paulo.	1974	448	Trimestral	Físicas Químicas Biológicas
Rede de Sedimento	Complementar o diagnóstico da coluna de água.	2002	19	Anual	Físicas Químicas Biológicas
Balneabilidade de Praias Interiores	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população.	1994	25	Semanal / Mensal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais, bem como controle da qualidade da água destinada ao abastecimento público.	1998	16	Horária	Físicas Químicas

Em complementação às informações descritas na Tabela 1.1, cabe esclarecer que o número de pontos planejados para a Rede Básica em 2021 era de 520, porém, em razão da continuidade da pandemia de COVID-19, não foi possível atender integralmente a esse quantitativo, bem como às 4 campanhas de coleta previstas. Consequentemente, foram considerados como pontos efetivamente monitorados em 2021 aqueles com amostragens executadas em pelo menos 3 campanhas de coleta, com resultados para, pelo menos, as variáveis que compõem o IQA, os quais totalizaram 448.

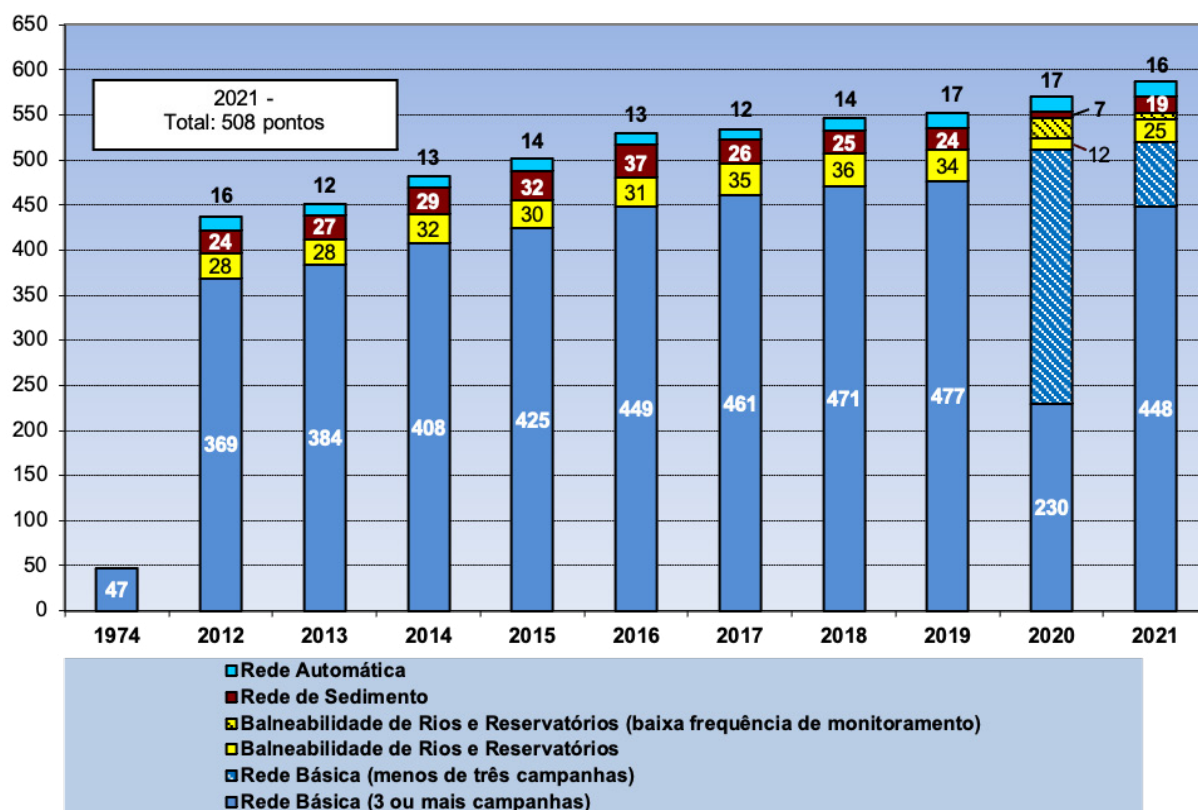
O aperfeiçoamento sistemático da rede da CETESB atende a diversos objetivos inerentes ao monitoramento de qualidade das águas, destacando-se:

- 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.

O processo de evolução do programa de monitoramento da CETESB está baseado 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, bem como as demandas das Agências Ambientais, das Prefeituras Municipais e dos Comitês das Bacias Hidrográficas. O Gráfico 1.1 permite constatar o aumento do número de pontos de amostragem ao longo dos últimos 10 anos, assim como os pontos efetivamente monitorados em 2020 e 2021.

Gráfico 1.1 – Evolução dos pontos de amostragem por programa de monitoramento de água doce



Ao longo do tempo, as Redes da CETESB podem sofrer modificações no seu plano de monitoramento que podem incluir ampliações ou reduções do número de pontos de amostragem, adequações das frequências de coletas e inclusão de novas variáveis de qualidade. Dentro desse contexto, incluem-se ações de monitoramento em colaboração com programas de cunho governamental, a exemplo do Programa Novo Rio Pinheiros (<https://novoriopinheiros.sp.gov.br>), que tem o objetivo de revitalizar o rio Pinheiros por meio da ação de diversos órgãos públicos em parceria com a sociedade. Nesse corpo de água, a CETESB está executando o monitoramento da qualidade da água em 18 pontos posicionados nos seus afluentes e em 4 pontos na calha principal, além de ter sido responsável pela análise dos sedimentos para caracterização e acompanhamento da sua qualidade.

Cabe destacar que, relativo ao Projeto FEHIDRO AT-COB-28 – “Avaliação da qualidade da água das áreas de proteção e recuperação dos mananciais da bacia hidrográfica do Alto Tietê”, foram selecionados

16 pontos para integrarem a Rede Básica de monitoramento da CETESB em 2020 e 2021. Nesse projeto, a qualidade da água e a vazão dos afluentes pertencentes aos sistemas de abastecimento de água da RMSP, a saber Billings, Guarapiranga, Alto Juquery e Alto Tietê-Cabeceiras estão sendo monitorados em 46 pontos pelo período de 2 anos, de modo a constituir um marco referencial para verificação do atendimento às metas de qualidade da água das Áreas de Proteção e Recuperação dos Mananciais – APRMs, conforme estabelecido nas leis específicas dos mananciais da RMSP. O programa também visa à calibração do Modelo Matemático de Correlação do Uso do Solo e Qualidade de Água - MQUAL utilizado em cada APRM (<https://www.infraes-truturameioambiente.sp.gov.br/portalmananciais/>).

A descrição dos pontos monitorados em 2021 pelas 4 redes de monitoramento será detalhada no Capítulo 3. Já os aspectos quantitativos do monitoramento executado em 2021 foram detalhados 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 para a avaliação dos ambientes aquáticos e, dependendo dos usos da água pretendidos, variáveis e índices específicos são adotados para indicar a qualidade das águas.

A seleção das variáveis de qualidade é determinada em função do tipo de monitoramento: rede básica, balneabilidade, sedimentos e automático. Para a rede básica, a escolha das variáveis está direcionada conforme os usos da água verificados em campo.

O significado ambiental e sanitário dessas variáveis, bem como as respectivas metodologias analíticas e de amostragem estão descritas no [Apêndice C](#).

Destaca-se que, em continuidade às atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizadas pela CETESB, tem se realizado o monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19, entre outros locais, em rios localizados na Bacia do Alto Tietê, onde existe a maior densidade populacional do estado de São Paulo. 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 2021 constam no [Capítulo 6](#).

1.2.2.1 Variáveis da Rede Básica

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

Por causa 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 razão 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 (água doce)

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, Carbono Orgânico Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre Dissolvido, Cobre Total, Crômio Total, Dureza, Ferro Dissolvido, Ferro Total, Fluoreto, Fósforo Total, Fósforo-Ortofosfato, Magnésio, 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, Zinco Total	Agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e raticidas, organofosforados), Alcalinidade Total, Arsênio Total, Bifenilas Policloradas (PCBs), Boro Total, Carbono Orgânico Dissolvido, Cloro Residual Livre, Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Compostos Orgânicos Semivoláteis (Semicovs), DBO _(5,20) , DQO, Fenóis Totais, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), Microcistinas, Óleos e Graxas, Potencial de Formação de THM, Saxitoxina, Sulfeto
	Hidrobiológicos	Clorofila <i>a</i> e Feofitina <i>a</i>	Comunidades Fitoplanctônica e Zooplanctônica
	Microbiológicos	<i>Escherichia coli</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 70% dos pontos;

** Variáveis adicionais - monitorados em menos de 70% dos pontos

A relação da quantidade de análises por variáveis e por ponto de amostragem de água que foram realizadas em 2021 constam no [Apêndice D](#). Informa-se que, em razão da pandemia de COVID-19, houve restrição de análise em determinadas épocas do ano.

Cabe esclarecer que, em 2020, a variável DBO foi substituída pela variável Carbono Orgânico Total, por meio da qual também é possível quantificar a matéria orgânica presente no ambiente aquático. As justificativas técnicas para essa substituição podem ser consultadas no “[Estudo estatístico da relação funcional entre os parâmetros DBO e COT em corpos d’água do Estado de São Paulo](#)”.

As medições de vazão nos corpos de água são realizadas pela CETESB em parceria com o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE do Estado de São Paulo. 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 2021, a Rede Básica gerou um volume de dados correspondente aos resultados de aproximadamente 93.000 análises físicas, químicas, biológicas, ecotoxicológicas e bioanalíticas.

1.2.2.2 Variáveis da Rede de Sedimento

O sedimento tem sido cada vez mais utilizado em estudos de avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos, por retratar condições históricas da influência de atividades antrópicas sobre esses ambientes, nem sempre detectáveis pelo uso de variáveis da água. A presença de contaminantes no sedimento potencializa a transferência destes para a coluna de água. A mobilização de contaminantes da fase sólida para a fase dissolvida pode ocorrer por meio do 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.

Na Tabela 1.3, são apresentadas as variáveis de qualidade de sedimento (físicas, químicas, hidrobiológicas e toxicológicas) utilizadas pela CETESB em sua avaliação em 2021.

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)
	Químicos	a) Inorgânicas: Alumínio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Crômio, Escândio, Ferro, Fósforo, Manganês, Mercúrio, Níquel, Nitrogênio Kjeldahl e Zinco.
		b) Orgânicas: Bifenilas Policloradas (PCBs), Carbono Orgânico Total, Dioxinas e Furanos, Dioxin-Like PCBs, 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 sanctacoli</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 principal 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 variáveis possíveis de serem medidas por meio de sondas multiparamétricas compõem o grupo de variáveis monitoradas nas estações automáticas: 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 E](#).

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

Para o cálculo do IQA, são consideradas variáveis de qualidade que indicam, principalmente, a presença de efluentes sanitários, embora também de outros tipos de cargas difusas no corpo de água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. Este índice, calculado em todos os pontos da Rede Básica, também pode indicar alguma contribuição de efluentes industriais, desde que sejam de natureza orgânica biodegradável.

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).

Em 2021, em razão das restrições laboratoriais devido a pandemia de COVID-19, para realização do Ensaio Ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia*, o IVA foi calculado em número reduzido de pontos.

1.2.3.4 IET – Índice do Estado Trófico

O Índice do Estado Trófico 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 Índice de Balneabilidade 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 Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos - 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 lênticos 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).

Dessa 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 lênticos (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 UGRHs. A CETESB realiza atendimento a ocorrências de mortandades de peixes por meio das Agências Ambientais e do Setor de Comunidades Aquáticas.

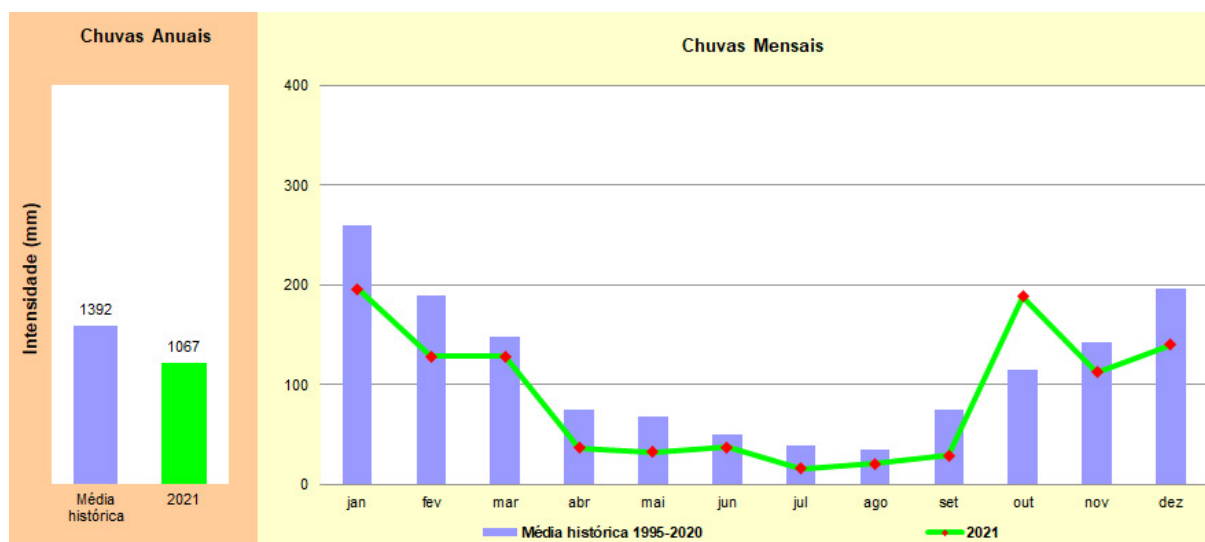
1.2.6 Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município – ICTEM

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 E](#).

2 • Aspectos Hidrológicos

Este capítulo tem por objetivo avaliar a disponibilidade hídrica no estado de São Paulo. Para tanto, foram tomadas as médias mensais dos valores registrados em 1.697 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.

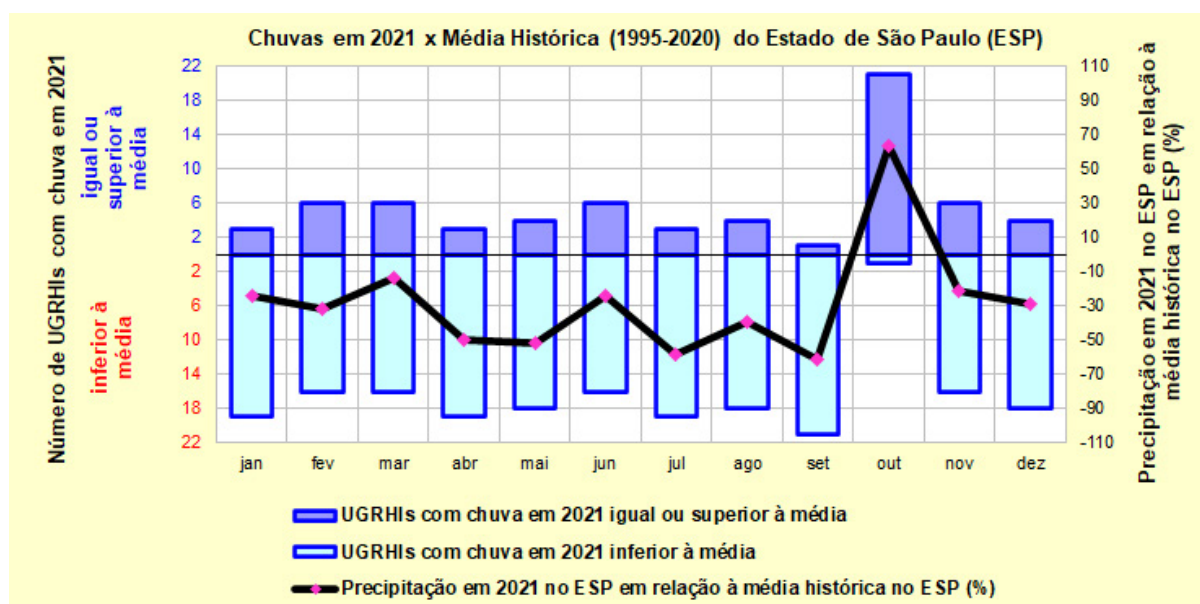
Gráfico 2.1 – Intensidades de chuva mensais e anual no estado de São Paulo em 2021



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 1995-2020. Esse intervalo temporal foi selecionado por apresentar dados em todas as UGRHs. O ano de 2021 apresentou um volume anual de chuvas de 1.067 mm, ou seja, 23% inferior à média dos 26 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 35% inferior à média histórica. Já o período tradicionalmente mais úmido, que envolve os meses de janeiro a março e outubro a dezembro, registrou somente 5% menos precipitação que a média histórica, resultado que pode ser creditado ao volume de chuvas registrado em outubro, significativamente superior à média.

Para avaliar as precipitações ocorridas ao longo de 2021 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 2021 em relação à média histórica do estado de São Paulo

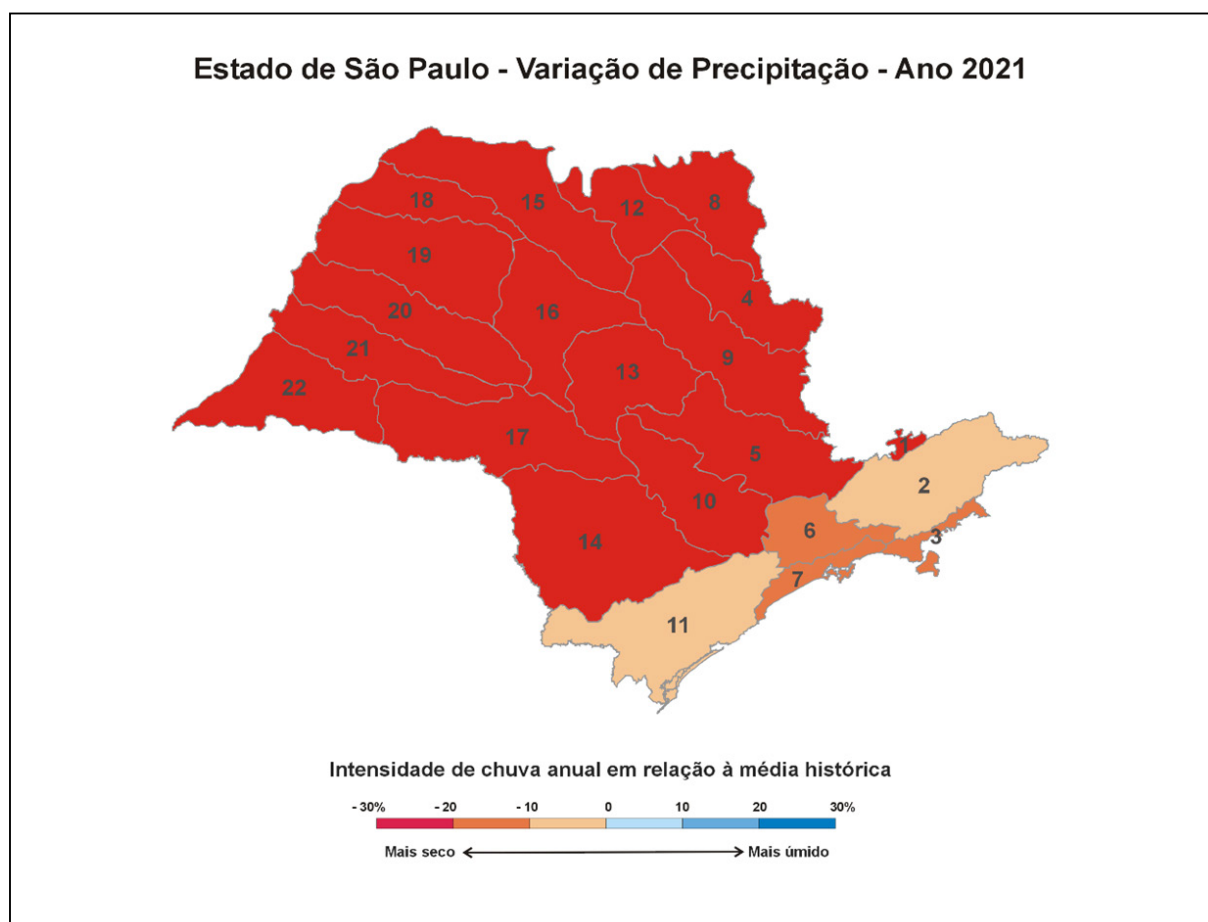
Os resultados mostrados no Gráfico 2.2 corroboram os do Gráfico 2.1. Constata-se no Gráfico 2.2 que os deslocamentos da linha são compatíveis com o posicionamento das barras azuis. Exemplificando, julho de 2021 apresentou intensidade de chuva 59% inferior à média histórica, podendo-se observar a linha no campo negativo (-59%) e a barra azul indicando que 19 das 22 UGRHs tiveram um mês de julho menos 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, mostra uma tendência ao déficit pluviométrico, o que condiz com o fato de a precipitação acumulada no ano de 2021 ter sido 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 2021 e a série histórica de cada bacia. Essas informações foram consolidadas na Figura 2.1, na qual se visualiza especialmente a ocorrência de chuvas em 2021 nas 22 UGRHs do Estado, comparativamente às médias históricas de cada uma. Nesse mapa, observa-se que, em 2021, todas as UGRHs apresentaram volumes anuais de chuva consideravelmente inferiores às respectivas médias históricas, com exceção das UGRHs 2 e 11, cujos déficits foram, respectivamente, de apenas 3% e 2%.

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 razão 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



3 • Redes de Monitoramento

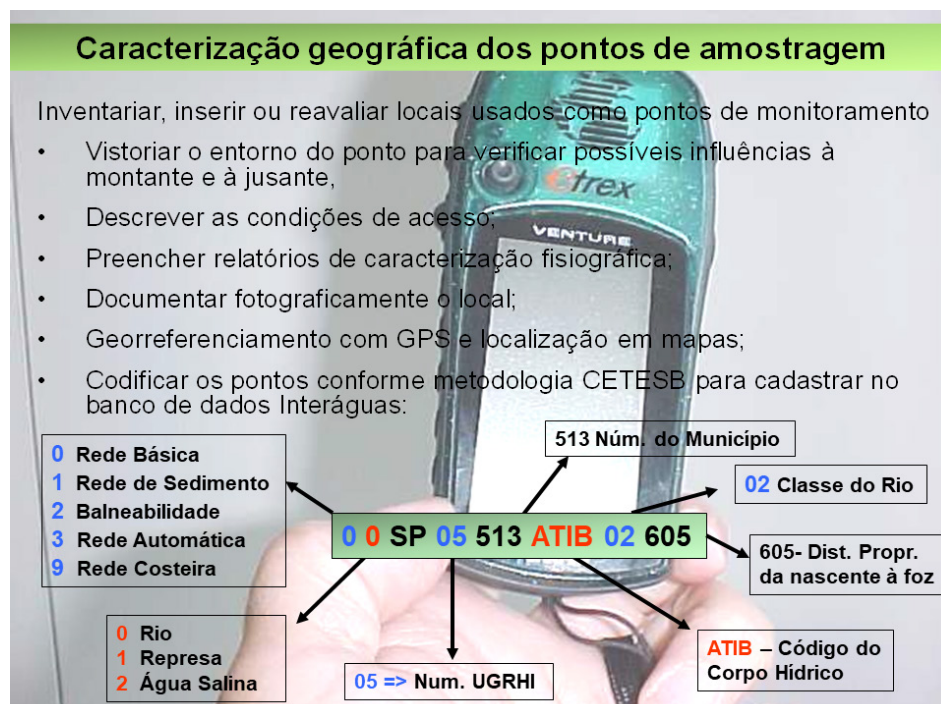
O monitoramento da qualidade das águas superficiais em corpos de água doce, como rios e reservatórios, é constituído pelas redes de amostragem manual e automática, que objetivam um diagnóstico dos usos múltiplos do recurso hídrico. Para o acompanhamento das condições de contato primário das praias de 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, 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, complementadas, quando necessário, 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 disso, é feita a documentação fotográfica dos trechos do entorno.

A Figura 3.2 apresenta um exemplo da localização de pontos da represa de Guarapiranga.

Figura 3.2 – Exemplo de localização do ponto GUAR 00900, na represa Guarapiranga, 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 A Rede Básica

A Rede Básica apresentou alterações em relação ao número de pontos e quantidade de coletas realizadas ao longo de 2021, segundo ano da pandemia, tal como no ano anterior. Foram feitas coletas em 520 pontos, sendo considerados como parte da Rede Básica aqueles pontos que tiveram ao menos 3 coletas

durante o ano, nas quais todas as variáveis para cálculo do IQA foram analisadas. Isso corresponde à 75% da nova frequência adotada a partir de 2020 (4 coletas por ano), totalizando **448 pontos**. Para efeitos de comparação, a rede em 2020 foi constituída por 230 pontos de amostragem.

Em termos de frequências, a rede amostrada da CETESB de 2021 variou de 520 (número de pontos com pelo menos uma coleta) até 282 (número de pontos com 4 ou mais coletas, conforme o planejado).

Nesse total, continuam os 16 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” (Tabela 3.1) cujos resultados são compartilhados com a Rede Básica da CETESB. São eles:

Na represa Billings foram monitorados 7 pontos nos seguintes afluentes:

- ALVE 02800 (ribeirão dos Alvarengas), CURU 02800 (rio Curucutu), GADE 02800 (rio Grande ou Jurubatuba), GROT 02900 (ribeirão Grota Funda), PIRE 02800 (ribeirão Pires), RCOL 02500 (ribeirão Colônia), 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 de Pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica – CETESB (continua)

Corpo Hídrico Receptor	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	Código do projeto	Local de Amostragem Projeto FEHIDRO	Município	Latitude S	Longitude W
Represa BILLINGS / Reservatório 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 Gotzfrids alt. num. 1, com acesso ao ponto 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 Pires	PIRE 02800	B27	Na ponte na Rua Capitão José Galo com a Av. Brasil, próximo ao corpo de Bombeiros. (B27-Programa Mananciais).	RIBEIRÃO PIRES	23 42 30	46 25 08
	Rio Grande ou Jurubatuba	GADE 02800	B28	Na travessia de pedestres no Bairro Cortes, em Rio Grande da Serra. (B28-Programa Mananciais).	RIO GRANDE DA SERRA	23 44 40	46 23 13
	Ribeirão Grota 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 de Pontos do Projeto FEHIDRO Mananciais compartilhados com a Rede Básica – CETESB (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 Mananciais).	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 em 2020 (512) para o total de pontos amostrados pelo menos uma vez em 2021 (520), houve acréscimo de 12 pontos, além da volta de 2 pontos que não tiveram amostragem em 2020. Foram excluídos 6 pontos.

Os 12 pontos acrescidos se referem a 7 pontos novos, 2 realocados, 2 reativados e 1 substituído. Os 6 pontos excluídos se referem a 3 pontos desativados, 2 realocados e 1 substituído. As alterações estão descritas por UGRHI a seguir:

Na UGRHI 2 - Paraíba do Sul, houve a inclusão de 3 pontos. Dois pontos novos: PARB 02325, no rio Paraíba do Sul e um ponto no ribeirão Araraquara, QUAR 02800. O outro ponto novo foi inserido em razão do deslocamento do ponto no rio Paraitinga, PTIN 00850 (desativado) para o novo local, codificado como PTIN 00800.

Na UGRHI 6 - Alto Tietê, foi adicionado um ponto no ribeirão da Estiva, TIVA 02700, pelo acordo do projeto FEHIDRO "Avaliação de risco como ferramenta para o gerenciamento da qualidade de recursos hídricos: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6". Já o ponto VEME 04250, localizado no ribeirão Vermelho ou Mutinga foi desativado por questões de acesso e segurança de coleta. Foi deslocado um pouco mais a montante e codificado como VEME 04200. Além disso, o ponto GADE 02900 voltou a ser monitorado, conforme planejado.

Na UGRHI 8 - Sapucaí/Grande foi adicionado um ponto novo na represa de Jaguará: GRJA 02700.

Na UGRHI 9 - Mogi-Guaçu houve a reativação do ponto MOMI 02400, no rio Mogi-Mirim, no bairro do Mirante, que havia sido desativado em 2010.

Na UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê houve acréscimo de 2 pontos: o primeiro é um ponto novo no ribeirão São Bento, codificado como ENTO 02700. O outro ponto foi no córrego Ipanema, no antigo ponto IPAN 02500, que estava desativado desde 2004 e foi reativado.

Na UGRHI 11 - Ribeira do Iguape/Litoral Sul foi feita a inclusão do ponto novo CAFR 00350, no reservatório Cachoeira do França, local de adução de água do Sistema São Lourenço.

Na UGRHI 12 - Baixo Pardo/Grande foi colocado um ponto novo no ribeirão do Agudo, codificado como GUDO 04900. Além disso, o ponto PITA 04800 voltou a ser monitorado, conforme planejado.

E na UGRHI 20 - Aguapeí o ponto AGUA 02200 foi colocado em substituição temporária ao AGUA 02100, pois a ponte estava passando por obras desde o final de 2019.

Dos 4 pontos resultantes do acordo CETESB/CESP (2018) para monitoramento conjunto do rio Paraná, 3 foram desativados em 2021: PARN 02110, PARN 02740 e PARN 02910. Já o ponto PARN 02400 foi mantido no ano de 2021 na Rede Básica, porém não atingiu o número mínimo de 3 de coletas necessárias.

Na Tabela 3.2, são discriminadas as alterações ocorridas na Rede Básica CETESB ao longo de 2021.

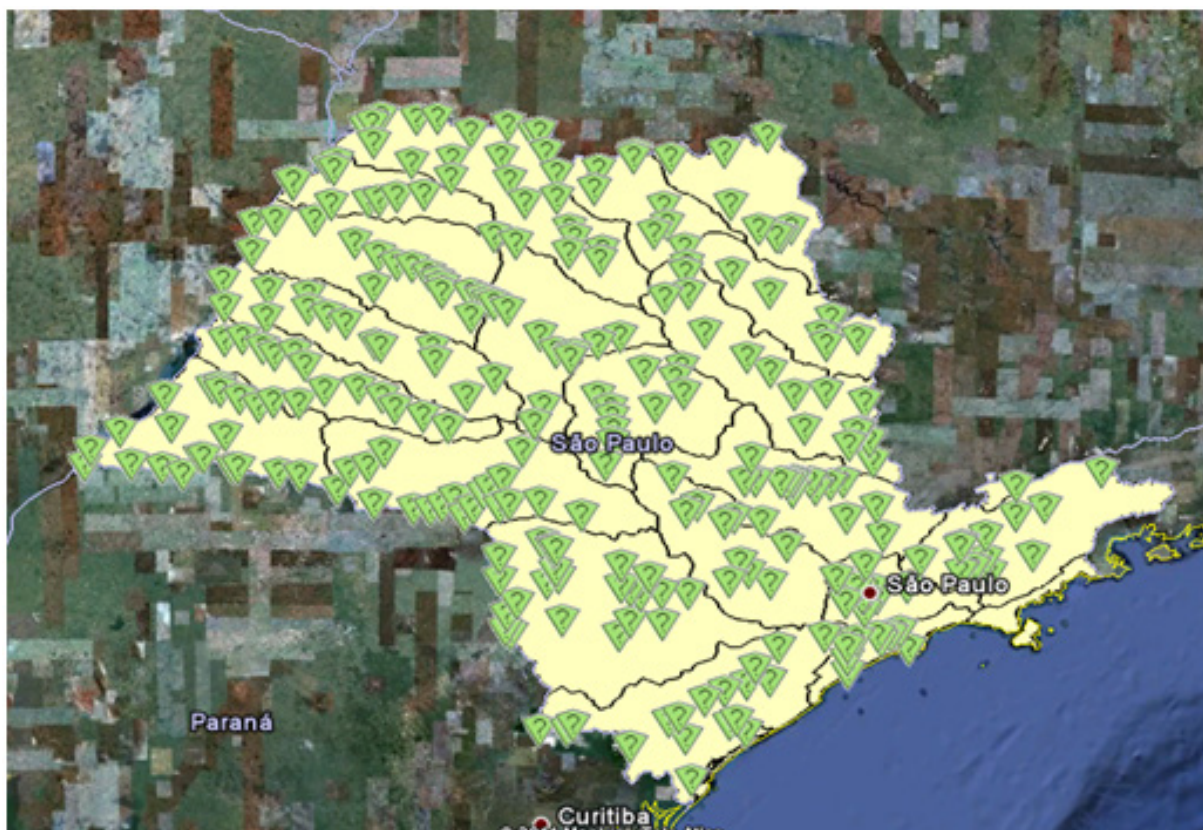
Tabela 3.2 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2021 (continua)

UGRHI	Situação	Corpo Hídrico / Código CETESB	Motivo
1	Nova descrição	Rio Sapucaí Guaçu	Nova descrição:
		SAGU 02250	Ponte na estrada de acesso ao Rancho Antônio, a jusante da ETE de Campos do Jordão.
2	Inclusão	Rio Paraíba do Sul	Ponto Novo. Inserido dentro do projeto AGEVAP/ CESP
		PARB 02325	
	Inclusão	Ribeirão Araraquara	Ponto novo. Verificar a entrada de cargas de esgoto doméstico da cidade de Santa Isabel na Represa do Jaguari (UGRHI 2).
		QUAR 02900	
	Nova descrição	Rio Paraibuna	Nova descrição:
		PUNA 00800	Ponte no bairro das Palmeiras, a montante da régua da CESP.
	Inclusão	Rio Paraitinga	Ponto novo. Substitui o PTIN 00850
		PTIN 00800	
5	Nova descrição	Rio Paraitinga	Desativado por problemas de acesso privado junto à margem do rio.
		PTIN 00850	
5	Nova descrição	Rio Piracicaba	Nova descrição com o mesmo código:
		PCAB 02100	PCAB 02100 - Na antiga ponte de acesso à Suzano Papel e Celulose, 120 m a jusante da captação de água de Americana, em Carioba. Junto à régua do DAEE 4D-010.
6	Inclusão	Ribeirão da Estiva	Ponto novo específico para o Projeto FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
		TIVA 02700	
	Inclusão	Ribeirão Vermelho ou Mutinga	Ponto novo realocado.
		VEME 04200	Substituiu o ponto VEME 04250.
	Exclusão	Ribeirão Vermelho ou Mutinga	Foi desativado e deslocado por questões de acesso e segurança.
8	Inclusão	Ribeirão Vermelho ou Mutinga	
		VEME 04250	
8	Inclusão	Represa de Jaguara	Ponto novo: verificar impactos de aquicultura. Foi integrado à rede ANA.
		GRJA 02700	
9	Reativação	Rio Mogi-Mirim	Ponto reativado: qualidade da água a montante do centro urbano de Mogi-Mirim
		MOMI 02400	
10	Nova descrição	Rio Pirapora	Nova descrição:
		PORA 02700	Na ponte próxima a captação de Araçoiaba da Serra.
	Inclusão	Ribeirão São Bento	Ponto novo: Projeto Fehidro 2015-SMT-510 – (Laboratório de Sorocaba).
		ENTO 02700	

Tabela 3.2 – Alterações de Pontos de Amostragem na Rede Básica em 2021 (conclusão)

UGRHI	Situação	Corpo Hídrico /	Motivo
		Código CETESB	
10	Reativação	Córrego Ipanema	Ponto reativado: Projeto Fehidro 2015-SMT-510 – (Laboratório de Sorocaba).
		IPAN 02500	
11	Inclusão	Reservatório Cachoeira do França	Ponto Novo: manancial de transposição da SABESP.
		CAFR 00350	Transferência de água para UGRHI 6- Alto Tietê.
12	Inclusão	Ribeirão do Agudo	Ponto Novo. Afluente do Rio Pardo. Foi integrado na rede ANA.
		GUDO 04900	
	Alteração	Ribeirão das Pitangueiras	O ponto foi desintegrado da rede nacional ANA, mas permanece na Rede CETESB.
		PITA 04800	
19	Exclusão	Rio Paraná	Ponto excluído da rede básica devido ao fim do contrato da CESP.
		PARN 02110	
20	Exclusão	Rio Aguapeí	A ponte estava passando por obras desde 2019.
		AGUA 02100	
	Inclusão	Rio Aguapeí	Ponto em substituição do AGUA 02100 desde 2019
		AGUA 02200	
22	Inclusão	Rio Paraná	Ponto excluído da rede básica devido ao fim do contrato da CESP.
		PARN 02740	
	Inclusão	Rio Paraná	Ponto excluído da rede básica devido ao fim do contrato da CESP.
		PARN 02910	

Em 2013, a CETESB integrou os primeiros pontos provenientes do acordo de Cooperação Técnica firmado, em 2010, com a Agência Nacional de Águas - ANA, dentro do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas - PNQA, 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 de 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 Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos - CTH e o Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE 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 Diário Oficial da União - DOU. O mesmo contrato 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 disso, 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 ter dados integrados aos dados de quantidade, com dados de medição de vazão simultânea, gerando informação qualiquantitativa 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 no ponto integrado da rede CETESB/ANA, TIET 04180, no rio Tietê, na ponte da Bandeiras



Foto: R. Rossetti, 2021

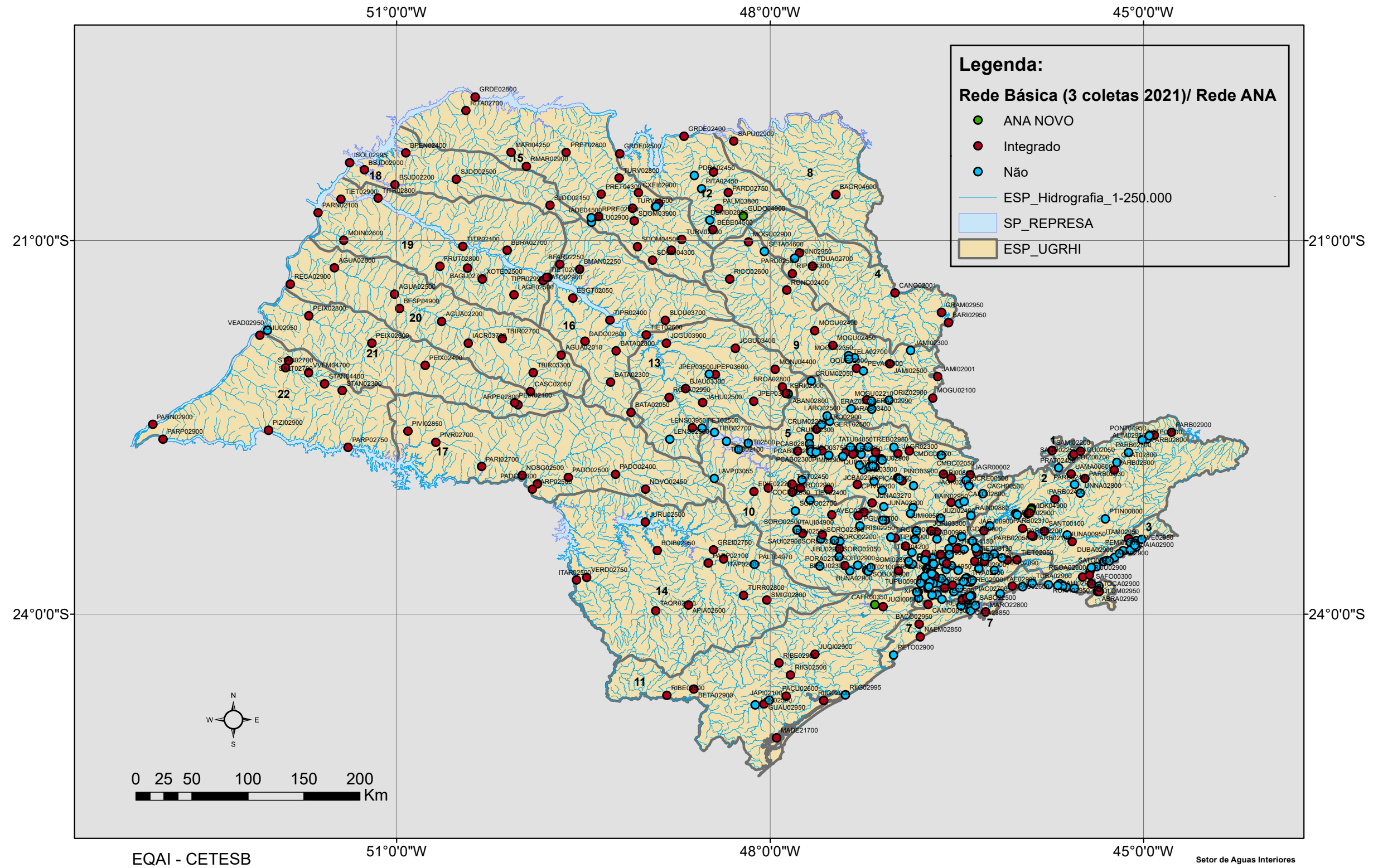
Em razão da pandemia de COVID-19, por meio do 2º Termo Aditivo, o prazo para cumprimento das metas do programa foi prorrogado para 2022. Assim, a CETESB continuou dando sequência ao processo, com a inserção de novos pontos, através do processo de visita, caracterização geográfica, codificação e cadastramento de novos locais no Banco Interáguas.

Em 2021 foram adicionados/integrados 7 pontos novos aos 244 pontos da Rede Federal ANA no estado de São Paulo, a saber: PARB 02325, QUAR 02800, PTIN 00800, GRJA 02700, CAFR 00350, GUDO 04900 e AGUA 02200, além de 3 pontos da Rede Básica da CETESB, BARI 02950, GRAM 02950, e PARN 02400. O ponto PITA 04800 foi desintegrado dessa rede federal e os pontos PTIN 00850 e AGUA 02100 foram desintegrados em razão da sua exclusão. Com isso, totaliza-se 251 pontos e atinge-se 100% da meta estabelecida para a integração da rede estadual com a federal. Porém, desse total, em 2021, somente foram contabilizados 226 pontos com ao menos 3 coletas, sendo que 96 pontos tiveram pelo menos 2 medições de vazão no ano.

O Mapa 3.1, mostra a atual situação do processo de integração da rede paulista da CETESB com a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas - RNQA.

Mapa 3.1 – Pontos de Monitoramento da Rede Básica CETESB / Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas 2021

Pontos da Rede Básica CETESB / Rede Federal ANA 2021



Na Tabela 3.3, são apresentados os registros fotográficos dos pontos novos da Rede Básica CETESB e da rede conjunta CETESB/ANA, que foram inseridos na Rede Básica em 2021, estando alguns deles, próximos a réguas fluviométricas.

Tabela 3.3 – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB (continua)

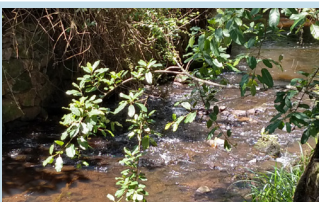
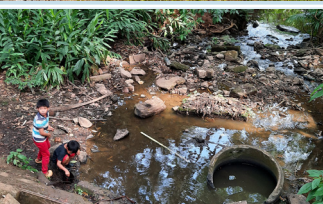
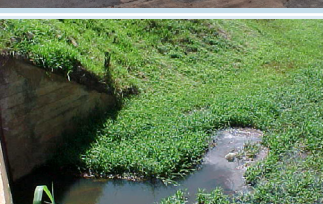
UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
2	RIO PARAÍBA DO SUL PARB 02325 CETESB/ AGEVAP/ ANA	Rio Paraíba do Sul Ponte do Jardim Telespark, junto à régua do DAEE 2E-010L.		
2	RIO PARAÍTINGA PTIN 00800 PONTO CETESB/ANA	Rio Paraitinga Ponte na SP-125 (Oswaldo Cruz), ao lado estação elevatória da SABESP.		
2	RIBEIRÃO ARARAQUARA QUAR 02800 PONTO CETESB/ANA	Ribeirão Araraquara Ponte na SP-056, antes do portal de Santa Isabel.		
6	RIBEIRÃO DA ESTIVA TIVA 02700 PONTO CETESB	Ribeirão da Estiva A Montante da ETA Ribeirão da Estiva - Parque Pousa Alegre.		
6	RIBEIRÃO VERMELHO OU MUTINGA VEME 04200 PONTO CETESB	Ribeirão Vermelho ou Mutinga Na estrada da portaria 2 do Parque do Jaraguá, a montante da Aldeia Indígena Guarani.		
8	REPRESA DE JAGUARA GRJA 02700 PONTO CETESB/ANA	Represa de Jaguará ponte na SP-334 sobre a Represa de Jaguará, na divisa SP/MG.		
9	RIO MOGI-IRIM MOMI 02400 PONTO CETESB	Rio Mogi-Mirim Ponte da SP 147 Km 56,8 no Bairro do Mirante.		

Tabela 3.3 – Registros Fotográficos dos novos pontos da CETESB e da Rede ANA/CETESB (continua)

UGRHI	Corpo Hídrico / Ponto CETESB / Ponto ANA	Local de Amostragem do Ponto	Registros Fotográficos	
10	RIBEIRÃO SÃO BENTO ENTO 02700 PONTO CETESB	Ribeirão São Bento Ponte na Estrada Mun. Morro Alto, no bairro São Bento.		
10	CÓRREGO IPANEMA IPAN 02500 PONTO CETESB/ANA	Córrego Ipanema Ponte do Km 12,5 da estrada que liga Sorocaba a Iperó.		
11	RESERVATÓRIO CACHOEIRA DO FRANÇA CAFR 00350 PONTO CETESB/ANA	Reservatório Cachoeira do França Em frente ao local de adução da SABESP, no Res. Cachoeira de França.		
12	RIBEIRÃO DO AGUDO GUDO 04900 PONTO CETESB/ANA	Ribeirão do Agudo Ponte na rodovia vicinal Cicero Junqueira, a jusante do Rib. do Sertãozinho, na sua foz.		
20	RIO AGUAPEÍ ou FEIO AGUA 02200 PONTO CETESB/ANA	Rio Aguapeí ou Feio Ponte na rodovia SP 461, na divisa de Rinópolis / Piacatu.		

Fotos: C.L. Midaglia / Gustavo Matheus da Silva/ Carmo Sireno / Waldir Gonçalves / Antonio Ruguê/ /Beatriz Ruiz/ /Renan L.O.Silva/ Mauro Hamamoto/ Walter C. Furio- Fotos do acervo do Banco de Dados Interaguas.

3.2.2 Rede de Sedimentos

Em 2021, foram monitorados um total de 19 pontos em 5 diferentes UGRHIs no estado de São Paulo, apesar de algumas restrições de viagens e deslocamentos ou disponibilidade de análises laboratoriais. A maioria dos pontos concentrou-se nas UGRHIs com atividade industrial: 15 pontos, sendo 12 deles só na Região Metropolitana de São Paulo.

Na UGRHI 6 - Alto Tietê foram feitas 5 coletas pelo projeto FEHIDRO "Avaliação de risco como ferramenta para o gerenciamento da qualidade de recursos hídricos: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6". São eles: 3 pontos no reservatório Rio Grande (RGDE 02030, RGDE 02200 e RGDE 02900), um no ribeirão Pires (PIRE 02999) e um no ribeirão da Estiva (TIVA 02700). Também foram coletados 3 pontos nos mananciais da RMSP: 2 pontos na represa

Guarapiranga (GUAR 00452 e GUAR 00751) e 1 ponto na represa de Biritiba-Mirim (RBIR 00300). Na bacia do rio Pinheiros foram coletados 4 pontos, sendo 2 pontos na calha do rio Pinheiros (PINH 04100 e PINH 04900) e 2 pontos em afluentes, no córrego Pirajussara (JUÇA 04900) e no córrego Olaria (OLAR 04800).

Outros 3 pontos foram coletados no reservatório do Jaguari - UGRHI 2 e 2 pontos na UGRHI 5: um no rio Piracicaba, conforme mostra a Figura 3.5, e o outro no reservatório do Rio Jacaré.

Figura 3.5 – Coleta de sedimentos no rio Piracicaba no ponto PCAB 02600



Foto: CL.Midaglia, 2021

Na UGRHI 8 - Sapucaí/Grande, foram realizadas coletas em 3 pontos: BCER 02200, GRJA 02200 e GRJA 02650. Na UGRHI 11 - Ribeira do Iguape/Litoral Sul, onde predominam unidades de conservação ambiental, houve coleta no ponto CAFR 00350.

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 claramente definidos e estabilizados, preferencialmente a 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 dos 19 pontos de sedimento por UGRHI, que foram amostrados em 2021, sendo que 11 deles foram coletados em novos locais, indicando uma renovação de mais da metade da rede. A Tabela 3.4 descreve os pontos e também indica os principais motivos da seleção desse conjunto de pontos. Quando os pontos forem assinalados como “frequentes”, indica que eles 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. Quando forem assinalados como “consolidados”, indica mais de 15 coletas sendo que, em pelo menos 5, o conjunto completo de indicadores foi analisado. Entende-se por conjunto completo de indicadores quando há análise das linhas de evidência para a Tríade (Substâncias Químicas, Comunidade Bentônica e Teste de Ecotoxicidade). No ano de 2021, apenas o ponto RGDE 02900 preenche esses requisitos.

Tabela 3.4 – Pontos de amostragem da rede de sedimento em 2021

UGRHI	Núm. Pontos	Corpo Hídrico	Cód. CETESB	Motivo
2 - Paraíba do Sul	1	Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	JAGJ 00350	Ponto novo: avaliar o corpo hídrico junto à Transposição da SABESP do Res. Jaguari-Atibainha.
5 - Piracicaba / Jundiá / Capivari	2	Reservatório do Rio Jacaré-UGRHI 05	JCRE 00500	Ponto reativado: Manancial formador do sistema Cantareira.
		Rio Piracicaba	PCAB 02600	Ponto novo: Avaliar possível carga de poluentes próximo da EF06 - Piracicaba de monitoramento automática da CETESB.
6 - Alto Tietê	12	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00452	Ponto novo: Avaliar o corpo hídrico utilizado como local de lazer e recreação na represa devido aos aportes de nutrientes e presença de algas
		Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00751	Ponto reativado: Avaliar os aportes de nutrientes e presença de algas no corpo hídrico utilizado como local de lazer e recreação.
		Córrego do Pirajussara	JUÇA 04900	Ponto reativado: Avaliar o corpo hídrico afluente do rio Pinheiros na recuperação do Programa Novo Rio Pinheiros.
		Córrego Olaria	OLAR 04800	Ponto novo: Avaliar o corpo hídrico afluente do rio Pinheiros na recuperação do Programa Novo Rio Pinheiros.
		Rio Pinheiros	PINH 04100	Ponto Reativado: Acompanhar a recuperação do Programa Novo Rio Pinheiros.
		Rio Pinheiros	PINH 04900	Ponto Reativado: Acompanhar a recuperação do Programa Novo Rio Pinheiros.
		Ribeirão Pires	PIRE 02999	Ponto mantido: Avaliar carga de poluentes na foz, junto ao Reservatório do Rio Grande. FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
		Represa de Biritiba-Mirim	RBIR 00300	Ponto novo: avaliar a qualidade no reservatório de Biritiba- Mirim como possível ponto de referência. Apoio ao projeto FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
		Reservatório Rio Grande	RGDE 02030	Ponto mantido: Avaliar Sist. Billings- Rio Grande/Taiacupeba (área da transposição de água FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
		Reservatório Rio Grande	RGDE 02200	Ponto novo: Projeto FEHIDRO - Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
		Reservatório Rio Grande	RGDE 02900	Ponto frequente/ Ponto consolidado: Avaliar Sist. Billings- Rio Grande. FEHIDRO: Estudo de caso Rio Grande – UGRHI 6.
		Ribeirão da Estiva	TIVA 02700	Ponto novo: Projeto FEHIDRO do Rio Grande. Ponto de referência.
8 - Sapucaí/ Grande	3	Braço do Córrego do Cervo.	BCER 02200	Ponto novo: Investigar a carga difusa do afluente da Represa de Jaguará.
		Represa de Jaguará	GRJA 02200	Ponto novo: Investigar a carga difusa e presença de fósforo a montante de atividades de aquicultura.
		Represa de Jaguará	GRJA 02650	Ponto novo: Investigar a carga difusa e presença de fósforo por atividades de aquicultura.
11 - Ribeira de Iguape/ Litoral Sul	1	Reservatório Cachoeira do França	CAFR 00350	Ponto novo: Avaliar a qualidade da água bruta antes da transposição da SABESP.

3.2.3 Rede de Balneabilidade em Rios e Reservatórios

Em 2021, o programa de balneabilidade de rios e reservatórios foi executado em 32 pontos/praias das 36 inicialmente previstas. Em relação a 2020, foram adicionadas a esse programa duas praias: na represa Guarapiranga (UGRHI 6), próximo ao Clube de Campo Castelo, GUAR 00502, que estava desativada desde 2004, e no braço do Rio Paruru, BPRU 02301 (UGRHI 10), sendo excluído o ponto SOIT 02801 no Clube ACM, na represa de Itupararanga, permanecendo assim o mesmo número de pontos avaliados (2) na UGRHI 10.

Porém, tal como em 2020, algumas praias permaneceram fechadas ao público, de forma que a coleta de balneabilidade sofreu diminuição de frequências e restrições de coleta. Os pontos sem coleta ou com coleta abaixo de 40% do tempo não foram considerados ativos. Portanto, de um total de 36 pontos previstos, 25 foram considerados e classificados para Índice de Balneabilidade anual.

As maiores interrupções se deram em pontos que foram coletados parcialmente, e não foram contabilizados na Rede de Balneabilidade de 2021, conforme descrito a seguir.

Na UGRHI 2 - Paraíba do Sul, nos 2 pontos, UAMA 00501 (rio Piracuama) e RIBG 02352 (ribeirão Grande) só houve coletas em 34% do tempo, devido às restrições para amostragem, e, assim não foram considerados ativos/contados no cômputo de total de pontos de balneabilidade

A descrição do ponto RIBG 02352 foi alterada para prainha do Ribeirão Grande, próxima da ponte de ferro e ao lado da estrada para capela de Nossa Senhora de Aparecida, e foi instalado mastro pela prefeitura de Pindamonhangaba para futura sinalização por meio de bandeiras, conforme Figura 3.6.

Figura 3.6 – Prainha do Ribeirão Grande próxima da ponte de ferro e ao lado da estrada para capela de Nossa Senhora de Aparecida. Ao lado, mastro para sinalização da qualidade da água



Fotos: Cely Roledo/ Pref. Mun. Pindamonhangaba, 2021.

Na UGRHI 6 - Alto Tietê, a prainha RGDE 02701 - Clube de Campo Sindicato dos Metalúrgicos do ABC foi desativada em junho de 2021, devido às restrições de atividades recreacionais no local. Portanto, foi monitorada em 26,92% do tempo e não foi contabilizada.

Na UGRHI 8 - Sapucaí/Grande, nos pontos GRDE 02271 e GRDE 02273, no rio Grande em Miguelópolis, cujas praias já estavam passando por reformas em 2020, não houve coleta durante o ano de 2021.

Na UGRHI 9 - Mogi-Guaçu, os 3 pontos não foram considerados ativos: os localizados no rio Mogi-Guaçu (MOGU 02351), na prainha de Cachoeira das Emas, em frente ao Restaurante César, só monitorado em 25% do tempo por restrições de coleta, e ponto no lago do córrego da Vendinha, no Parque Ecológico de Sertãozinho (LVEN 02501), também só com 25% do tempo de coleta, por restrições de acesso devido à pandemia. Já no ribeirão do Moquém (QUEM 02700), Lago Municipal Euclides Morelli, somente houve coleta em 5% do ano, uma vez que o mesmo só reabriu para o público no fim do ano.

Na UGRHI 13 - Tietê/Jacaré, os pontos da prainha de Igaraçu do Tietê no rio Tietê (TIET 02491) e o ponto no reservatório de Ibitinga, na prainha Municipal de Arealva (TIBI 02451), não foram coletados nenhuma vez em 2021.

Na UGRHI 16 - Tietê/Batalha, o ponto ESGT 02252, localizado na praia de Sabino, também não foi contabilizado, pois só foram realizadas amostragens em 15,38% do tempo (período em que a praia permaneceu aberta ao público).

Portanto, a rede de balneabilidade que operou com limitações em 2021, contou com os seguintes 25 pontos, amostrados em 6 diferentes UGRHIs:

Na UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, todos os 6 pontos estiveram ativos e atingiram 75% do tempo monitorados: RAIN 00402, RAIN 00802 e RAIN 00901 (no reservatório de Atibainha); e mais 2 pontos: JCRE 00521 e JCRE 00701 no reservatório Jaguari/Jacaré e 1 ponto no reservatório Cachoeira, CACH 00902.

Na UGRHI 6 - Alto Tietê, o monitoramento esteve ativo em 14 praias. Na represa de Guarapiranga (Figura 3.7), foram monitorados 10 pontos: GUAR 00051 na praia do Bairro do Crispim; GUAR 00101 na praia Dedo de Deus, em M'Boi Mirim; GUAR 00301 na praia Miami Paulista (Aracati); GUAR 00401 na Marina Guaraci; GUAR 00452 na prainha do Jardim Represa/Hidroavião; GUAR 00502 no Clube de Campo Castelo; GUAR 00602 na praia no Restaurante Interlagos/Guarujapiranga; GUAR 00611 - GUAR 00702 no Píer da Escola de Esportes Náuticos Wind Clube e GUAR 00751 em frente ao Píer do Yacht Club Paulista.

Figura 3.7 – Coleta em frente à prainha da Marina Guaraci, (GUAR 00401), na represa Guarapiranga



Foto: C.L. Midaglia 2021

No reservatório do Rio Grande, o monitoramento da balneabilidade esteve ativo em 3 pontos:

- RGDE 02301 - Clube Prainha Tahiti (RGDE 02851) com 73,08% do tempo,
- RGDE 02851- Prainha próxima ao Zoológico do Parque Municipal com 42,31% do tempo, e
- RGDE 02901- Praia do Parque Municipal do Estoril com 42,31% do tempo.

No reservatório Billings (BILL 02801), na prainha do Riacho Grande, próxima à barragem do Rio Grande, ao lado da rodovia com 80% do tempo.

Na UGRHI 7 - Baixada Santista: 1 ponto no rio Perequê (PERE 02601) com 90% do tempo.

Na UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, 2 pontos: braço do rio Paruru (BPRU 02301) e represa de Itupararanga (SOIT 02601), ambos com 83,33% do tempo.

E por fim, a UGRHI 13 - Tietê/Jacaré, represa do Broa, com 2 pontos: BROA 02701 e BROA 02703, com 41,6% do tempo.

O Mapa 5.4 contendo todos os resultados dos pontos considerados na rede de 2021 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.

3.3 Rede Automática

A Rede Automática monitora a qualidade das águas de rios e reservatórios por meio da medição online dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, pH, Condutividade Elétrica, Temperatura e Turbidez. Em 2021, a rede de monitoramento automática operou em suas 16 estações. Em relação ao ano anterior houve apenas uma exclusão, a EF18 - Caulim, que foi desativada devido a problemas de excesso e acúmulo de material suspenso que inviabilizou a leitura do equipamento. Essa estação, que funcionou apenas 7,72 % do tempo, teve o seu último dado registrado em dia 09/03/2021.

Dentre as atuais 16 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, 9 situam-se em rios, a saber: 4 no rio Tietê, 2 no rio Paraíba do Sul, e uma em cada um dos seguintes corpos hídricos: Piracicaba, Pinheiros e Ribeirão Pires. As outras 7 estão nos seguintes reservatórios: reservatório Águas Claras, represa Billings, braço do reservatório do Guarapiranga, reservatório do Rio Grande, braço do ribeirão Taquacetuba, reservatório de Rasgão e reservatório do Taiaçupeba, onde observam constantemente a condição da qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento público de parte da RMSP.

O tempo de operação de todas as estações está descrito na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Percentual de tempo de operação com geração/transmissão de dados 2021

UGRHI	Nome da Estação	Código CETESB	% dados válidos / ano				
			2017	2018	2019	2020	2021
2	EF25 – Santa Branca	PARB 02040	-	82,65	97,76	99,61	83,95
	EF26 – Queluz	PARB 02870	93,35	93,61	96,19	80,69	50,71
5	EF06 – Piracicaba	PCAB 02600	91,66	89,39	96,28	92,46	83,94
6	EF09 – Águas Claras	ACLA 00500	73,47	90,75	86,58	94,14	94,09
	EF11 – Summit Control	BILL 02900	81,62	96,95	97,20	94,41	94,13
	EF10 – Taquacetuba	BITQ 00100	83,50	89,82	92,15	92,41	88,13
	EF18 – Caulim	CAUL 00800	-	-	79,16	55,62	7,72
	EF08 – Guarapiranga	GUAR 00900	83,75	81,06	90,97	97,67	85,74
	EF20 – Taiaçupeba	PEBA 00900	-	59,55	49,30	84,88	99,70
	EF14 – Pedreira	PINH 04105	68,70	91,95	90,01	97,23	82,95
	EF19 – Ribeirão Pires	PIRE 02800	-	-	68,16	73,67	93,16
	EF07 – Rio Grande	RGDE 02900	91,86	94,95	93,86	100,00	79,62
	EF01 – Mogi das Cruzes	TIET 02090	89,79	89,32	96,59	94,32	93,49
	EF29 – Penha	TIET 04160	-	78,74	96,91	98,68	95,65
10	EF28 – Itu	TIET 02300	-	-	67,56	82,63	71,26
	EF03 – Laranjal Paulista	TIET 02450	75,06	59,79	50,11	61,62	69,99
	EF02 – Rasgão	TIRG 02900	76,19	91,10	83,65	93,84	89,44

Na UGRHI 2, as 2 estações do rio Paraíba do Sul funcionaram acima de 50% do tempo, sendo gerados 83,95 % dos dados válidos na EF25 - Santa Branca e 50,71% na estação EF26 - Queluz (Figura 3.8)

Figura 3.8 – EF26 – Queluz, PARB 02870 Vista da estação e do acesso a sonda, na margem do rio Paraíba

Fotos: C.L. Midaglia, 2019.

Na UGRHI 5, a EF - 06 PCAB 02600, situada na margem esquerda do rio Piracicaba, funcionou 83,94 % do tempo.

Na UGRHI 6, a maioria das estações esteve com ótima performance, inclusive durante a pandemia. Sendo que 6 delas superaram os 90% de tempo de funcionamento: EF09 - Águas Claras, EF11 - Summit Control, EF19 - Ribeirão Pires, EF29 - Penha, EF01 - Mogi das Cruzes e EF20 - Taiaçupeba, localizada no reservatório de Taiaçupeba, que registrou a melhor performance, com um máximo de 99,70 % de geração de dados válidos.

Na UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, as 3 estações operaram o ano todo, sendo que a estação EF02 - Rasgão, TIRG 02900, situada no reservatório de Rasgão obteve 89,44% e a TIET 02300 - EF28 - Itu, que em 2021 gerou um volume de dados válidos de 71,26%.

Ainda na UGRHI 10, a estação EF03 - Laranjal Paulista operou 69,99% do tempo em 2021 devido a problemas de retenção de materiais suspensos que ficam presos a sonda, prejudicando a leitura.

3.4 Distribuição dos Pontos de Amostragem

Para fins de análise dos dados das 4 redes de monitoramento da CETESB, foram considerados os seguintes pontos, a saber: 448 da Rede Básica, 25 da Rede de Balneabilidade, 19 da Rede de Sedimento e 16 Estações Automáticas, totalizando 508 pontos de monitoramento.

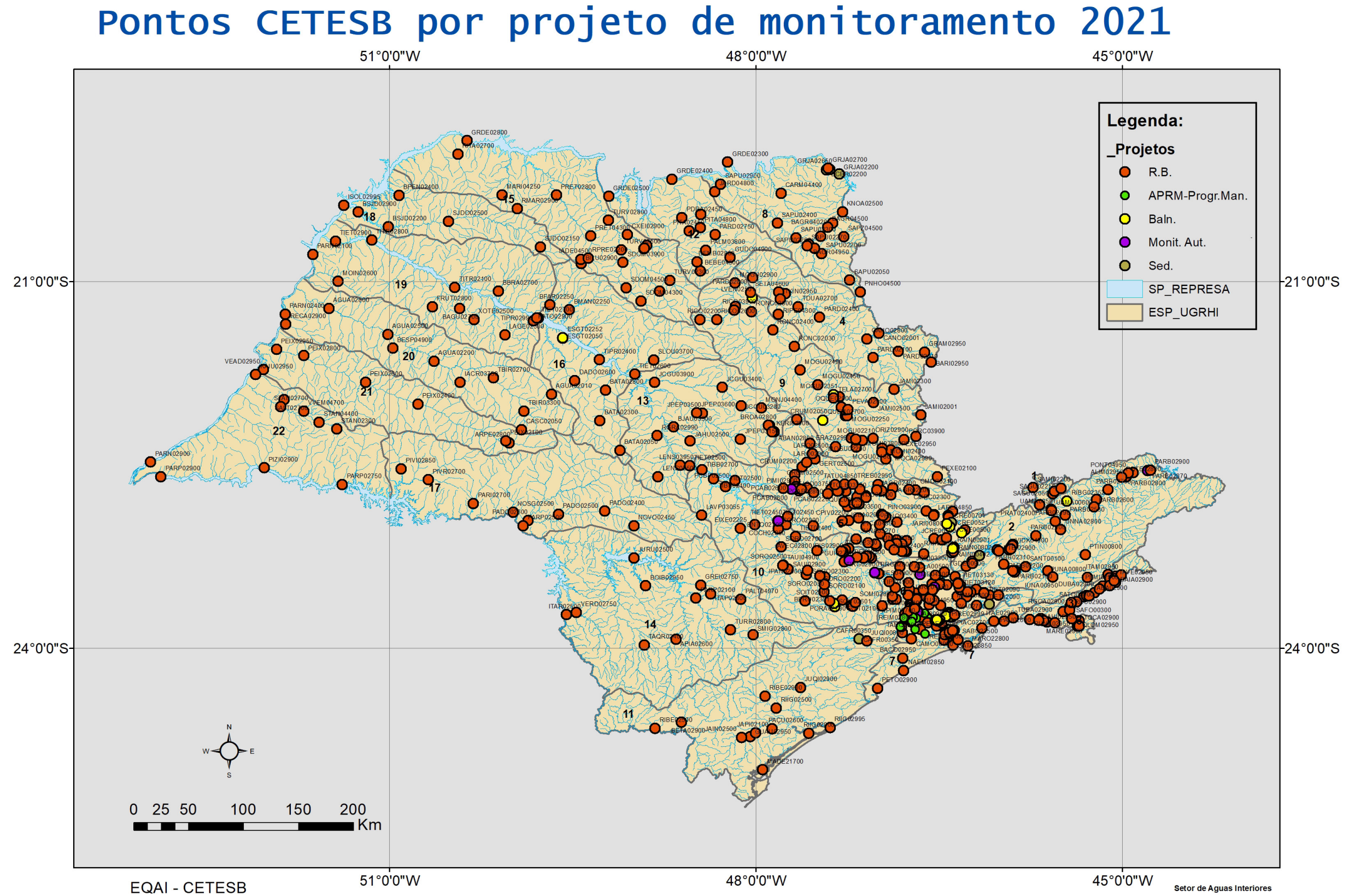
A tabela com a descrição dos pontos de amostragem das redes de monitoramento em 2021 e que apresenta as informações referentes ao código e a descrição dos locais dos 508 pontos está disponível no [Apêndice A](#) - Aspectos descritivos e qualitativos da rede de monitoramento 2021, o qual inclui também os pontos da Rede Federal ANA que foram integrados ou adicionados ao monitoramento.

Já a relação completa dos 587 pontos previstos para serem monitorados em 2021 e que tiveram ao menos uma campanha de monitoramento, a saber: 520 da Rede Básica (incluindo os 16 do APRM), 32 da Rede de Balneabilidade, 19 da Rede de Sedimento e 16 Estações Automáticas e o Mapa 1, que apresenta os 520 pontos de monitoramento planejados na Rede Básica, diferenciados pelo número de amostragens realizadas ao longo de 2021, são apresentados no [Apêndice B](#).

Para visualizar a distribuição espacial dos 508 pontos das redes de monitoramento, confeccionou-se o Mapa 3.2 que apresenta os pontos agrupados por projeto (Rede Básica, Monitoramento Automático, Sedimento e Balneabilidade de Praias Interiores).

Os mapas por projeto de monitoramento de todas as UGRHIs estão no [Apêndice H](#), onde pode ser visualizada também a localização dos pontos previstos para a rede de 2021.

Mapa 3.2 – Pontos por projeto de monitoramento da rede CETESB 2021



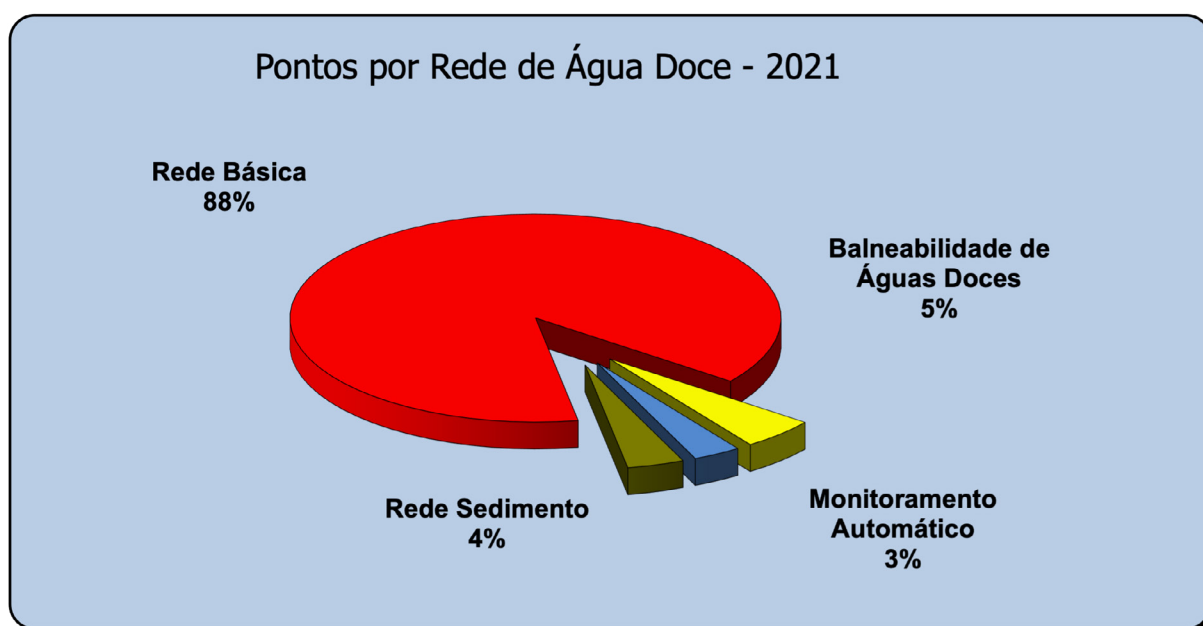
3.4.1 Distribuição por UGRHI

Em 2021, a Rede Básica da CETESB operou com 448 pontos (com 3 ou mais coletas), perfazendo uma densidade média de 1,80 pontos por 1.000 km². Incluindo-se os 16 pontos do monitoramento automático atinge-se a densidade média de 1,87 pontos por 1.000 km². Com os 25 pontos do programa de balneabilidade de rios e reservatórios, alcança-se uma densidade de 1,97 pontos por 1.000 km². Dentre os 448 pontos contabilizados na Rede Básica em 2021, 89 deles já possuem mais de 30 anos de atividade na rede de monitoramento.

Portanto, os monitoramentos de água doce superficial totalizaram 489 pontos. Dentro desse grupo, 99 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 25,2 milhões de habitantes.

Somando-se os 19 pontos da Rede de Sedimento, a CETESB totalizou 508 pontos de amostragem e uma densidade total de monitoramento (todos os tipos) de 2,05 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 2021



A Tabela 3.6 mostra um resumo da quantidade de pontos por UGRHI, a respectiva 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 2021

Número da UGRHI	São Paulo 2021 / Nome das UGRHIs	Área em Km ² (PERH)	Rede Básica 2021 Planejada	Rede Básica 2021 c/ mínimo de 3 coletas	Monit. Autom.	Baln. Águas Doces	Mon. Total Água 2021	Rede Sedim.	Rede ANA Planejada em SP	Rede ANA em SP (3 coletas)	Monit. Total 2021	N. Ptos Água planejada/ 1.000 km ²	N. Ptos Água 3 coletas / 1.000 km ²	Dens.Total Ptos. válidos 2021 /1.000 km ²	DENS. Rede Federal planejada	DENS. Rede Federal (3 coletas) 2021
1	Mantiqueira	675	5	5	0	0	5	0	3	3	5	7,41	7,41	7,41	4,44	4,44
2	Paraíba do Sul	14.444	33	31	2	0	33	1	19	18	34	2,28	2,15	2,35	1,32	1,25
3	Litoral Norte	1.948	31	31	0	0	31	0	5	5	31	15,91	15,91	15,91	2,57	2,57
4	Pardo	8.993	13	7	0	0	7	0	11	6	7	1,45	0,78	0,78	1,22	0,67
5	Piracicaba, Capivari e Jundiaí	14.178	91	66	1	6	73	2	24	24	75	6,42	4,66	5,29	1,69	1,69
6	Alto Tietê	5.868	102	101	10	14	125	12	21	21	137	17,38	17,21	23,35	3,58	3,58
7	Baixada Santista	2.818	19	19	0	1	20	0	8	8	20	6,74	6,74	7,10	2,84	2,84
8	Sapucaí / Grande	9.125	18	2	0	0	2	3	11	2	5	1,97	0,22	0,55	1,21	0,22
9	Mogi-Guaçu	15.004	38	21	0	0	21	0	17	10	21	2,53	1,40	1,40	1,13	0,67
10	Sorocaba / Médio Tietê	11.829	31	30	3	2	35	0	11	10	35	2,62	2,54	2,96	0,93	0,85
11	Ribeira de Iguape/ Litoral Sul	17.068	14	14	0	0	14	1	11	11	15	0,82	0,82	0,88	0,64	0,64
12	Baixo Pardo / Grande	7.239	10	9	0	0	9	0	6	6	9	1,38	1,24	1,24	0,83	0,83
13	Tietê / Jacaré	11.779	16	15	0	2	17	0	12	11	17	1,36	1,27	1,44	1,02	0,93
14	Alto Paranapanema	22.689	12	12	0	0	12	0	11	11	12	0,53	0,53	0,53	0,48	0,48
15	Turvo / Grande	15.925	21	21	0	0	21	0	17	17	21	1,32	1,32	1,32	1,07	1,07
16	Tietê / Batalha	13.149	11	11	0	0	11	0	11	11	11	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
17	Médio Paranapanema	16.749	9	9	0	0	9	0	9	9	9	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
18	São José dos Dourados	6.783	6	6	0	0	6	0	6	6	6	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
19	Baixo Tietê	15.588	12	12	0	0	12	0	12	12	12	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
20	Aguapeí	13.196	11	10	0	0	10	0	11	10	10	0,83	0,76	0,76	0,83	0,76
21	Peixe	10.769	7	6	0	0	6	0	5	5	6	0,65	0,56	0,56	0,46	0,46
22	Pontal do Paranapanema	12.395	10	10	0	0	10	0	10	10	10	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
22 UGRHIs		248.219	520	448	16	25	489	19	251	226	508	2,09	1,80	2,05	1,01	0,91

Obs.: Houve reprocessamento 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 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=a-cesso-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 5 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 2011 e 2021 (IBGE, 2021) 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 macroúsos 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, em que constava essa classificação por “vocações” 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 aos macroúsos 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 paulistas 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 isso, 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. 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](#).

A Tabela 3.8 apresenta os dados originais para os anos de 2020 (primeiro ano da pandemia) e 2021 (ainda com influência da pandemia), 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 2020 e 2021

Matriz de Análise Multicriterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2020								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGRHI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGRHI	Área Km²	POP. IBGE 2020	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./ 1000 km²	IAEM 2020
1	675	70.125	103,89	1	63,48	3	4,44	0,70
2	14.444	2.253.095	155,99	4	61,20	12	0,83	0,45
3	1.948	341.132	175,12	1	68,23	7	3,59	0,70
4	8.993	1.263.688	140,52	3	51,40	5	0,56	0,47
5	14.178	5.909.454	416,80	4	50,65	35	2,47	0,46
6	5.868	21.704.648	3.698,82	4	36,57	67	11,42	0,36
7	2.818	1.881.706	667,75	4	61,95	16	5,68	0,49
8	9.125	744.851	81,63	3	56,32	6	0,66	0,50
9	15.004	1.634.221	108,92	3	55,98	6	0,40	0,49
10	11.829	2.154.115	182,10	4	54,83	21	1,78	0,46
11	17.068	381.230	22,34	1	63,51	4	0,23	0,65
12	7.239	361.964	50,00	3	51,85	4	0,55	0,48
13	11.779	1.663.315	141,21	3	60,46	5	0,42	0,50
14	22.689	782.169	34,47	1	61,29	5	0,22	0,64
15	15.925	1.375.688	86,39	2	58,83	6	0,38	0,57
16	13.149	568.329	43,22	2	73,92	6	0,46	0,62
17	16.749	727.434	43,43	2	73,53	3	0,18	0,61
18	6.783	239.412	35,30	2	66,86	1	0,15	0,58
19	15.588	837.412	53,72	2	70,68	5	0,32	0,60
20	13.196	390.252	29,57	2	58,86	3	0,23	0,56
21	10.769	488.188	45,33	2	57,21	3	0,28	0,56
22	12.395	516.905	41,70	2	64,02	7	0,56	0,59
SP	248.219,5	46.289.333	186,49	3	60,08	230	0,93	12,01
								Σ IAEM 2020

Matriz de Análise Multicriterial 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 (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso- Solo	Média anual IQA/ UGRHI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGRHI	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

Na Tabela 3.9 estão descritos os intervalos do índice, que variam de 0 (pior situação) a 1 (melhor situação), distribuídos nas 5 classes com as respectivas classificações, quanto ao nível de pressão antrópica exercida na UGRHI. Esta tabela sofreu alteração na denominação das classes, 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 Gerenciamento da Qualidade	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	

3.5.1 Cenário do IAEM para o ano de 2021

Em 2021, segundo a Estimativa do IBGE¹, a população do estado de São Paulo atingiu 46.649.132 habitantes, aumentando em cerca de 5 milhões durante o período 2011-2021. Somente nas UGRHIs de macroúso do solo industrial, notadamente com maior pressão antrópica, houve um incremento de 3,8 milhões de pessoas. Em função da anormalidade causada pela redução de pontos na rede de monitoramento básica (na qual o IQA é calculado), o IAEM 2021 vai referir-se ao ano de 2020 para fins de comparação.

A redução do monitoramento em 2021 foi menos significativa do que foi em 2020, quando as restrições de coleta e processamento em razão da pandemia causaram uma diminuição de mais de 50% da rede existente em 2019. Da Rede Básica inicialmente planejada para 2021, com 520 pontos, conseguiu-se obter 86% de pontos (448 pontos) com, no mínimo, 3 coletas e 54% deles (282 pontos) com as 4 coletas previstas. Com isso, o estado de São Paulo passa de uma densidade de 0,93 pontos/1.000 km² em 2020, inferior ao recomendado (1 ponto/1.000 km²), volta a obter uma densidade de 1,8 pontos/1.000 km², portanto superior ao recomendado (1 ponto/1.000 km²).

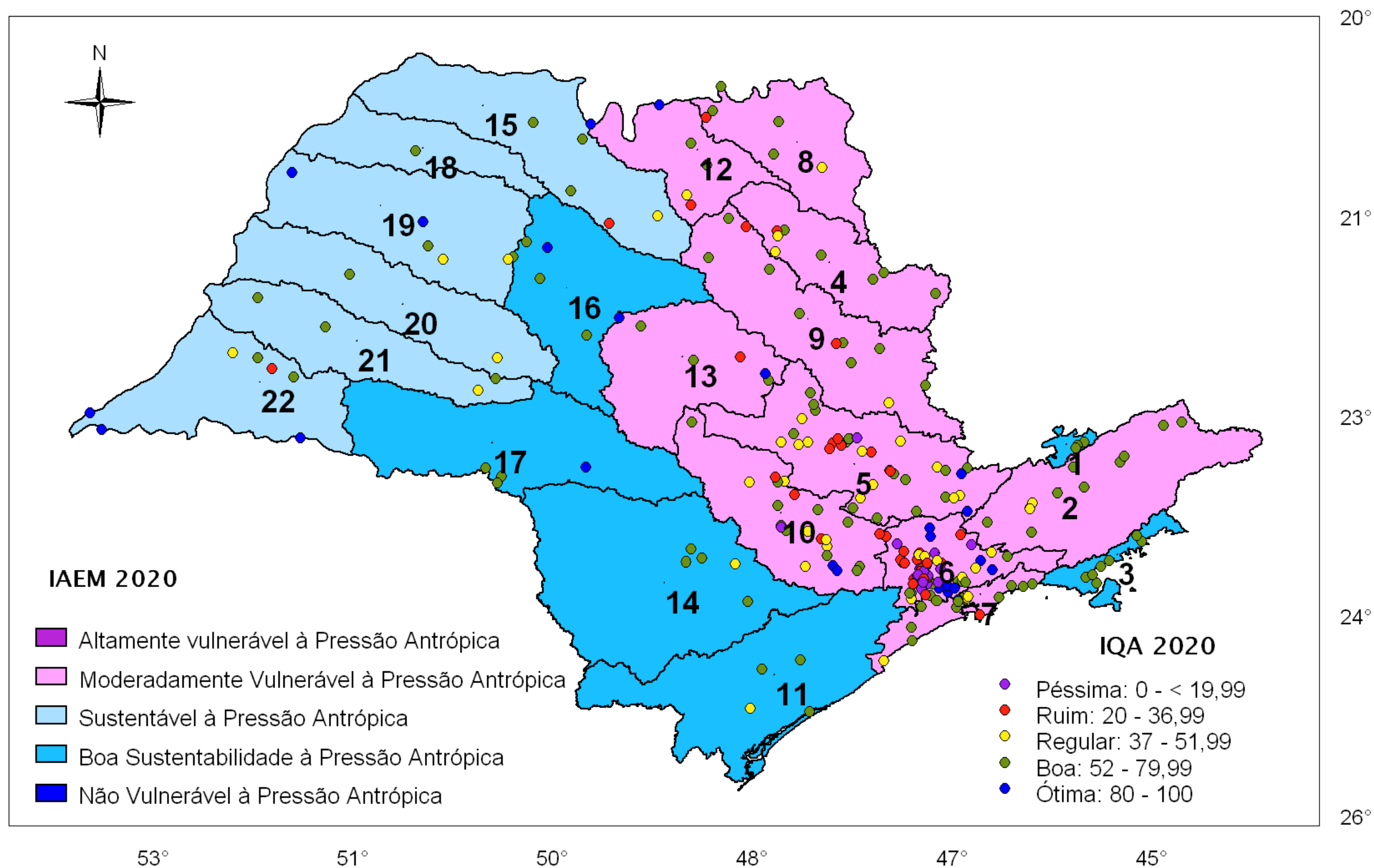
A maior presença de pontos do monitoramento da rede básica em todas as UGRHIs em 2021 fez a amplitude da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km² dentro do conjunto das 22 UGRHIs tornar-se um pouco maior novamente. Em 2020 a amplitude foi de 11,27 pontos/1.000 km² variando de 0,15 pontos/1.000 km² na UGRHI 18 - São José dos Dourados à 11,42 pontos/1.000 km² na UGRHI 6 – Alto Tietê. Já em 2021 a amplitude aumentou para 16,99 amplitude variando de 0,22 pontos/1.000 km² registrado na UGRHI 08 - Sapucaí/Grande à 17,21 pontos/1.000 km² na UGRHI 6 – Alto Tietê. Isso 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, em relação ao ano de 2020, verificaram-se 6 alterações na classificação, todas para melhor. São elas: UGRHI 3 - Litoral Norte, UGRHI 8 - Pardo, UGRHI 9 - Mogi-Guaçu, UGRHI 13 - Tietê/Jacaré, UGRHI 18 - São José dos Dourados e UGRHI 19 - Baixo Tietê. O Mapa 3.3 e Mapa 3.4 resumem a situação das UGRHIs em relação ao IAEM em 2020 e 2021.

¹ <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>

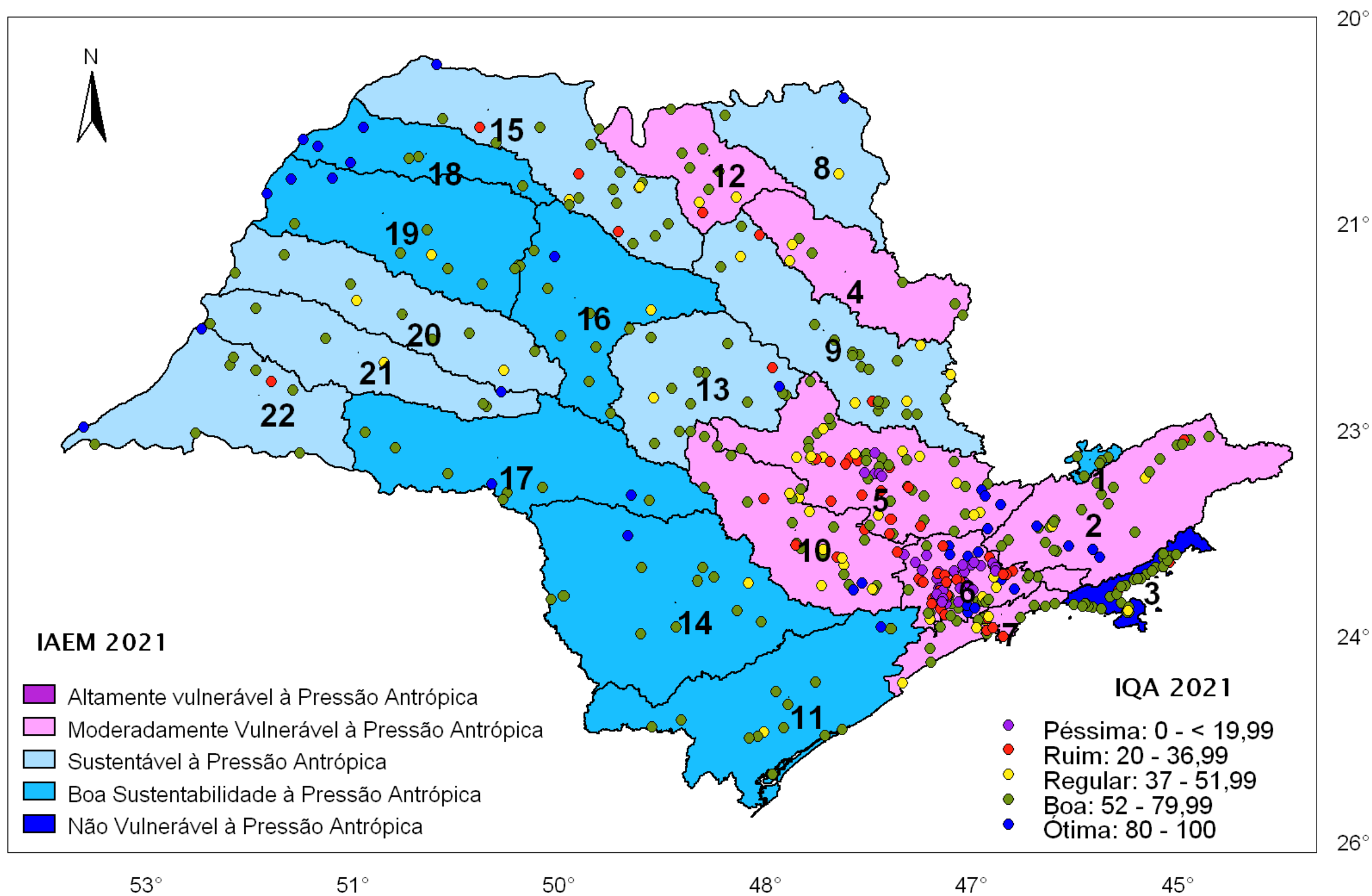
Mapa 3.3 – Situação das UGRHs no estado de São Paulo em função do IAEM – 2020

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2020 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



Mapa 3.4 – 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



Resumindo-se a variação da abrangência do monitoramento, de acordo com o critério territorial da CEE, utilizado para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento, obteve-se o seguinte cenário: em 2020, somente 6 das 22 UGRHs estavam dentro do índice de densidade mínima de 1 ponto/1.000 km²; mas em 2021 a densidade mínima foi atingida por 11 das 22 UGRHs.

Já de acordo com os cenários do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHs classificadas como “**Não vulnerável à pressão antrópica**” subiu de 12 em 2020 para 15 em 2021. Dessa forma, pode-se concluir que a rede de monitoramento de 2021 sofreu menos os impactos das restrições de coleta e análise e houve diminuição de unidades vulneráveis. Isso também pode ser visto com o ligeiro aumento da somatória geral do IAEM do Estado, que foi um pouco maior, passando de 12,34 em 2011, 12,01 em 2020 e 12,42 em 2021.

A análise comparativa completa por UGRHI dos cenários de 2020 e 2021 consta no [Apêndice I](#).

4 • Saneamento e Aspectos Legais

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 2016 e 2021, 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 dispõe de infraestrutura adequada para coleta e tratamento de esgotos.

O segundo item analisa a porcentagem de resultados desconformes em relação aos padrões da Classe 2 da [Resolução CONAMA nº 357/2005](#) para as principais variáveis que podem estar contribuindo para a degradação dos corpos hídricos. Essa avaliação é complementada pela análise das porcentagens de atendimento em relação aos padrões de qualidade para a classe atual de enquadramento do corpo de água, assim como para os padrões legais de classes de qualidade mais exigentes. Essas comparações objetivam subsidiar futuras ações dos órgãos competentes, visando uma recuperação progressiva da qualidade dos corpos de água, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 357/05.

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/>.

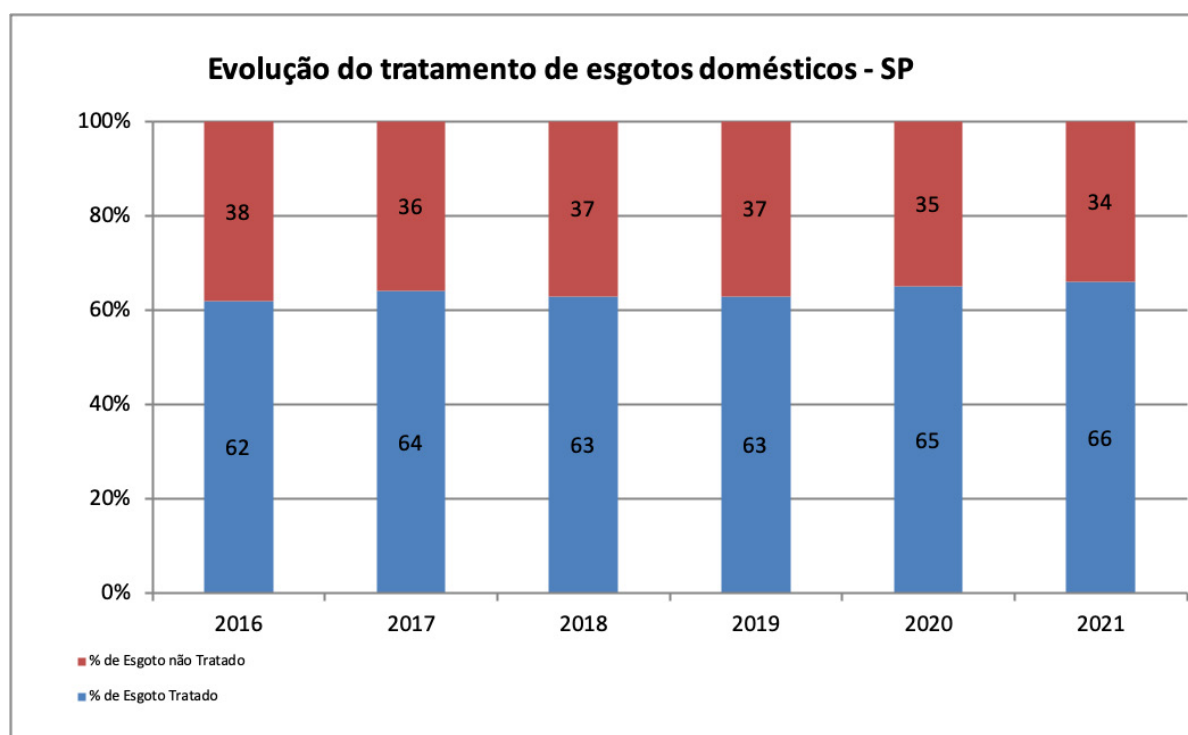
O índice de tratamento de esgoto doméstico no estado de São Paulo atingiu 66% em 2021, indicando um avanço no saneamento em nível estadual desde 2016, quando houve um aperfeiçoamento na base de dados de cálculo do índice de coleta e tratamento de esgotos (Gráfico 4.1).

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 sua qualidade, restringindo seus 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 – 2016 a 2021



Um dos principais parâmetros que indica o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é o aumento da presença da *Escherichia coli* na água. Outro indicador da presença de lançamento de esgotos é o aumento da concentração da matéria orgânica e a sua decomposição pelos microrganismos, causando uma redução nos níveis de Oxigênio Dissolvido no meio aquático, que pode chegar a anoxia, dependendo das características do lançamento e do rio.

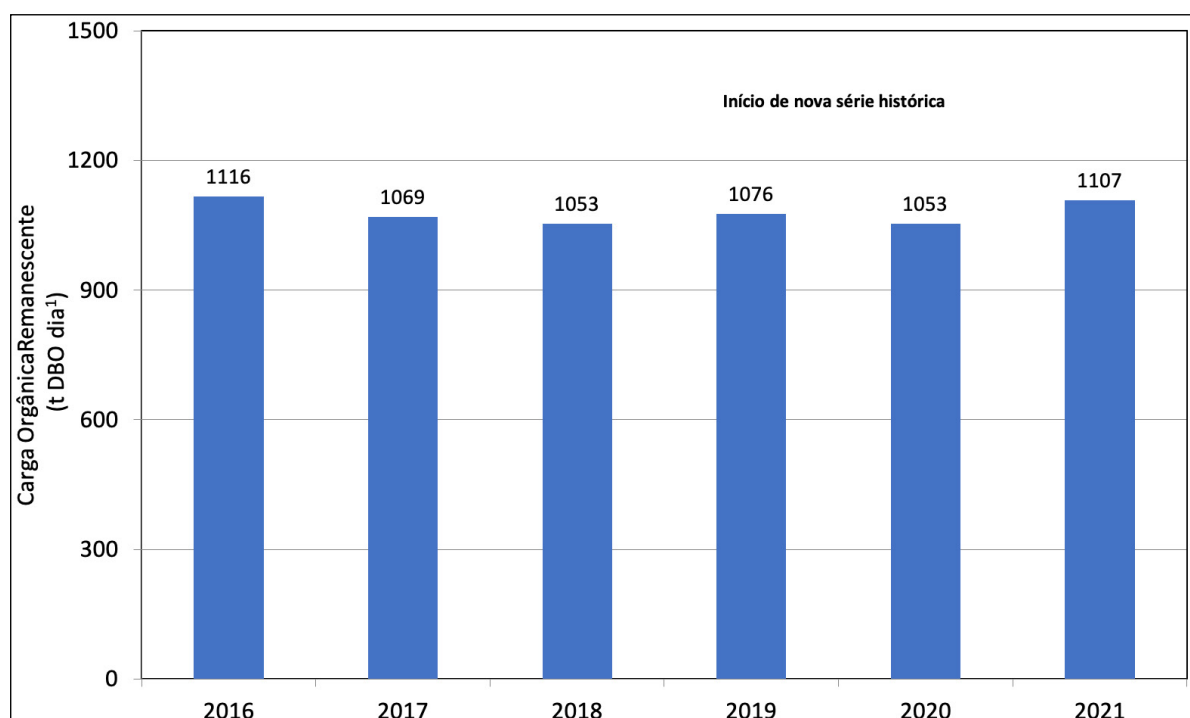
Quando os níveis de Oxigênio Dissolvido tendem a zero, a decomposição da matéria orgânica ocorre em meio anaeróbico, o que causa a emissão de subprodutos voláteis odoríferos dos corpos de água, causando incômodos à população e danos aos materiais e à flora. Em meio aeróbico, por outro lado, ocorre a 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.

4.1.1 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 $54 \text{ g hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. 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 relacionadas na literatura técnica. A eficiência média das estações de tratamento de esgotos, em 2021, foi de 82%. A somatória da carga orgânica remanescente dos 645 municípios do Estado em 2021 não foi significativamente diferente dos últimos 5 anos, mantendo-se em torno de $1.000 \text{ t DBO dia}^{-1}$ (Gráfico 4.2).

Gráfico 4.2 – Evolução da carga remanescente no estado de São Paulo – 2016 a 2021



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 apresentados a somatória da carga orgânica remanescente 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 UGRHIs - 2021

UGRHI		População Urbana	Atendimento (%)		Carga Remanescente t DBO dia ⁻¹	ICTEM
Número	Descrição		Coleta	Tratamento		
1	Mantiqueira	61.702	56	54	2	5,95
2	Paraíba do Sul	2.124.413	93	81	36	7,44
3	Litoral Norte	337.159	53	49	ND	6,31
4	Pardo	1.215.586	99	85	15	8,19
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	5.737.151	93	83	82	7,84
6	Alto Tietê	21.626.154	86	54	688	5,33
7	Baixada Santista	1.893.370	77	19	ND	5,22
8	Sapucaí/Grande	707.923	99	99	5	9,95
9	Mogi Guaçu	1.542.781	98	74	35	6,68
10	Sorocaba/Médio Tietê	1.937.230	90	81	30	7,68
11	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	273.446	68	68	7	6,56
12	Baixo Pardo/Grande	346.186	99	75	8	6,82
13	Tietê/Jacaré	1.608.773	99	74	34	6,91
14	Alto Paranapanema	631.467	91	90	8	8,14
15	Turvo/Grande	1.289.129	99	98	10	9,88
16	Tietê/Batalha	520.262	98	89	7	8,07
17	Médio Paranapanema	666.615	98	94	9	8,26
18	São José dos Dourados	212.661	98	98	2	9,96
19	Baixo Tietê	772.089	98	98	10	8,15
20	Aguapeí	348.271	96	95	5	8,20
21	Peixe	444.578	89	47	15	5,01
22	Pontal de Paranapanema	470.161	97	97	3	9,91
Estado de São Paulo		44.767.107	89	66	1107	7,55

ND: Não Determinado. 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.

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 C](#).

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.

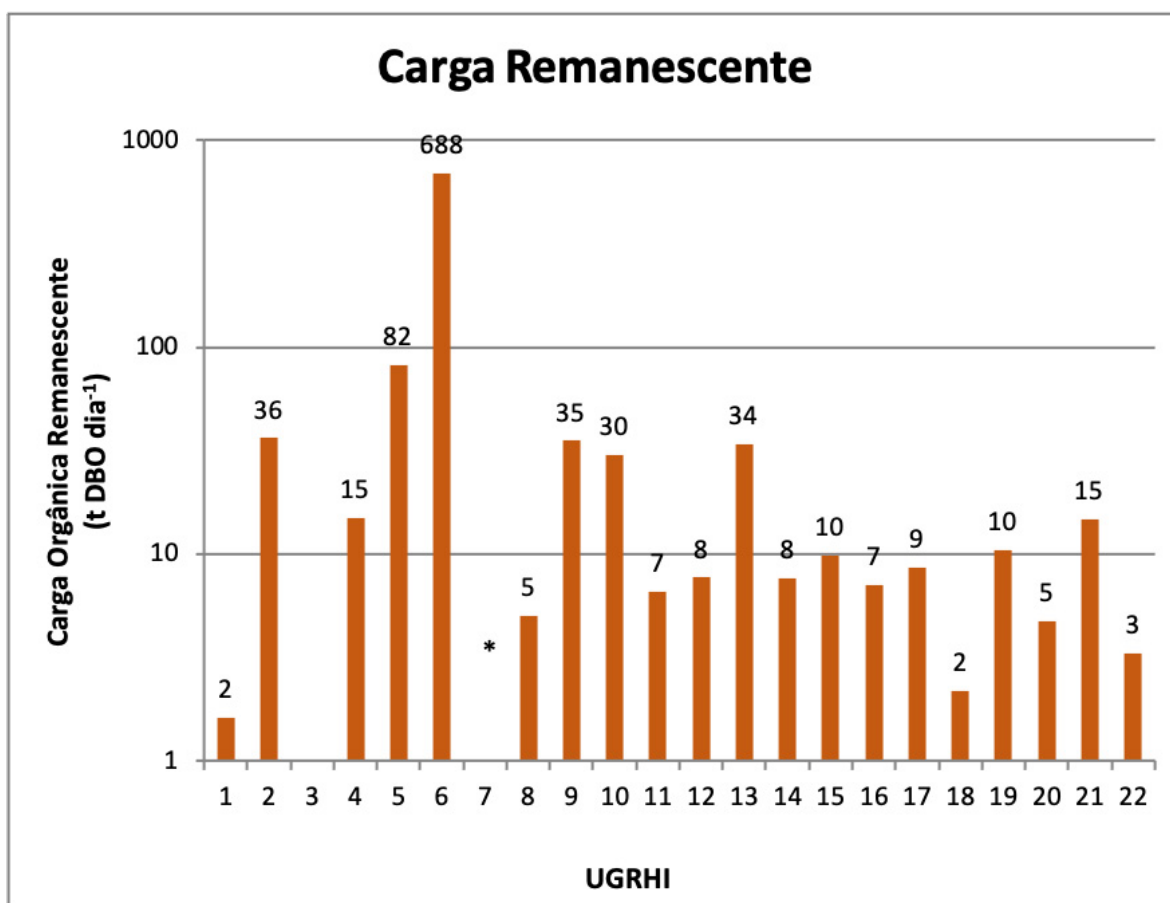
Os resultados do ICTEM para 2021 podem ser visualizados na Tabela 4.1 e os detalhes técnicos do cálculo do ICTEM dos municípios litorâneos e a sua metodologia de cálculo podem ser consultados no [Apêndice D](#).

Em 2021, 13 UGRHIs, que concentram uma população ao redor de 16,5 milhões de pessoas, mantiveram uma 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 90%. A UGRHI 21 – Peixe, apresentou o 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 que no ano de 2021 entraram em operação a ETE Municipal Central, no município de Bom Jesus dos Perdões (UGRHI 5), a ETE Laranjeiras, no município de Caieiras (UGRHI 6) e a ETE São Joaquim da Barra no município de mesmo nome (UGRHI 8).

Contudo, ainda existem, no estado de São Paulo, 32 municípios com porcentagem nula de tratamento, que são: Américo Brasiliense, Aparecida, Areias, Barrinha, Caconde, Cajamar, Cordeirópolis, Cosmópolis, Descalvado, Estiva Gerbi, Francisco Morato, Franco da Rocha, Iguará, Iracemópolis, Jardinópolis, Mairinque, Marília, Monte Alegre do Sul, Orlândia, Paraibuna, Pedra Bela, Piquete, Pirajuí, Ribeirão Bonito, Rincão, Rio das Pedras, Santa Cruz das Palmeiras, São José do Barreiro, São Simão, Tejupá, Tietê e Tuiuti. Estes municípios totalizam uma população de, aproximadamente, 1,3 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 688 t DBO dia⁻¹, é responsável por 62% 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 do rio Tietê, inserido nesta UGRHI, concentra uma carga expressiva de DBO. A segunda UGRHI com maior carga remanescente é a do Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ (UGRHI 5), com 82 t DBO dia⁻¹, 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.

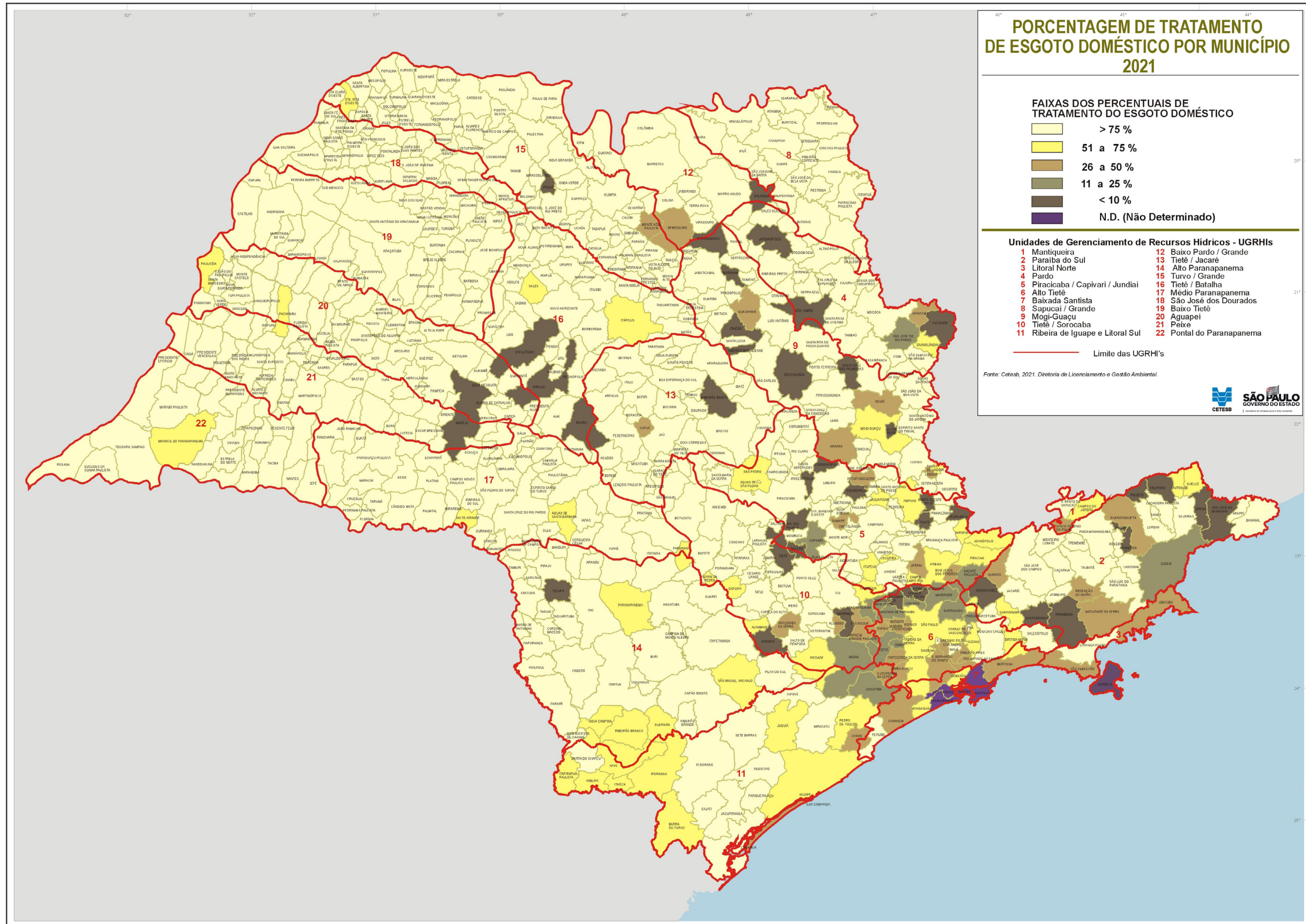
Gráfico 4.3 – Carga remanescente de DBO por UGRHI – 2021

* 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 o comportamento do cidadão, que é responsável por ligar seus esgotos à rede coletora. Dessa forma, no município de São Paulo, existe o Decreto nº 57.776/2017, que obriga o munícipe a ligar seus esgotos à rede coletora quando esta estiver disponível.

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 – 2021



4.2 Atendimento aos Padrões da Legislação

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](#) define 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. Dessa 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, contudo para grande parte da população do Estado, concentrada na RMSP, os rios correspondentes não são de classe 2 (conforme gráficos 4.4 e 4.5 – adiante).

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 2021 e para a média dos últimos cinco anos (período de 2016 a 2020).

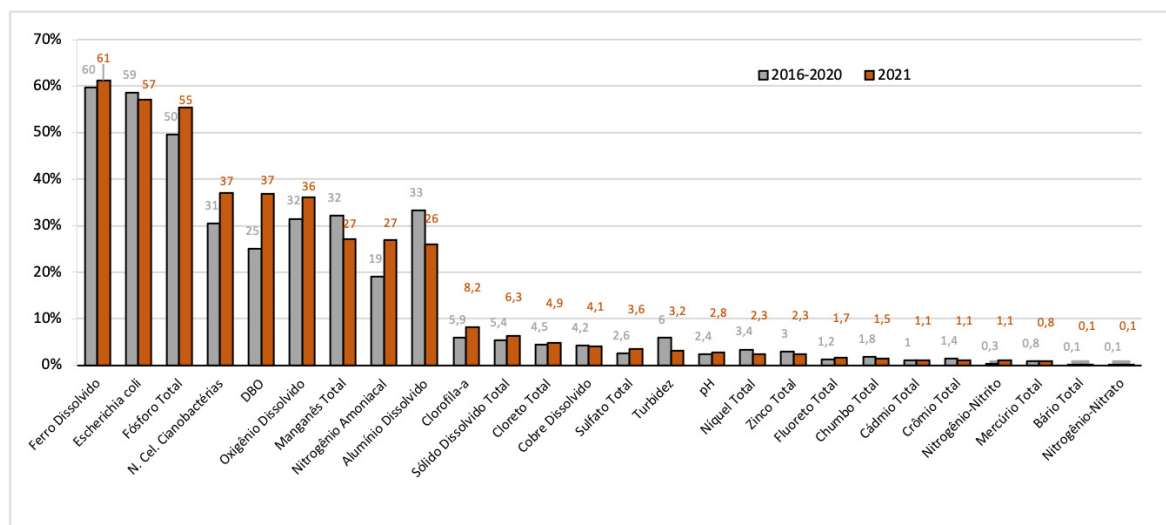
Para confecção do Gráfico 4.4 foram selecionadas as variáveis monitoradas em mais de 90% dos pontos da Rede Básica, exceto as variáveis Clorofila *a* e Número de Células de Cianobactérias, que foram monitoradas em 82 e 14% dos pontos, respectivamente. Para cada variável, foram considerados, pelo menos, 3 resultados relativos a 3 campanhas executadas em 2021, o que correspondeu a 460 pontos. Para os resultados do período de 2016 a 2020, também foram considerados os resultados desses 460 pontos com 3 resultados na série histórica. As desconformidades por variável e por ponto de coleta podem ser consultadas no [Apêndice K](#).

Cabe ressaltar que, com relação às variáveis *Escherichia coli* e DBO, foram adotados os seguintes critérios:

Escherichia coli – adotou-se a variável *Escherichia coli*, em substituição aos Coliformes Termotolerantes, cujos 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.

DBO – adotou-se a DBO estimada a partir dos resultados obtidos do Carbono Orgânico Total, para as amostras em que essa variável não foi determinada, valendo-se da relação descrita no **estudo estatístico** publicado no site da CETESB.

Gráfico 4.4 – Porcentagens de resultados da Rede Básica que não atendem os padrões estabelecidos para a Classe 2, em 2021 e no período de 2016 a 2020



*DBO estimada a partir dos resultados de COT

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

A menor pluviosidade, verificada em 2021, influenciou nos resultados desconformes deste ano, causando um leve aumento das porcentagens das variáveis que estão associadas aos lançamentos pontuais e uma diminuição daquelas que estão associadas com fontes difusas.

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%), DBO (37%), Oxigênio Dissolvido (36%) e Nitrogênio Amoniacal (27%). Na comparação com a média histórica, constata-se que essas variáveis apresentaram ligeira piora em 2021, com aumento na faixa de quatro e doze pontos percentuais, exceto *E. coli*, cuja porcentagem decresceu de 59 para 57%.

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, além da importância da gestão do uso e ocupação do solo. A diminuição da carga de fósforo nos corpos hídricos também resultará na diminuição dos eventos de florações de algas. Observa-se que, nos ambientes lênticos (reservatórios) no Estado a porcentagem de resultados desconformes é de 60%, ao passo que em ambientes lóticos (rios) é de 42%.

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 2021 mantiveram-se praticamente estáveis no caso do Ferro Dissolvido (61%) ou decresceram em relação à média histórica, como é o caso do Alumínio Dissolvido (de 33 para 26%) e do Manganês Total (de 32 para 27%). 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 acarreta o aumento da Turbidez e de Sólidos Dissolvidos, principalmente em eventos de alta intensidade de chuvas, entre outros fatores. Essas variáveis tiveram 3,2 e 6,3% de resultados não conformes, respectivamente.

Em relação às variáveis hidrobiológicas, houve aumento de 2 e 6 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 das fontes industriais no Estado.

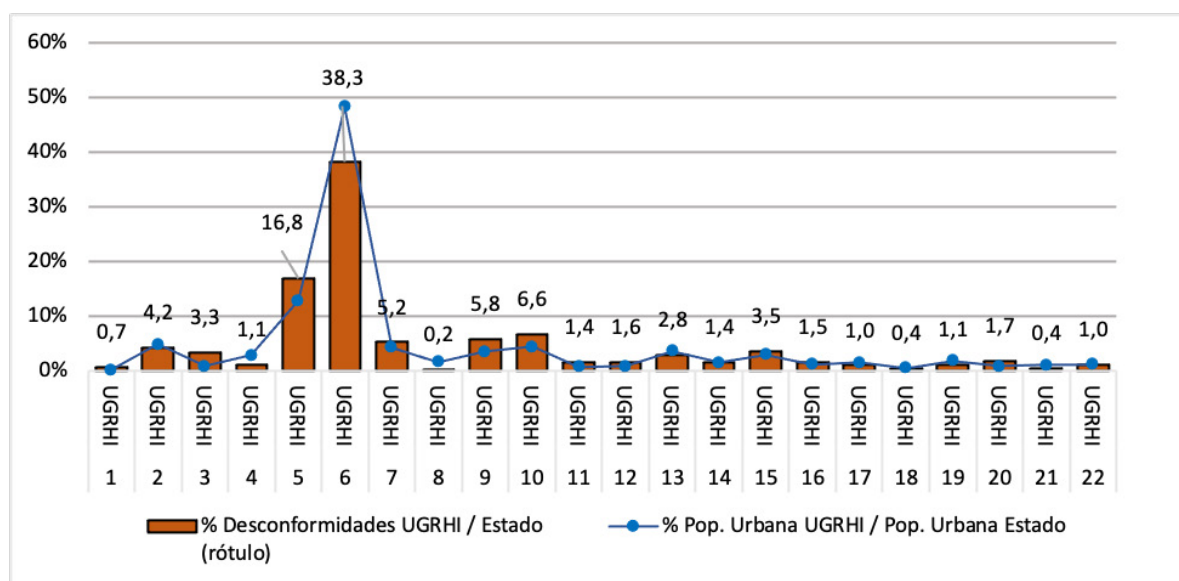
Considerando os resultados desconformes das principais variáveis no Estado, verificou-se que 38% desses resultados foram de pontos localizados na UGRHI 6. A UGRHI 5 é a segunda maior com quantidade de resultados desconformes, correspondendo a 18% dos resultados desconformes do Estado, seguida das UGRHIs 10 e 9.

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 38% dos resultados desconformes da Rede Básica em 2021 e na UGRHI 5, que corresponde a 13% da população do Estado, verificaram-se 17% dos resultados desconformes. Nas UGRHIs 2, 7, 9 e 10, que possuem cerca de 4% da população do Estado cada, tiveram entre 4,2% e 6,6% 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 2021 e a porcentagem da população urbana da UGRHI em relação a população do Estado



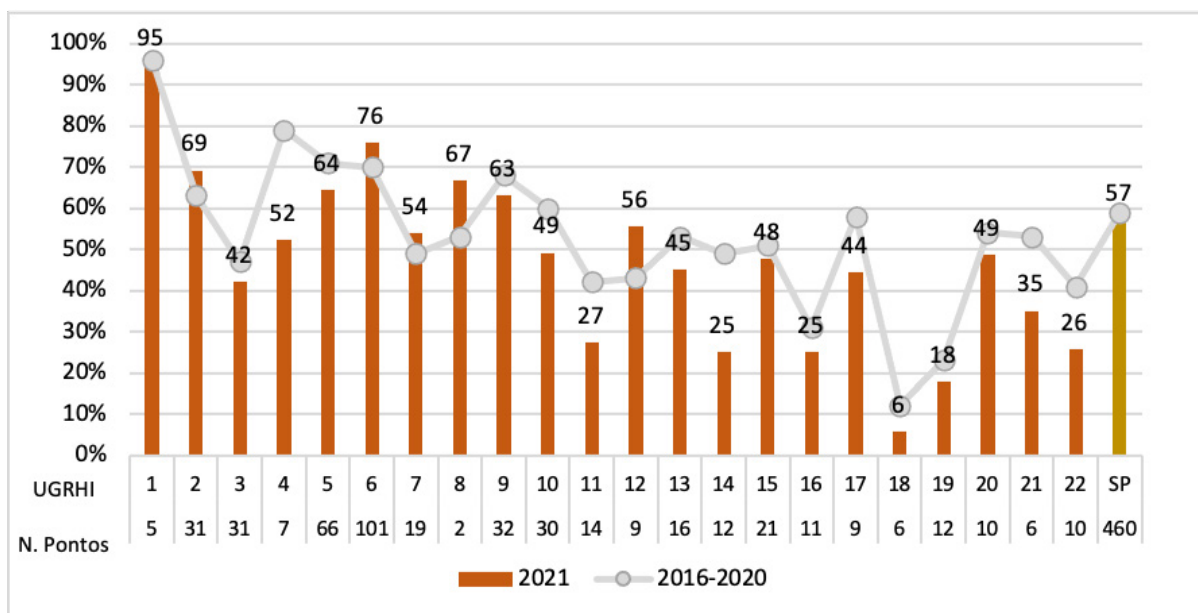
Para avaliação da qualidade da água das UGRHs, realizou-se a verificação espacial da ocorrência das variáveis que impactaram negativamente a qualidade dos corpos hídricos no Estado em 2021 e dos últimos 5 anos em relação aos padrões da Classe 2 por meio da comparação das porcentagens de resultados desconformes por variável de cada UGRHI (Gráfico 4.6 a Gráfico 4.13).

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 54% do esgoto gerado, ao passo que as UGRHs 11, 14, 16, 18, 19 e 22 tiveram menos de 30% de resultados desconformes para essa variável (Gráfico 4.6).

Em relação à média histórica, destaca-se a UGRHI 14, que apresentou diminuição da porcentagem de resultados desconformes (de 49% para 25%), provável reflexo do aumento do tratamento de esgoto que passou de 78% em 2016 para 90% em 2021 (Gráfico 4.6).

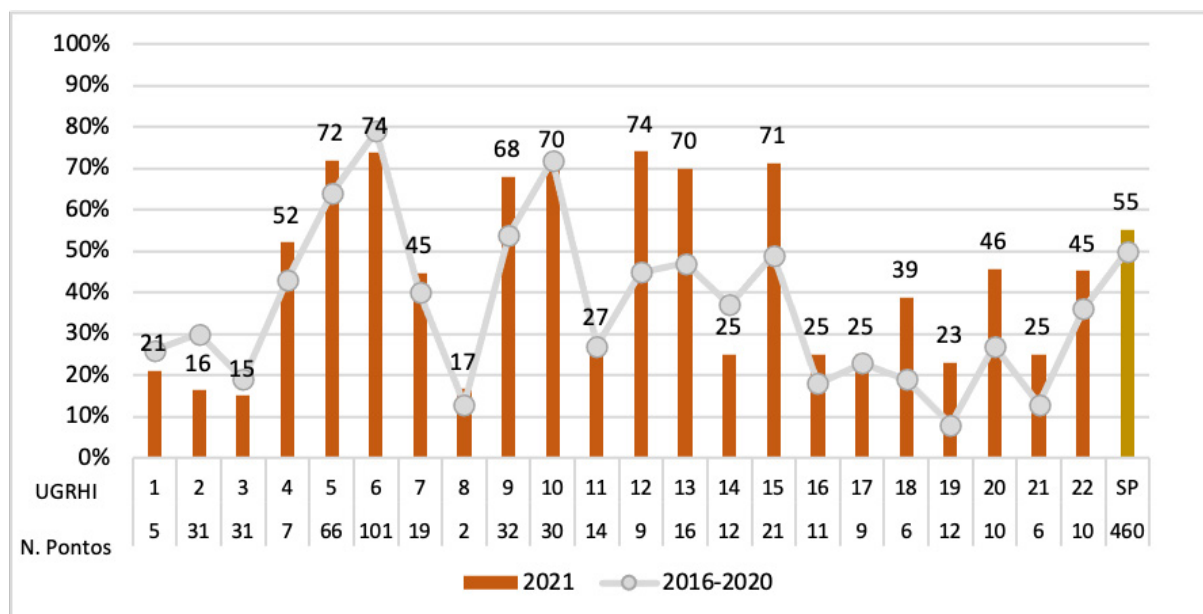
Gráfico 4.6 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de *Escherichia coli* por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



4.2.1.2 *Fósforo Total*

Notou-se um incremento da porcentagem de resultados desconformes nas UGRHs 12, 13, 15, 18 e 20 em relação à média histórica. Além disso, 6 UGRHs (5, 6, 10, 12, 13 e 15) tiveram mais de 70% dos seus resultados desconformes com o padrão de qualidade, evidencia-se a necessidade de medidas de controle das fontes pontuais e difusas desse nutriente para os corpos hídricos (Gráfico 4.7).

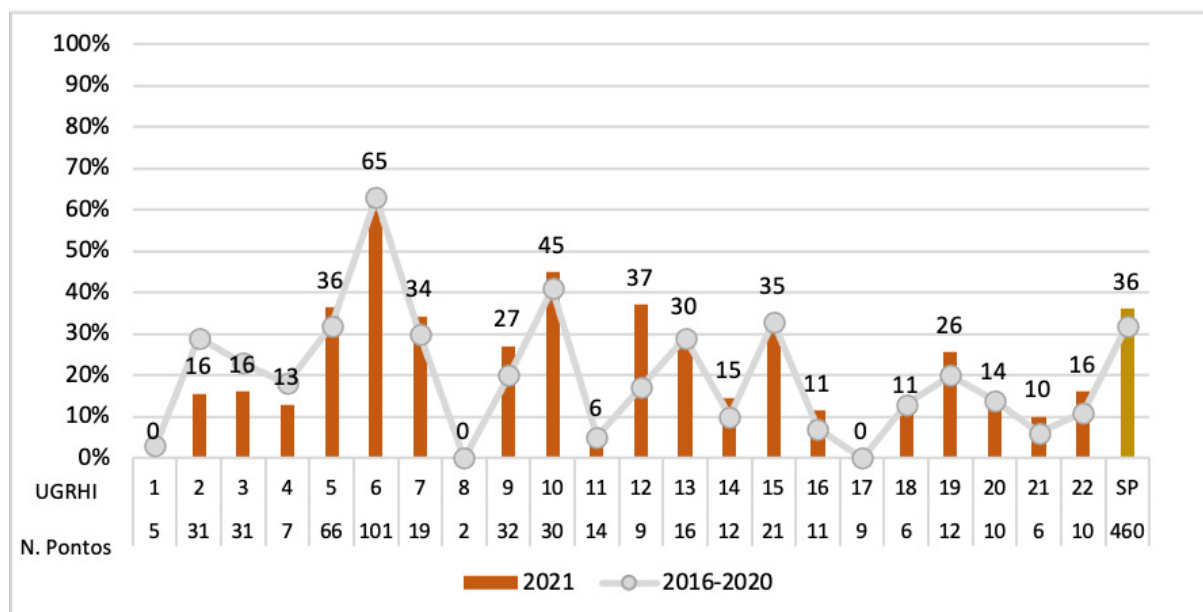
Gráfico 4.7 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Fósforo Total por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



4.2.1.3 Oxigênio Dissolvido

As UGRHIs 6 e 10 evidenciaram a situação mais crítica, com 65 e 45% de seus resultados desconformes com o padrão da Classe 2 no Estado. As demais UGRHIs tiveram menos de 40% de seus resultados desconformes. Destacam-se as UGRHIs 1 e 17, nas quais todos os resultados de Oxigênio Dissolvido atenderam ao padrão da Classe 2. A média histórica dos últimos 5 anos de desconformidades por UGRHI, no geral, não foi muito diferente das porcentagens computadas em 2021, com exceção do aumento observado nas UGRHIs 12 e 19 e na redução nas UGRHIs 2, 3 e 4 (Gráfico 4.8).

Gráfico 4.8 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Oxigênio Dissolvido por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos. Os valores mostrados correspondem ao ano de 2021

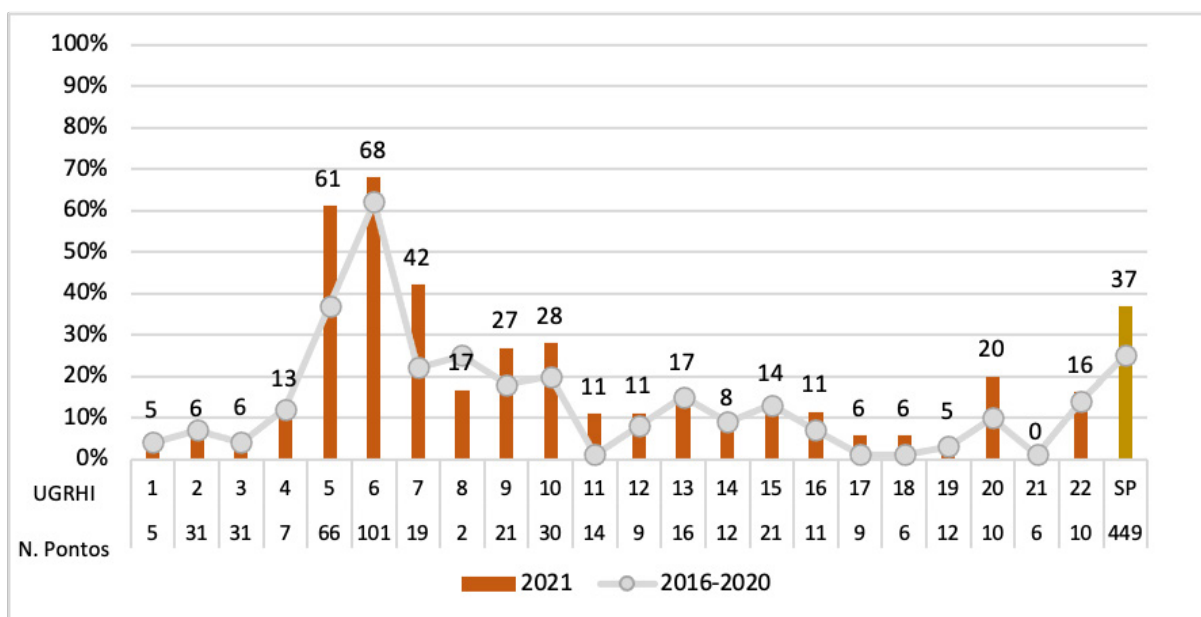


4.2.1.4 DBO

Em relação à DBO, as maiores porcentagens de não atendimento foram computadas nas UGRHIs 6 e 5, com 68% e 61%, respectivamente, havendo um aumento em relação à média histórica. Esses resultados indicam a necessidade de melhorias nos sistemas de saneamento e ou melhorias na eficiência de operação das ETES nessas UGRHIs.

Além dessas, as UGRHIs 7, 9, 10, 11, 17, 18 e 20 também tiveram aumento em relação à média histórica (Gráfico 4.9).

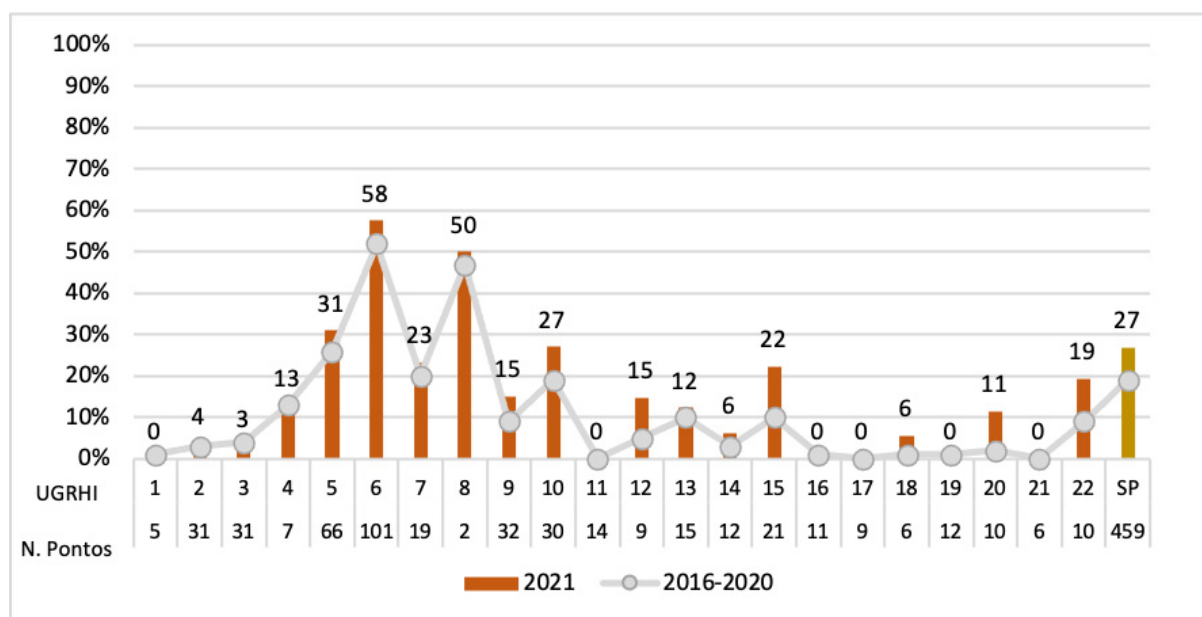
Gráfico 4.9 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de DBO por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



4.2.1.5 Nitrogênio Amoniacal

Em relação ao Nitrogênio Amoniacal, a maior porcentagem de resultados desconformes foi observada na UGRHI 6 (58%), ao passo que as demais UGRHIs mostraram porcentagens inferiores a 30%, com exceção da UGRHI 8 (50%, com apenas 2 pontos de monitoramento) e da UGRHI 5 (31%). Em relação à média histórica, houve aumento das porcentagens de resultados desconformes em 14 das 22 UGRHIs, das quais destacam-se as UGRHIs 15 e 22, que tiveram aumento de 12 e 10 pontos percentuais, respectivamente (Gráfico 4.10).

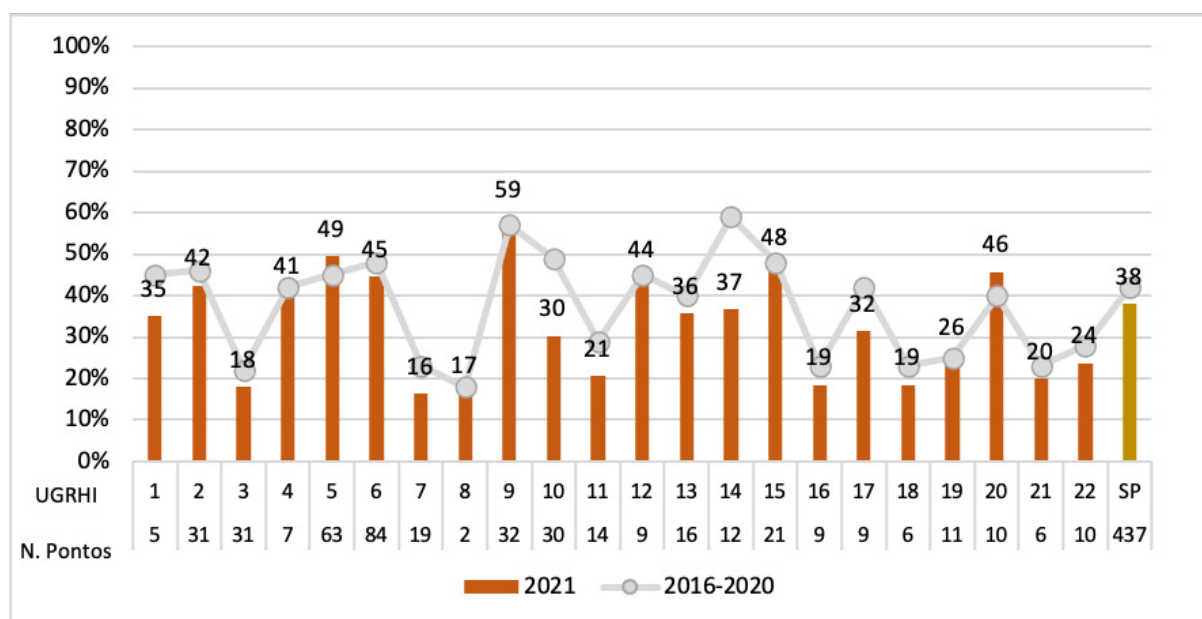
Gráfico 4.10 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Nitrogênio Amoniacal por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



4.2.1.6 Ferro, Alumínio e Manganês

Constata-se que em 2021 a maioria das UGRHIs (18 UGRHIs) diminuiu a porcentagem de desconformidades para essas 3 variáveis em relação à média histórica, o que pode ser devido à diminuição da intensidade de chuvas no Estado ao longo de 2021, resultando em menor arraste de solo em áreas com menor proteção das margens. Ainda assim, a UGRHI 9 teve 59% dos resultados desconformes, sendo a maior porcentagem dentre as UGRHIs (Gráfico 4.11).

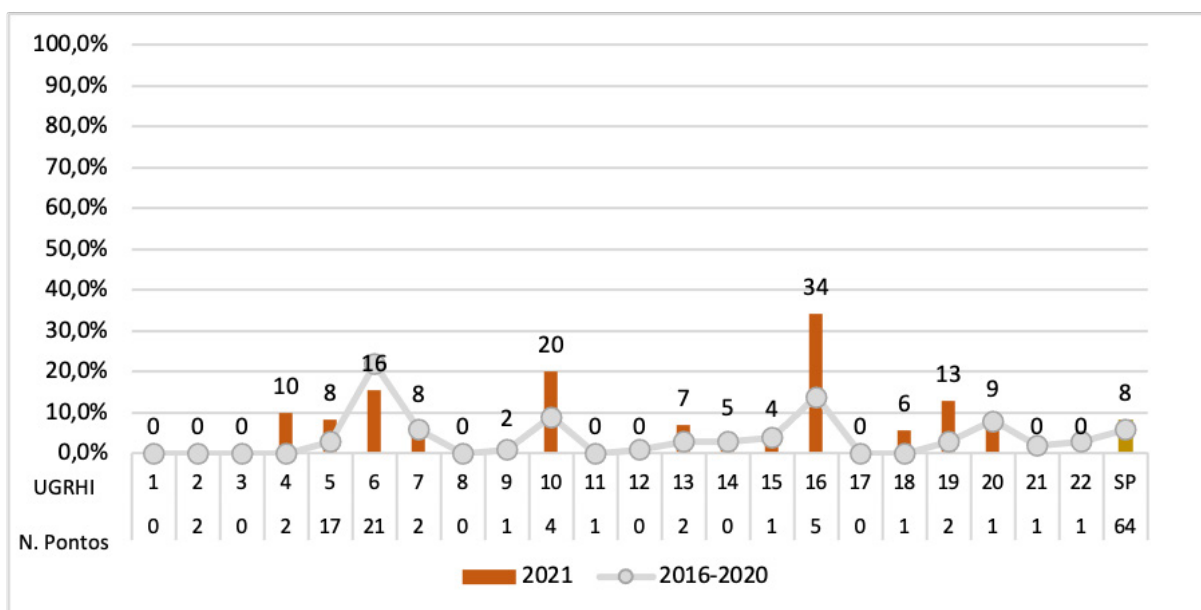
Gráfico 4.11 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Alumínio, Ferro e Manganês por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



4.2.1.7 Clorofila *a*

A UGRHI 16 registrou 34% dos resultados para a Clorofila *a* em desconformidade ao padrão da Classe 2 em 2021, a maior dentre todas as UGRHIs e bem acima do total do Estado. Essa UGRHI também registrou em 2021 um aumento de 20 pontos percentuais de resultados desconformes na comparação com a média histórica, sendo esses resultados influenciados pela localização dos pontos no Médio Tietê, onde predomina um ambiente lântico. Nas UGRHIs 4, 5, 10, 13, 18 e 20 também se verificou um aumento da porcentagem de resultados desconformes em relação ao período de 2016 a 2020 (Gráfico 4.12). O aumento das desconformidades para a Clorofila *a* em relação à média histórica foi influenciado pela estiagem, que afetou todas as UGRHIs no Estado.

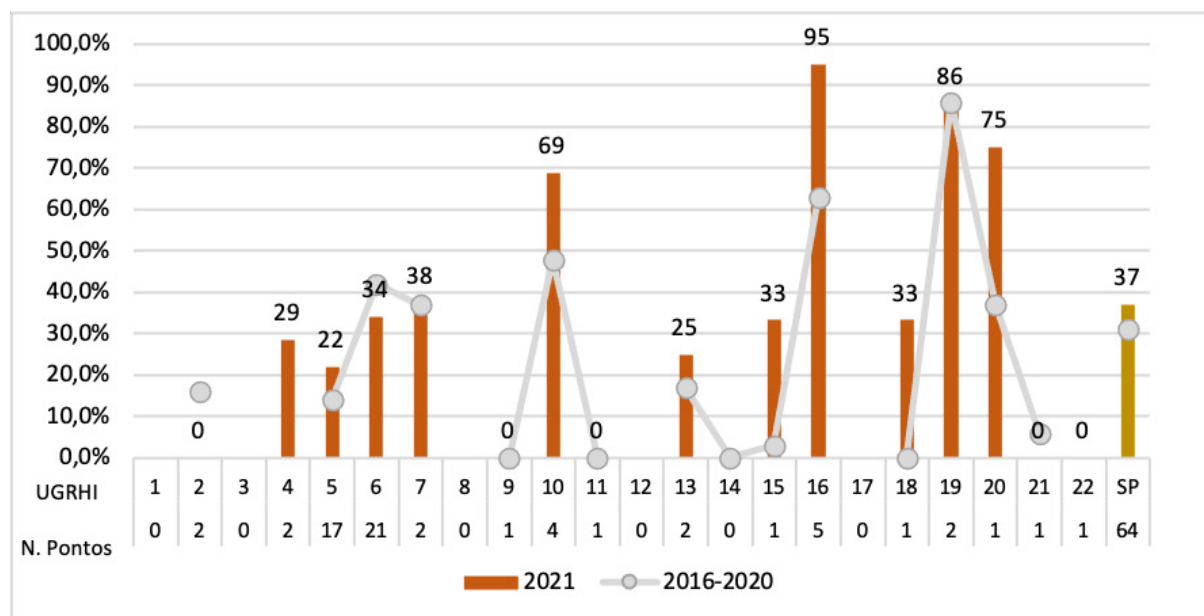
Gráfico 4.12 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Clorofila *a* por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



4.2.1.8 Número de Células de *Cianobactérias*

No que se refere à variável NCC, constatou-se um aumento nas porcentagens de desconformidades em relação à média histórica nas UGRHIs 5, 10, 13, 15, 16, 18 e 20. Em 2021, a UGRHIs 10, 16, 19 e 20 registraram porcentagens variando entre 69 e 95%. Importante ressaltar que as desconformidades foram registradas nos ambientes lânticos, a saber: reservatórios de Barra Bonita e Itupararanga (UGRHI 10), represa do Broa (UGRHI 13), reservatórios de Promissão, braço do ribeirão da Fartura e da Barra Mansa e córrego do Esgotão (UGRHI 16), reservatório Três Irmãos e braço do ribeirão Santa Bárbara (UGRHI 19) e reservatório de Cascata (UGRHI 20). Por outro lado, destaca-se a UGRHI 2 que não apresentou desconformidade em 2021. O aumento das desconformidades para essa variável em 2021 em relação à média histórica também foi influenciado pela estiagem, que afetou todas as UGRHIs no Estado (Gráfico 4.13).

Gráfico 4.13 – Porcentagem de resultados que não atenderam ao padrão da Classe 2 de Número de Células de Cianobactérias por UGRHI em 2021 e nos últimos 5 anos



Obs.: Na UGRHI 4, os pontos estão localizados na represa de Graminha, para os quais não há resultados da série histórica para essa variável.

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 consta no Decreto Estadual nº 10.755/1977.

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 reenquadramento, 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 2021, foram monitorados 44 pontos 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 2021 e dos últimos 5 anos (2016 a 2020) 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 da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe Especial da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2021 e nos últimos 5 anos

Variável	N. Pontos 2021	% de Atendimento Classe 1	
		2021	2016-2020
N. Células Cianobactérias	20	52	60
<i>Escherichia coli</i>	44	57	45
Fósforo Total	44	62	52
Ferro Dissolvido	35	66	56
Clorofila <i>a</i>	35	71	72
DBO	44	75	48
Oxigênio Dissolvido	44	77	62
Alumínio Dissolvido	35	81	84
Manganês Total	35	84	85
Cobre Dissolvido	35	92	96
Turbidez	44	92	84
Nitrogênio Amoniacal	44	93	78
pH	44	94	97

Nos pontos enquadrados na Classe Especial, as menores porcentagens de atendimento aos padrões da Classe 1 são relacionadas às variáveis que indicam floração de algas e presença de esgoto doméstico, semelhante ao verificado na comparação com a média dos últimos 5 anos.

Nos reservatórios da UGRHI 6, notadamente os braços da represa Billings e na represa Guarapiranga, são verificados valores elevados das variáveis hidrobiológicas (Número de Células de Cianobactérias e Clorofila *a*), indicando alteração da qualidade quanto ao enriquecimento por nutrientes. Na Guarapiranga, próximo à captação, o Cobre Dissolvido foi quantificado acima do padrão de qualidade, podendo estar relacionado ao uso de algicidas para controle de florações de algas. Nos afluentes monitorados do reservatório Guarapiranga predomina o não atendimento às variáveis sanitárias (DBO, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Amoniacal e Turbidez), oriundas do lançamento de esgotos domésticos provenientes de regiões localizadas na bacia de drenagem desse manancial que são parcialmente atendidas, ou não são atendidas por serviços de coleta e tratamento de esgotos.

Desconformidades para as variáveis Alumínio e Ferro Dissolvido e Manganês Total foram verificadas nos reservatórios do rio Paraíba do Sul e seus afluentes na UGRHI 2, no rio Jaguari, a montante do reservatório Jaguari

(JAGR 00002) e no rio Jundiaí-Mirim (UGRHI 5) e no reservatório do Cabuçu (RCAB 00900), na UGRHI 6, entre outros, indicando 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 de água.

As demais variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade e que não constam na Tabela 4.2 atenderam aos padrões de qualidade em 100% das amostras ou próximo disso.

4.2.2.2 Pontos enquadrados na Classe 2

Em 2021, foram monitorados 309 pontos 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 da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 em 2021 e nos últimos 5 anos

Variável	N. Pontos 2021	% de Atendimento Classe 1		% de Atendimento Classe 2	
		2021	2016-2020	2021	2016-2020
Ferro Dissolvido	298	42	41	42	41
<i>Escherichia coli</i>	309	27	23	53	48
Fósforo Total	309	52	59	55	60
N. Células Cianobactérias	44	53	59	59	70
Alumínio Dissolvido	298	73	65	73	65
Oxigênio Dissolvido	309	61	64	74	77
DBO	300	62	74	76	88
Manganês Total	298	81	77	81	77
Cor Verdadeira	113			86	78
Nitrogênio Amoniacal	309	87	93	87	93
Clorofila <i>a</i>	300	79	87	92	95
Sólido Dissolvido Total	302	94	94	94	94
Cloreto Total	302	95	95	95	95
Sulfato Total	302	96	97	96	97
pH	309	97	97	97	97
Turbidez	309	87	83	98	94

Na Classe 2 estão enquadrados a maior parte dos corpos hídricos monitorados no Estado (67%). Dessa forma, prevaleceram em 2021 e nos últimos 5 anos, as não conformidades para as variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico (*Escherichia coli*, DBO, 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 e Manganês em 2021, possivelmente associado à diminuição das chuvas no Estado nesse ano.

Dentre as variáveis desconformes, destacou-se a densidade de cianobactérias nos reservatórios e braços do rio Tietê (Barra Bonita e Promissão), nos reservatórios Billings – UGRHI 6, Salto Grande – UGRHI 5 (ATSG 02800) e Ituparanga – UGRHI 10 (SOIT 02900). Valores desconformes de Fósforo foram quantificados no rio Piaçaguera (PIAC 02700), na UGRHI 7 (20,5 mg L⁻¹), e no rio Jacupiranga (JAPI 02100), na UGRHI 11 (8,61 mg L⁻¹). Baixos valores de Oxigênio Dissolvido e elevados valores de Nitrogênio Amoniacal foram verificados nos afluentes do reservatório Billings. No rio Grande (GADE 02900), 3 dos 4 resultados de Mercúrio não atenderam ao padrão de qualidade e no rio Piaçaguera (PIAC 02700), o Níquel esteve acima do padrão em todas as campanhas.

As não conformidades para Cloreto, Sulfato e Sólidos Dissolvidos foram verificadas em pontos próximos à foz dos rios litorâneos, onde há influência da maré, porém também foi verificado valores elevados de Sulfato no ribeirão São Bento (ENTO 02700) na UGRHI 10 (1650 mg L⁻¹) e no rio Claro (LARO 02900) na UGRHI 5 (311 mg L⁻¹). Concentrações desconformes de Fluoreto foram verificados no rio Pirajibu – UGRHI 5 (3,44 mg L⁻¹), no rio Moji – UGRHI 7 (6,02 mg L⁻¹) e no ribeirão Piraí em Cabreúva – UGRHI 10 (IRIS 02200).

Em relação às substâncias orgânicas, os Compostos Orgânicos Voláteis, monitorados em pontos da UGRHI 7 e outros 4 no Estado, atenderam ao padrão de qualidade, quando existente, exceto para a variável Tolueno em uma campanha no ribeirão Pires (PIRE 02900) e no rio Moji (MOJI 02800). No rio Piaçaguera (PIAC 02700) foram registrados valores acima do padrão para alguns compostos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) na campanha de junho de 2021. Não foram registrados valores em desacordo com a legislação para os agrotóxicos monitorados nos 14 pontos do Estado.

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 96 e 100% das amostras

4.2.2.3 Pontos enquadrados na Classe 3

Em 2021, foram monitorados 43 pontos em 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 da CETESB localizados em trechos de rios e reservatórios enquadrados na Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos 2021	% de Atendimento Classe 1		% de Atendimento Classe 2		% de Atendimento Classe 3	
		2021	2016-2020	2021	2016-2020	2021	2016-2020
Fósforo Total	43	14	22	14	22	15	30
<i>Escherichia coli</i>	43	3	4	13	14	24	24
Oxigênio Dissolvido	43	35	43	44	52	52	61
DBO	41	28	35	36	49	53	63
Alumínio Dissolvido	41	60	62	60	62	74	79
Nitrogênio Amoniacal	42	46	58	46	58	74	82
Sólido Dissolvido Total	43	91	95	91	95	91	95
Turbidez	43	80	73	92	92	92	92
Fluoreto Total	43	93	93	93	93	93	93
Cloreto Total	43	94	97	94	97	94	97
Manganês Total	41	49	48	49	48	95	99
Cobre Dissolvido	41	91	94	91	94	95	96
Níquel Total	41	96	95	96	95	96	95
Clorofila <i>a</i>	41	78	86	95	97	97	99
pH	43	97	99	97	99	97	99
Chumbo Total	41	97	96	97	96	99	98
Ferro Dissolvido	41	13	24	13	24	100	100
Zinco Total	41	93	95	93	95	100	100

Os rios de Classe 3 monitorados pela CETESB localizam-se predominantemente nas UGRHs 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 Fósforo Total e *E. coli*, com baixa porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 3 (15 e 24%, respectivamente) e diminuição da porcentagem de atendimento de Fósforo, de Oxigênio Dissolvido e de DBO em relação à média histórica, essas duas últimas variáveis com cerca de 50% de registros de não atendimento aos padrões da Classe 3.

Verifica-se também que, apesar de alta porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 3 para algumas variáveis, a exemplo do Ferro Dissolvido, Manganês, Nitrogênio Amoniacal e Clorofila *a*, essas não atenderiam aos padrões de qualidade mais restritivos (Classe 1 e 2).

Dentre as não conformidades associadas à Classe 3, destacam-se elevados valores de Clorofila *a* no rio Jundiá (máximo de 230,5 µg L⁻¹ no JUNA 03270) e Fluoreto no ribeirão Quilombo (máximo de 33 mg L⁻¹ no ponto QUIL 03200).

O ribeirão Perová (PEOV 03900) e ribeirão Jaguarí (JGUA 03950) na UGRHI 6 apresentaram resultados não conformes para diversas variáveis, totalizando mais de 40% dos resultados em desconformidade com a legislação.

As demais variáveis monitoradas e que possuem padrão de qualidade atenderam 100% aos padrões de qualidade da Classe 3 ou próximo disso.

4.2.2.4 Pontos enquadrados na Classe 4

Em 2021 foram monitorados 60 pontos em rios enquadrados na Classe 4. As porcentagens 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 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 1, 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em trechos de rios enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005 e nos últimos 5 anos

Variável	N. Pontos 2021	% de Atendimento Classe 1		% de Atendimento Classe 2		% de Atendimento Classe 3		% de Atendimento Classe 4	
		2021	2016-2020	2021	2016-2020	2021	2016-2020	2021	2016-2020
<i>Escherichia coli</i>	60	2	0	3	3	6	7		
Fósforo Total	60	4	5	4	5	6	9		
DBO	60	7	11	17	18	28	33		
Oxigênio Dissolvido	60	16	16	24	25	35	34	54	52
N. Amoniacal	60	19	25	19	25	50	52		
Ferro Dissolvido	59	27	29	27	29	100	100		
Fenóis Totais	50	42	49	42	49	71	77	99	100
Manganês Total	59	43	31	43	31	100	99		
Tolueno	43	62	70	62	70				
Turbidez	60	67	59	96	92	96	92		
Alumínio Dissolvido	59	80	68	80	68	90	86		
Cobre Dissolvido	59	85	84	85	84	91	93		
Níquel Total	59	89	83	89	83	89	83		
Zinco Total	59	89	85	89	85	100	100		
Crômio Total	59	93	93	93	93	93	93		
Nitrogênio-Nitrito	60	96	98	96	98	96	98		
Cádmio Total	59	96	96	96	96	100	100		
Chumbo Total	59	97	96	97	96	100	100		
Sólido Dissolvido	60	97	97	97	97	97	97		

As variáveis monitoradas em 2021 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 de pH em 100% das amostras, 99% das amostras para Fenóis e em 54% das amostras de Oxigênio Dissolvido. Porém, essa porcentagem de Oxigênio Dissolvido diminui para 24 e 35% 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 ou praticamente nulo para as variáveis *E. coli*, DBO e Fósforo.

Cabe destacar os corpos hídricos cujas porcentagens de atendimento aos padrões de classes mais restritivas foram elevadas (acima de 85%): ribeirão Vai-e-Vem (VVEM 04700) na UGRHI 22 e córrego da Vidoca (VIDK 04900) na UGRHI 2. Dessa forma, caso seja estudado reenquadramento desses e dos demais corpos hídricos, serão necessárias ações para aumentar os níveis de Oxigênio Dissolvido e diminuição da carga de esgoto.

As porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 2 e 3 para os metais pesados e Compostos Orgânicos Voláteis em rios da Classe 4 são, de modo geral, elevadas, embora alguns deles, como o Níquel, Zinco e Tolueno, sejam detectados em trechos de alguns rios, a exemplo do rio Tietê na RMSP e em seus afluentes.

Não foram verificadas alterações significativas entre as porcentagens de resultados desconformes em 2021 comparados às dos últimos 5 anos.

4.2.2.4.1 Pontos do Programa Novo Rio Pinheiros

Em continuidade ao acompanhamento das ações para melhoria da qualidade da água da bacia do rio Pinheiros, por intermédio do Programa Novo Rio Pinheiros do Governo do Estado de São Paulo, em 2021, a CETESB monitorou 22 pontos posicionados na calha principal e nos seus principais afluentes. Todos os corpos de água monitorados na bacia do rio Pinheiros estão enquadrados na Classe 4.

A Tabela 4.6 apresenta as porcentagens de atendimento aos padrões de qualidade das Classes 2, 3 e 4 de pontos localizados em trechos de rios da Classe 4 da bacia do rio Pinheiros. Algumas variáveis só foram monitoradas nos 4 pontos da calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes, a saber: córregos Espraiada, Jaguaré, Pirajussara, Traição, Cordeiro, Morro do S e Zavuvus, totalizando 11 pontos.

Tabela 4.6 – Porcentagens de atendimento aos padrões das Classes 2, 3 e 4 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes enquadrados na Classe 4 da Resolução CONAMA nº 357/2005

Variável	N. Pontos 2021	% de Atendimento Classe 2		% de Atendimento Classe 3		% de Atendimento Classe 4	
		2021	2016-2020	2021	2016-2020	2021	2016-2020
<i>Escherichia coli</i>	22	1	1	2	3		
Fósforo Total	22	10	1	13	4		
DBO	22	11	5	22	11		
Nitrogênio Amoniacal	22	18	13	44	33		
Oxigênio Dissolvido	22	26	17	39	23	61	42
Fenóis Totais	11	32	26	68	70	100	100
Ferro Dissolvido	21	49	47	100	100		
Manganês Total	21	53	22	99	100		
Tolueno	11	59	54				
Arsênio Total	20	69	72	80	83		
Cobre Dissolvido	21	91	83	95	95		
Alumínio Dissolvido	21	95	91	99	96		
Cádmio Total	21	96	97	100	100		
Chumbo Total	21	97	95	100	100		
Crômio Total	21	97	100	97	100		
Níquel Total	21	97	97	97	97		
Zinco Total	21	97	97	100	100		
Mercurio Total	11	98	100	100	100		
Turbidez	22	99	94	99	94		

Conforme a Tabela 4.6, 61% das amostras atenderam ao padrão de qualidade da Classe 4 para o Oxigênio Dissolvido (2 mg L^{-1}), sendo constatada melhora em relação ao histórico dos últimos 5 anos, quando apenas 42% das amostras atenderam ao padrão de qualidade. Os pontos que aumentaram significativamente a porcentagem de atendimento ao padrão do Oxigênio Dissolvido em 2021 foram: córrego do Cordeiro (CORD 04950), córrego Olaria (OLAR 04900) e o rio Pinheiros, na ponte do Socorro (PINH 04250).

As variáveis que indicam a presença de esgoto doméstico são as que apresentaram maiores não conformidades em relação aos padrões das Classes 2 e 3, a saber: *Escherichia coli*, DBO, Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total. Os metais Ferro e Manganês, que podem ser originários de diversas fontes, atenderam na maior parte do tempo aos padrões da Classe 3 apenas.

Alguns metais foram quantificados em concentrações que não atenderiam aos padrões da Classe 2 e 3, sendo que desses, o Cobre Dissolvido foi quantificado em 2 campanhas no córrego Pau Arcado (PARC 04900). Além disso, o parâmetro Fenóis foi quantificado acima desses padrões em 10 pontos e o Tolueno em 8 dos 11 pontos em que essas variáveis são monitoradas.

Na Tabela 4.7 é apresentada a porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 por ponto de monitoramento na bacia do rio Pinheiros. A porcentagem foi calculada considerando o total de amostras conformes das variáveis monitoradas que possuem padrão de qualidade por ponto.

Tabela 4.7 – Porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 de pontos da Rede Básica da CETESB localizados em na calha do rio Pinheiros e nos seus principais afluentes

Ponto	Corpo Hídrico	% Atendimento a Classe 2	
		2021	2016-2020
JUDA 02300	Córrego Judas	95	92
PINH 04100	Rio Pinheiros	89	85
JAME 04800	Córrego da Av. Jaime de Oliveira	85	79
TRAI 04800	Córrego da Traição	83	76
BOSC 04500	Córrego Dom Bosco	80	72
SPRA 04850	Córrego Águas Espreiadas	80	70
PINH 04250	Rio Pinheiros	78	71
KUJA 04350	Córrego das Corujas	78	79
ZVUS 04950	Córrego Zavuvus	78	68
PINH 04500	Rio Pinheiros	76	70
CORD 04950	Córrego Parque do Cordeiro	73	61
OLAR 04800	Córrego Olaria	73	62
PBAX 04600	Córrego da Ponte Baixa	73	69
POLI 04900	Córrego Poli	72	62
JUÇA 04900	Córrego do Pirajussara	72	66
UARE 04550	Córrego do Jaguaré	72	67
ESSE 04800	Córrego do Morro do S	71	64
PARC 04900	Córrego do Pau Arcado/Morumbi	71	62
PEDR 04800	Córrego Pedreiras	68	58
PINH 04900	Rio Pinheiros	67	65
MACK 04900	Córrego da Av. Alexandre Mackenzie	63	69
CAYA 04950	Dreno Cayaguava	62	67

Destacam-se os córregos Judas (JUDA 02300), Jaime de Oliveira (JAME 04800), Traição (TRAI 04800) e o rio Pinheiros, em Pedreira (PINH 04100) que apresentaram mais de 80% dos resultados conformes. Esses pontos atenderam inclusive ao padrão Classe 2 da variável Fósforo Total em pelo menos uma campanha.

Destaca-se que a maior porcentagem de atendimento aos padrões da Classe 2 em 2021 quando comparadas a média histórica, foi influenciada pelo maior atendimento das variáveis Manganês e Turbidez. Destaca-se a melhora relacionada às variáveis Fósforo e Nitrogênio Amoniacal no ponto PINH 04250 e Oxigênio Dissolvido nos córregos Águas Espreiadas, Jaguaré e Zavuvus.

5 • Índices de Qualidade das Águas

Neste 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 E](#). 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 2021 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 2021 e de 2016 a 2020 das principais variáveis de qualidade
- Porcentagem dos resultados não conformes em 2021 e de 2016 a 2020
- Resultados mensais e média anual do IQA – 2021
- Resultados mensais e média anual do IAP – 2021
- Resultados mensais e média anual do IET – 2021
- Resultados mensais e média anual do IVA – 2021
- Resultados mensais e média anual do ICF – 2021
- Valores mensais de microcistina e saxitoxina – 2021
- Resultados mensais e média anual do ICZ – 2021
- Resultados mensais e média anual do IB – 2021
- Qualidade do sedimento por UGRHI e pontos de coleta – 2021
- Porcentagem de operação das Estações Automáticas – 2021
- Porcentagem de atendimento das médias horárias das Estações Automáticas – 2021
- Registros mensais de mortandade de peixes por UGRHI – 2021

Outros resultados podem ser consultados nos demais apêndices desse relatório:

- [Apêndice M](#) – Médias anuais dos índices de qualidade de água de 2016 a 2021
- [Apêndice N](#) – Dados brutos das variáveis de qualidade por ponto de amostragem
- [Apêndice O](#) – Perfis de Oxigênio Dissolvido e Temperatura

No cálculo das médias anuais dos índices de qualidade, consideraram-se os pontos que dispuseram de pelo menos 3 resultados em 2021.

Não se utilizou dados de 2020 na série histórica dos índices, uma vez que a quantidade de pontos e dados analisados foi inferior ao total do monitoramento da Rede Básica, nos últimos anos.

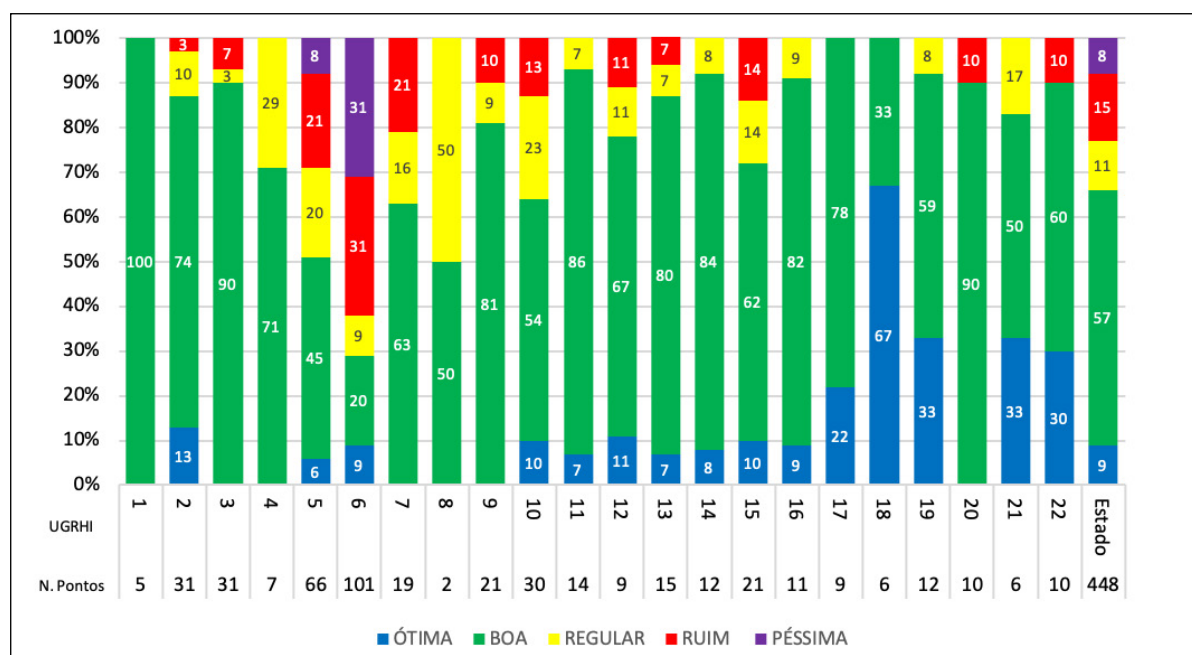
5.1 IQA – Índice de Qualidade das Águas

No Gráfico 5.1 do estado de São Paulo, indicam-se os corpos hídricos e as médias anuais do IQA calculado para os 448 pontos de amostragem, com pelo menos 3 medições em 2021.

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 UGRHIs do estado de São Paulo, calculados a partir da distribuição de suas médias anuais, para cada ponto de amostragem, em 2021.

Gráfico 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA por UGRHI em 2021



As categorias Ótima, Boa e Regular contabilizaram 77% dos pontos monitorados. Na Ótima, correspondente a 9% dos pontos com monitoramento representativo, classificaram-se aqueles localizados nos braços e reservatórios, rios de divisa do Estado e foz do rio Tietê. Destaca-se a UGRHI 18, com 67% dos pontos classificados nessa categoria, como também as UGRHIs 19 e 21, ambas com 33%.

Nas categorias Ruim e Péssima foram catalogados 23% dos pontos. Destaca-se a UGRHI 6, com 62% dos pontos nessas categorias. Essa região engloba o rio Tietê, na RMSP e seus afluentes diretos e indiretos – bacias do rio Pinheiros, Tamanduateí e Cotia – e tributários dos mananciais da Billings e Guarapiranga. Nas demais UGRHIs, a maioria dos pontos encontra-se em trechos de afluentes dos rios Atibaia, Capivari, Jundiaí e Piracicaba (UGRHI 5) e do rio Tietê na UGRHI 10 enquadrados na Classe 4. Tal classificação foi influenciada 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.

Nos demais pontos classificados nas categorias Boa ou Regular destacam-se a UGRHI 1 (100%); UGRHIs 3 e 20 (90%) na Boa. Nenhum ponto das UGRHIs 4, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 19 e 21 classificou-se nas categorias Ruim ou Péssima.

Mapa 5.1 – Médias anuais do IQA para o ano de 2021

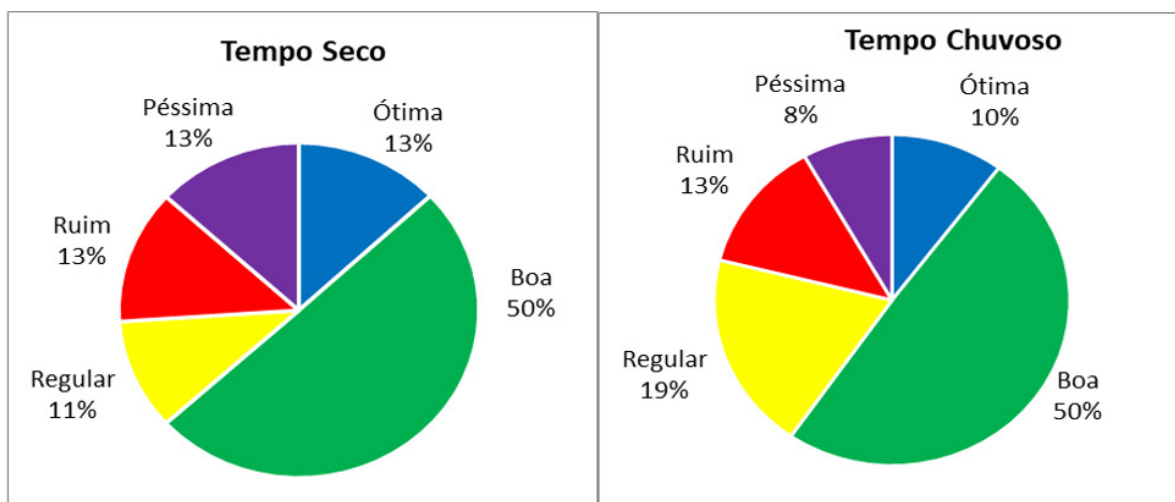
IQA-Índice de Qualidade de Água-Média 2021 (3 coletas)



5.1.2 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IQA

A influência da pluviosidade na qualidade das águas 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 2021, a precipitação anual mostrou-se inferior à média histórica ao longo do ano, excetuando-se outubro.

Figura 5.1 – Distribuição percentual das categorias do IQA em função da época do ano (2021)



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.

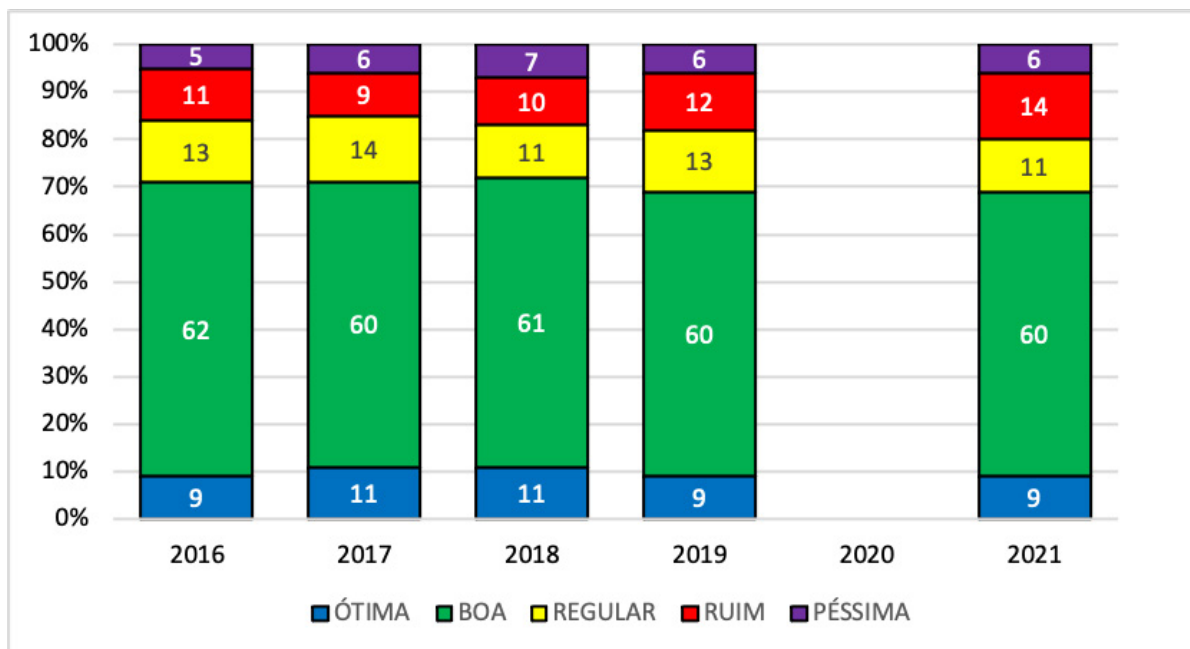
Em 2021 constatou-se uma semelhança nas classificações Ótima, Boa e Ruim entre os períodos seco e chuvoso, indicando pouca influência das cargas difusas, possivelmente em razão do menor volume de chuvas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com precipitações entre 25 e 32% inferiores à média histórica.

O [Apêndice P](#) formula uma análise mais específica do comportamento da qualidade com a vazão nos principais corpos hídricos em 2021.

5.1.3 IQA entre 2016 e 2021

O Gráfico 5.2 mostra a evolução anual do IQA por categoria (2016 a 2021). Para o cálculo da média anual, computou-se os 375 pontos com dados disponíveis.

Gráfico 5.2 – Evolução da Distribuição do IQA, no período de 2016 a 2021



* Excluiu-se a classificação de 2020 em função do reduzido número de pontos válidos (apenas 174) para o cálculo do IQA, devido às restrições impostas pela pandemia de COVID 19.

A distribuição do IQA em 2021, por categoria, mostra porcentagem semelhante de classificação Boa e Ótima (69%), comparando-se com os últimos anos (entre 69 e 72%). A distribuição do IQA em 2021 assemelhou-se à distribuição de 2019, com aumento da categoria Ruim, e diminuição da Regular, podendo-se associar com as precipitações, no geral, abaixo da média histórica nesses anos, conforme apontado no Capítulo 2.

5.2 IAP – Índice de qualidade de água para fins de abastecimento público

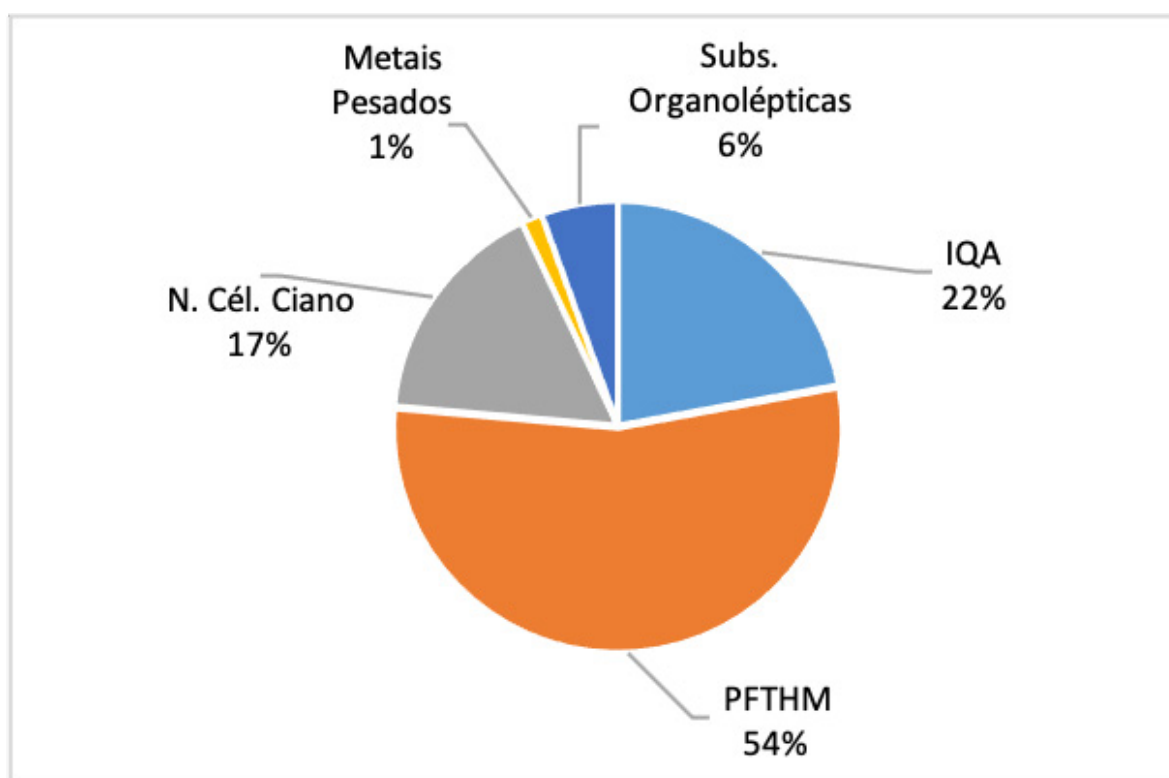
O IAP compõe-se pelos resultados do IQA e do Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas – ISTO, abrangendo os grupos das variáveis tóxicas e organolépticas.

Para o cálculo do IAP, selecionou-se os pontos de monitoramento da Rede Básica coincidentes com os de captação para abastecimento público, tanto quanto os de transferência para outros mananciais, denominados pontos de captação.

Na Rede Básica, dos 97 pontos de captação, determinou-se o IAP em 85 pontos com, pelo menos, 3 campanhas de coleta. O Mapa 5.2 aponta a localização dos pontos e a classificação anual do IAP.

Conforme apontado no Gráfico 5.3, constatou-se que o Potencial de Formação de Trihalometanos – PFTHM influenciou significativamente a classificação do IAP, seguido pelo IQA e pelo Número de Células de Cianobactérias.

Gráfico 5.3 – Influência das variáveis no resultado do IAP



O grupo das substâncias organolépticas influenciou em 11 medições do IAP, destacando-se o rio Atibaia nas captações de Valinhos (ATIB 02035), Campinas (ATIB 02065) e Sumaré (ATIB 02800), no período chuvoso.

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 2021, o PFTHM influenciou negativamente 108 medições do IAP, sendo que 48 obtiveram classificação na categoria Ruim, e 39, 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
6	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ 00100	TRANSPOSIÇÃO GUARAPIRANGA
6	Rio Guaió	GUAO 02600	FERRAZ DE VASCONCELOS
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00900	SÃO PAULO
7	Reservatório Capivari-Monos	CAMO 00900	TRANSPOSIÇÃO GUARAPIRANGA
10	Ribeirão Aveçuia	AVEC 02800	PORTO FELIZ
10	Ribeirão Pirapitingui	PGUI 02700	ITU
20	Reservatório Cascata	CASC 02050	MARÍLIA

O Número de Células de Cianobactérias – NCC foi medido em 2 ou mais campanhas em 37 pontos de captação. Em 13, mensurou-se valores acima de 50.000 céls mL⁻¹ 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 nos quais o 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 (céls mL ⁻¹)
5	Reservatório Jaguari - UGRHI 05	JARI 00800	Sistema Cantareira	4	193.719
5	Rio Piracicaba	PCAB 02220	Piracicaba	1	71.353
5	Reservatório do Rio Jacaré - UGRHI 05	JCRE 00500	Vargem	2	163.638
5	Reservatório do Rio Cachoeira	CACH 00500	Piracaia	3	128.662
6	Braço do Rio Pequeno	BIRP 00500	São Bernardo do Campo	3	164.653
6	Braço do Ribeirão Taquacetuba	BITQ 00100	Transposição Guarapiranga	4	418.196
6	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00900	Manancial RMSP	2	82.394
7	Canal de Fuga II da UHE Henry Borden	CFUG 02900	Afluência do Rio Cubatão (baixada santista)	3	157.566
10	Reservatório Itupararanga	SOIT 02900	Votorantim e região	3	228.461
10	Ribeirão Pirapitingui	PGUI 02700	Itu	1	385.399
15	Reservatório do Córrego Marinheirinho	RMAR 02900	Votuporanga	1	82.547
19	Reservatório de Três Irmãos	TITR 02100	Araçatuba	2	130.308
20	Reservatório Cascata	CASC 02050	Marília	3	806.994

* Núm. - Número de amostras com contagem do NCC acima de 50.000 cél mL⁻¹

O aumento da densidade desses organismos relaciona-se, entre outros, aos fatores abióticos, tais como nutrientes P e N, 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, 21 captações, predominantemente localizadas em rios, classificaram-se na categoria Regular em, pelo menos, uma campanha. Desse total, 4 foram classificadas na categoria Regular em mais da metade das campanhas, conforme constata-se na Tabela 5.3.

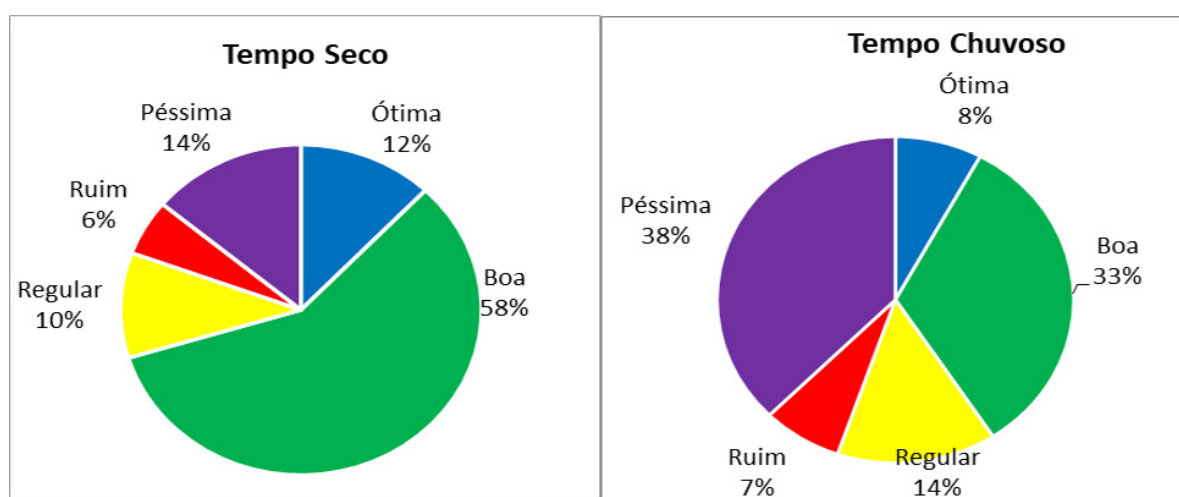
Tabela 5.3 – Mananciais classificados na categoria Regular do IQA

UGRHI	CORPO HÍDRICO	PONTO	CAPTAÇÃO/MUNICÍPIO
6	Rio Guaió	GUAO 02600	FERRAZ DE VASCONCELOS
10	Rio Pirapora	PORA 02700	SALTO DE PIRAPORA
10	Rio Sorocaba	SORO 02300	CERQUILHO
19	Ribeirão Baguaçu	BAGU 02700	ARAÇATUBA

As medidas preventivas e corretivas, adotadas pelas empresas de saneamento, devem garantir o atendimento ao padrão de potabilidade da água distribuída à população.

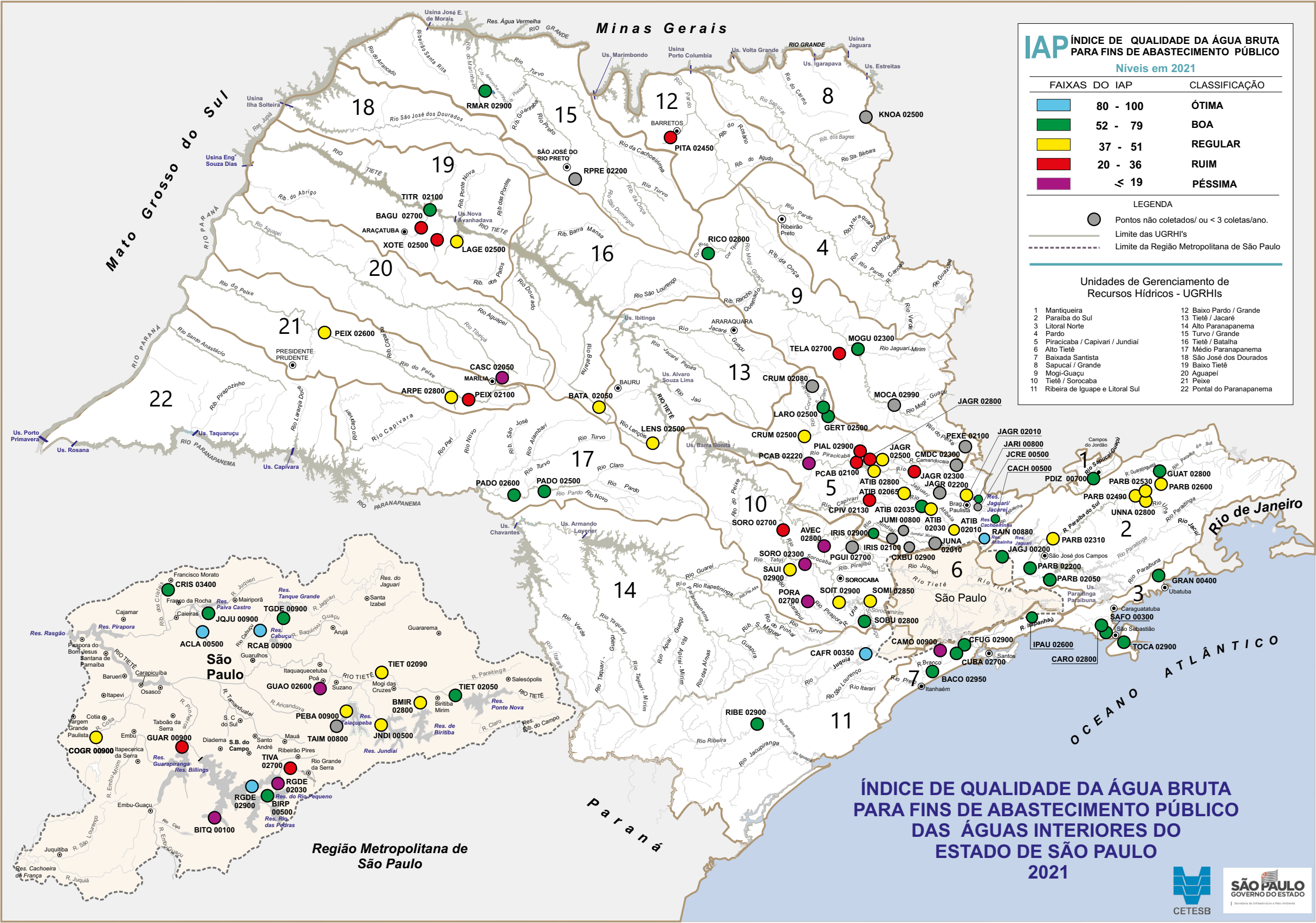
5.2.1 Influência da sazonalidade na distribuição percentual das categorias do IAP

Calcularam-se os percentuais das categorias dos IAPs mensais em cada época do ano, uma vez que a qualidade das águas pode ser influenciada pela sazonalidade (Figura 5.2). As variáveis que são utilizadas no cálculo do IAP são mais sensíveis ao efeito das chuvas do que aquelas que são utilizadas no cálculo do IQA.

Figura 5.2 – Distribuição percentual das categorias do IAP em função da época do ano em 2021

No geral, evidenciou-se melhora na qualidade da água bruta, destinada ao abastecimento público, no período seco, com 70% dos pontos classificados como Boa e Ótima. O agravamento no tempo chuvoso, evidenciado pelo aumento significativo de Ruim e Péssimo, e mesmo Regular, relaciona-se, principalmente, com o Potencial de Formação de Trihalometanos – PFTHM e com as variáveis Ferro, Alumínio e Manganês, cujo aporte nos sistemas hídricos está associado com a lixiviação do material edáfico em eventos de precipitações, intensificado pela ausência de mata ciliar.

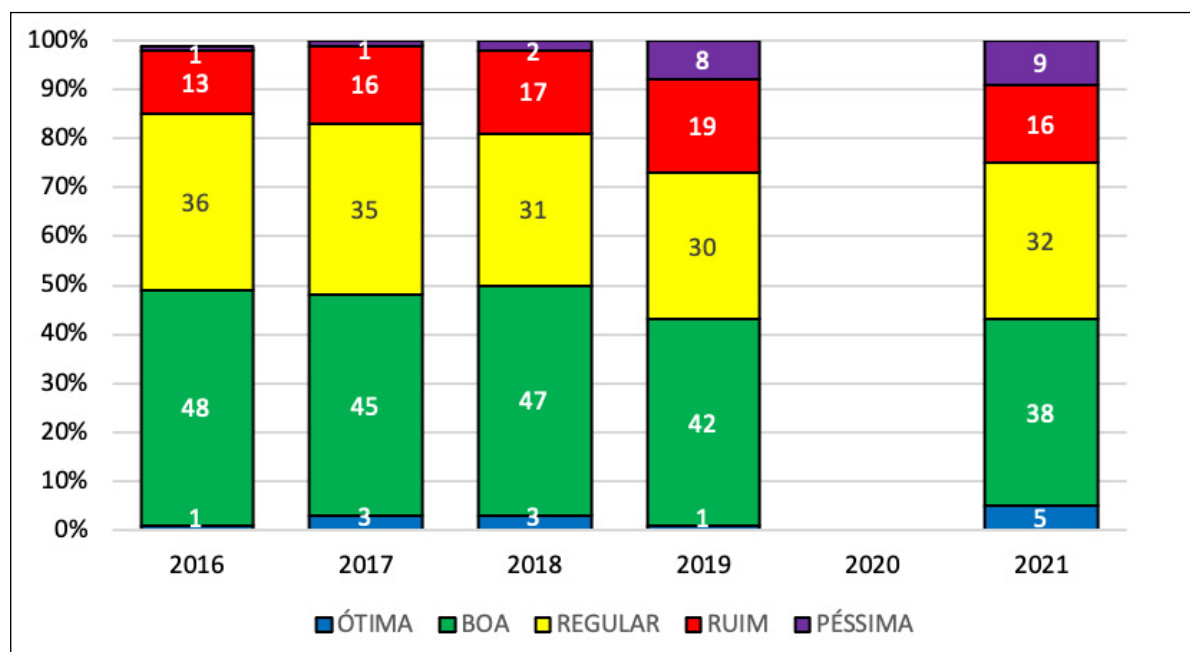
Mapa 5.2 – Médias anuais do IAP em 2021



5.2.2 IAP entre 2016 e 2021

O Gráfico 5.4 exibe a distribuição do IAP no período de 2016 a 2021, para 77 pontos de captação, onde foi possível o cálculo desse índice.

Gráfico 5.4 – Evolução da Distribuição do IAP, no período de 2016 a 2021



* Excluiu-se a classificação em 2020 em razão do reduzido número de pontos válidos (apenas 50) para o cálculo do IAP, devido às restrições impostas pela pandemia de COVID 19.

Em 2021, entre as 77 captações monitoradas, 75% classificaram-se nas categorias Regular, Boa e Ótima do IAP. A distribuição da classificação é semelhante a 2019, com as classificações Ruim e Péssima influenciadas pelo aporte de precursores do PFTHM, principalmente em eventos chuvosos, pela classificação do IQA e pela densidade de cianobactérias nos mananciais de captação (Gráfico 5.4).

Destacam-se 7 captações classificadas nas categorias Ótima e Boa no período de 2016 a 2021:

- Reservatório do Jaguari - UGRHI 02 em Santa Isabel (JAGJ 00200),
- Reservatório Atibainha no Sistema Cantareira (RAIN 00880),
- Reservatório do Rio Grande (RGDE 02900),
- Captação de Guaratinguetá (GUAT 02800),
- Captação de Ubatuba (GRAN 00400),
- Captação de Itanhaém (BACO 02959) e
- Captação de São Sebastião (SAFO 00300).

Seis captações foram classificadas como Ruim ou Péssima, em mais de 80% do tempo entre 2016 e 2021:

- Braço do Taquacetuba (BITQ 00100), devido ao Número de Células de Cianobactérias,
- Captação de Mogi das Cruzes (TIET 02090),

- Transposição do reservatório Rio Grande para o Taiaçupeba (RGDE 02030), devido ao Potencial de Formação de Trihalometanos,
- Captação de Campinas (CPIV 02130),
- Captação de Piracicaba (PCAB 02220), e
- Captação de Salto de Pirapora (PORA 02700), devido ao Potencial de Formação de Trihalometanos e aos baixos valores do IQA.

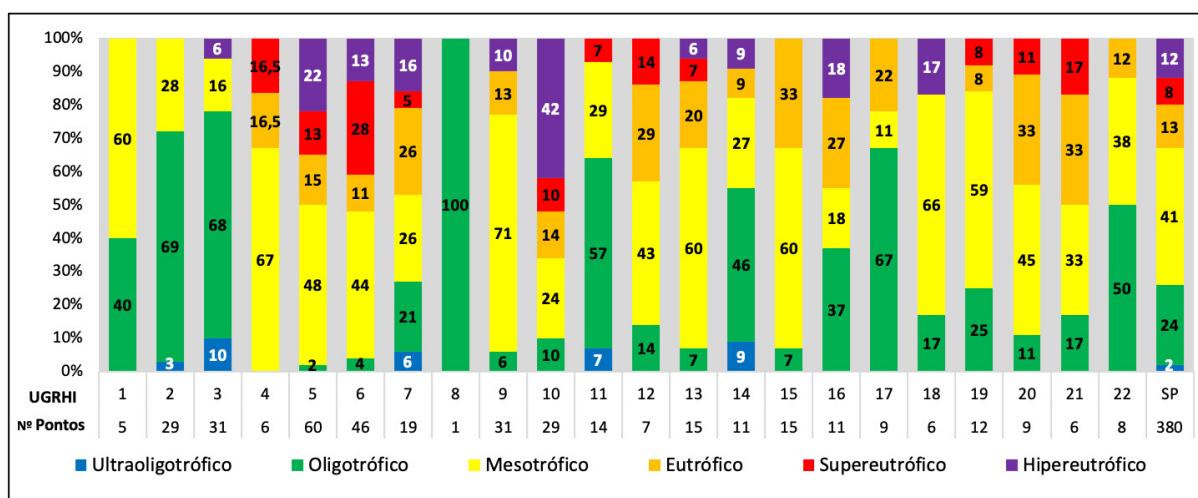
5.3 IET – Índice do Estado Trófico

No Mapa 5.3 do estado de São Paulo, indicam-se os corpos hídricos e as médias anuais do IET, calculado para os 380 pontos de amostragem, com pelo menos 3 resultados em 2021.

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 380 pontos monitorados em 2021.

Gráfico 5.5 – Distribuição percentual do IET por UGRHI em 2021



Constatou-se, pela média anual, que a maioria dos pontos indicou condições entre baixa (26% Ultraoligotrófica ou Oligotrófica) e média trófica (41% Mesotróficas). No entanto, 33% foram classificados como eutrofizados, dos quais 20% extremamente eutrofizados.

As UGRHIs 1, 2, 3, 8, 11, 14, 17 e 22 apontaram baixa trófia em pelo menos 40% dos pontos (qualidade trófica adequada), enquanto as UGRHIs 5, 6, 7 e 10 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 52% extremamente eutrofizados.

Salienta-se que, em relação aos ambientes Ultraoligotrófico e Oligotrófico, a maior porcentagem foi em sistemas lóticos; o Mesotrófico e/ou em processo de eutrofização em lênticos. Tanto um sistema como outro indicaram porcentagens similares, isto é, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico em 34% (lóticos) e 32% (lênticos). Embora as características lóticas, que em geral, não propiciam o estabelecimento de algas e cianobactérias em rios, foram nesses ambientes as maiores porcentagens observadas de pontos extremamente eutrofizados (Supereutrófico e Hipereutrófico), indicando impactos severos sobre esses corpos de água. Na UGRHI 5, de 60 pontos monitorados, 50% encontram-se entre baixa e média trofia e 50% eutrofizados, realçando-se que 35% encontram-se extremamente eutrofizados, a saber:

- Ribeirão Piracamirim (PIMI 02900),
- Ribeirão Quilombo (QUIL 03200 e QUIL 03900),
- Ribeirão Tijuco Preto (TJCO 03750),
- Ribeirão Três Barras (TREB 02950),
- Córrego Tijuco Preto (TIJU 02900),
- Reservatório de Salto Grande (ATSG 02800),
- Rio Atibaia (ATIB 02900),
- Rio Capivari (CPIV 02200 a CPIV 02900),
- Rio Claro (LARO 02900),
- Rio Jundiá (JUNA 03200 a JUNA 03900),
- Rio Piracicaba (PCAB 02135 a PCAB 02800) e
- Braço do Rio Piracicaba (PCBP 02500).

Com relação a 2020, 5 indicaram melhora, e 7, piora. Pode-se inferir que o impacto sobre esses corpos de água se deve principalmente ao lançamento de efluentes domésticos de fontes pontuais e difusas, 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 5 pontos que exibiram melhora, 1 ainda se mostra eutrofizado: ribeirão Pinheiros (PINO 03900), próximo à foz no rio Atibaia. Os rios Camanducaia (CMDC 02400), Corumbataí (CRUM 02200 e 02500) e Jaguari (JAGR 02800) apresentaram melhora, sendo classificados como Mesotróficos.

Na UGRHI 6, com 46 pontos monitorados, 48% apresentaram condição de baixa e média trofia, e 52% estão eutrofizados. Desses, 41% extremamente eutrofizados, sendo eles:

- Reservatório Billings (BITQ 00100, BILL 02030, BILL 02100 e BILL 02500),
- Reservatório Guarapiranga (GUAR 00100),
- Córrego do Itupu,
- Ribeirão das Pedras,
- Ribeirão Jaguari,
- Ribeirão Moinho Velho,
- Ribeirão Pires,
- Rio Baquirivu-Guaçu,
- Rio Cotia,
- Rio Embu-Mirim,

- Rio Guaió,
- Rio Jundiáí,
- Rio Juqueri e
- Rio Tietê.

Relacionando-se ao ano anterior, constatou-se que 4 pontos exibiram melhora, enquanto 4 exibiram piora, sendo eles:

Melhora: no reservatório Guarapiranga (GUAR 00900) na captação da SABESP (Eutrófico), e nos pontos no reservatório Jundiáí (JNDI 00500), no ribeirão Cipó (CIPO 00900) e no ribeirão Perová (PEOV 03900), classificados como Mesotróficos.

Piora: no rio Tietê (TIET 02090) na captação de Mogi das Cruzes (Mesotrófico), e o ribeirão das Pedras (PEDA 03900), Moinho Velho (MOVE 03400), rio Embu-Mirim (EMMI 02900), extremamente eutrofizados.

Nesses casos valem as observações anteriormente citadas (concentração elevada de Fósforo e *Escherichia coli*, indicativos de esgoto doméstico), destacando-se não apenas no próprio sistema hídrico como também em seus afluentes.

Na UGRHI 7 - Baixada Santista, com 19 pontos monitorados, 53% indicaram condição de baixa e média trofia e 47% eutrofizados, sendo que 21% encontravam-se extremamente eutrofizados, como os rios Catarina de Moraes, Saboó, Santo Amaro e Piaçaguera, relacionados ao lançamento de efluentes domésticos. No rio Piaçaguera, onde se localizam empresas de fertilizantes, o Fósforo Total foi extremamente elevado superando 200 vezes o limite de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, em setembro.

Em relação ao ano anterior, apenas o ponto do rio Branco (BACO 02950) exibiu melhora, sendo classificado como Ultraoligotrófico. Sete pontos exibiram piora, destes apenas o rio Mogi apresentou-se eutrofizado enquanto que os rios Itapanhaú, no ponto IPAU 02600, e o Perequê, apesar de terem exibido piora ainda indicaram condição de baixa trofia (Oligotrófico) e os rios Itapanhaú (no ponto IPAU 02900), Guaratuba, Itaguaré e Itanhaém condição de trofia média (Mesotrófico).

Na UGRHI 10, dos 29 pontos monitorados, 34% indicando baixa a média trofia e 66% eutrofizados, direcionando-os com as piores condições tróficas sendo 52% extremamente eutrofizados, a exemplo:

- Reservatório de Barra Bonita, braço do rio Tietê, Rasgão,
- Ribeirão Avecuia,
- Rio das Conchas,
- Rio Pirapora,
- Rio Sorocaba (SORO 02050 a SORO 02700) hipereutrófico, e
- Rio Tietê (TIET 02400 e TIET 02450) hipereutrófico.

O Fósforo Total foi a variável que mais contribuiu nas classificações tróficas para a maioria dos corpos de água. Embora parte da carga de Fósforo Total possa se originar de atividades industrial e/ou agrícola, a presença de valores elevados de *Escherichia coli* são indicativos de que os lançamentos de efluentes domésticos são as principais fontes de fósforo nessa bacia.

Em relação ao ano anterior, foi observada uma piora em 6 pontos da UGRHI 10: no ribeirão Pirapitingui (PGUI 02700) e nos rios Pirapora (PORA 02700) e Sorocaba (SORO 02050, SORO 02100, SORO 02700 e SORO 02900). Dois pontos exibiram melhora, o TIBB 02700 no reservatório de Barra Bonita e JIBU 02900 no rio Pirajibú, embora ainda classificados como Supereutrófico e Eutrófico, respectivamente.

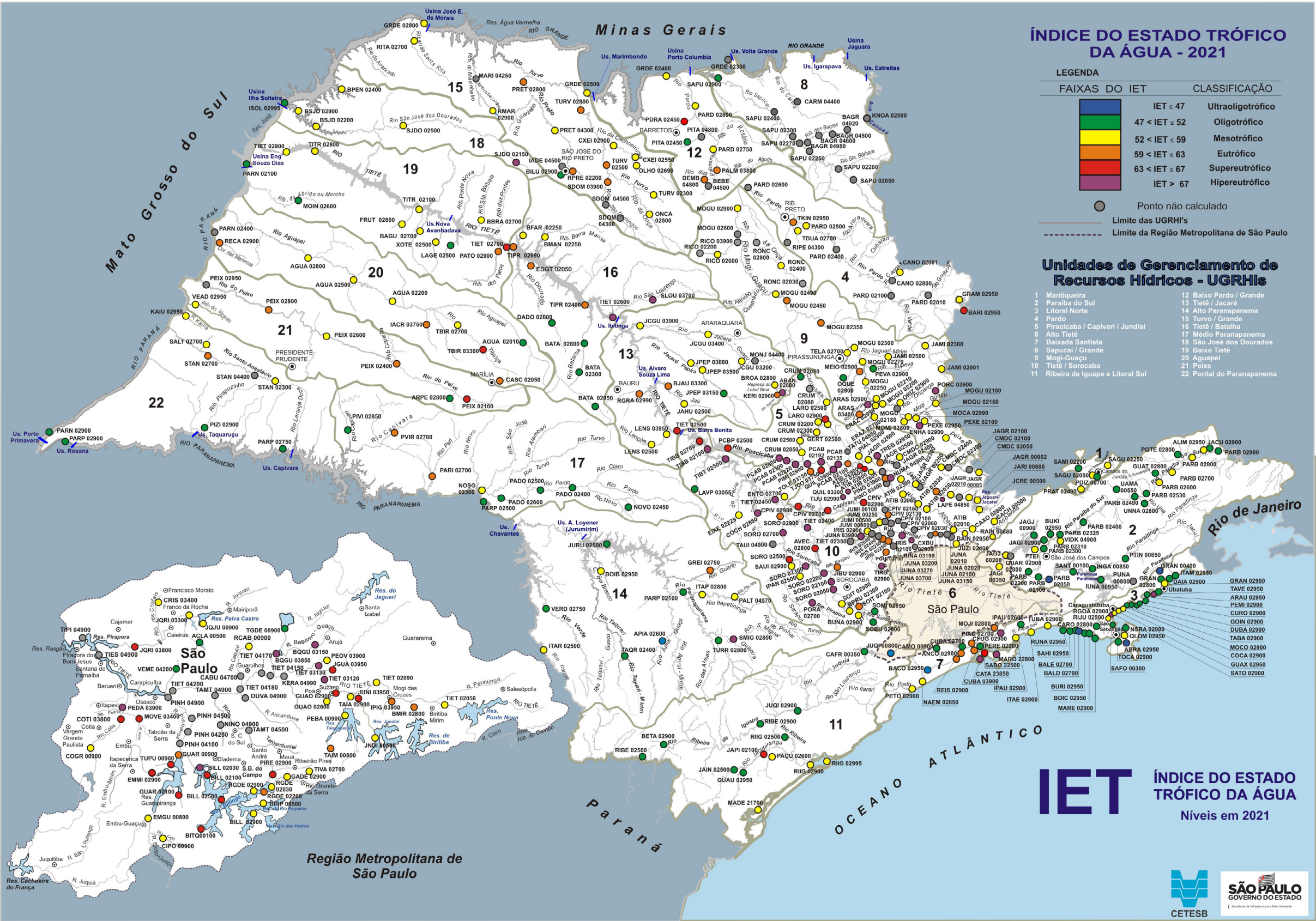
Algumas UGRHIs, ainda que com consideráveis porcentagens de pontos de baixa trofia, exibiram pontos que merecem destaque por já se encontrarem eutrofizados ou extremamente eutrofizados:

- Rio Acaraú (ARAU 02950) em Ubatuba - UGRHI 3,
- Lagoa (RGOA 02900) em Caraguatatuba - UGRHI 3,
- Rio Jacupiranga (JAPI 02100) na UGRHI 11,
- Rio Guareí (GREI 02750) em Angatuba - UGRHI 11,
- Rio São Miguel Arcanjo (SMIG 02800), a jusante da ETE de São Miguel Arcanjo - UGRHI 14,
- Rio São Lourenço (SLOU 03700), a jusante da ETE de Itápolis - UGRHI 14,
- Rio Tietê (TIET 02600), a jusante da Usina Hidrelétrica de Ibatinga - UGRHI 16,
- Rio Capivara (PIVR 02700) em Maracaí - UGRHI 16,
- Rio Pari (PARI 02700) em Palmital - UGRHI 17,
- Ribeirão dos Patos (PATO 02900) e rio Tietê (TIET 02700) na UGRHI 19 e
- Rio Santo Anastácio (STAN 02700) em Piquerobi - UGRHI 22.

As classificações refletem o lançamento de efluentes domésticos e de atividades agropecuárias da região, com exceção do rio Jacupiranga, associado às atividades industriais.

Em 2021, como nos anos anteriores, foi possível observar que o rio Tietê, a partir do município de Suzano na UGRHI 6, até o município de Promissão na UGRHI 19, encontra-se extremamente eutrofizado. Do município de Pirapora do Bom Jesus até Laranjal Paulista é possível inferir, pelos resultados elevados de *Escherichia coli*, que a eutrofização se deve principalmente ao lançamento de efluentes domésticos. Nos demais pontos, além da carga de montante, a principal contribuição está relacionada às atividades agropecuárias da região.

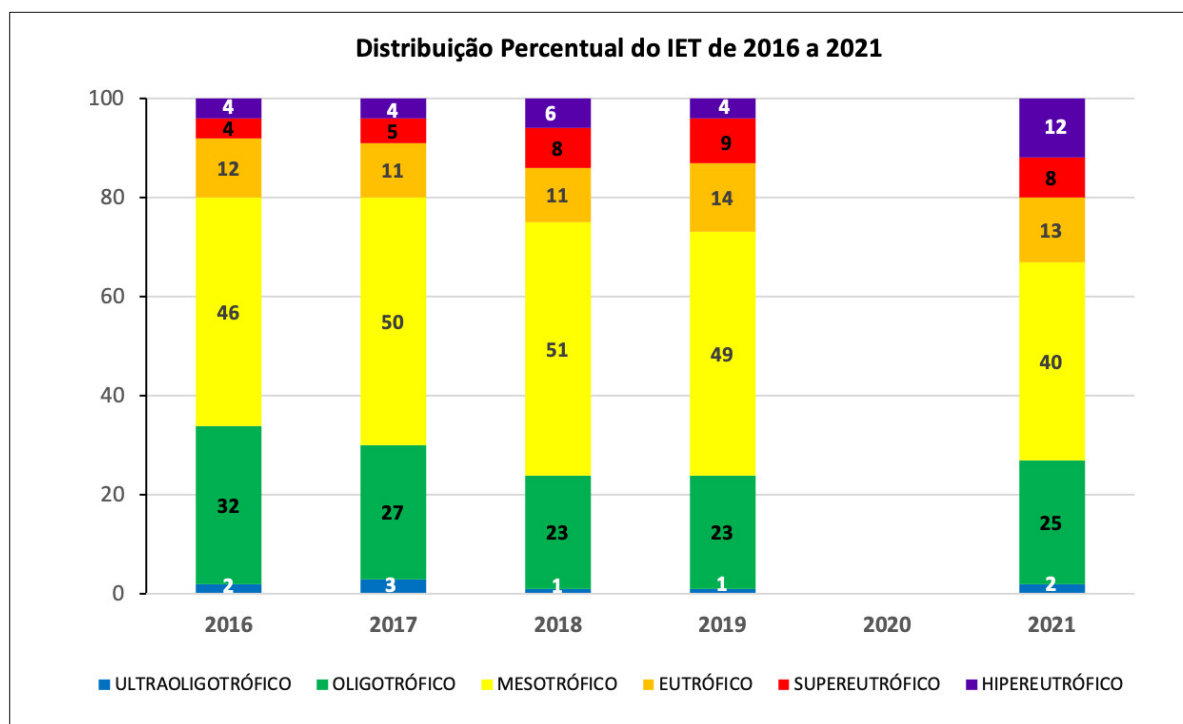
Mapa 5.3 – Médias anuais do IET para o ano de 2021



5.3.2 IET entre 2016 e 2021

No Gráfico 5.6 constata-se a evolução histórica da distribuição percentual do Estado Trófico médio anual (IET) no período de 2016 a 2021. Selecionaram-se os 347 pontos, para os anos de 2016 a 2019 e 2021.

Gráfico 5.6 – Evolução da Distribuição do IET, no período de 2016 a 2021



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

Constatou-se uma tendência de diminuição na porcentagem de pontos nas classificações Ultraoligotrófica e Oligotrófica e de aumento nas classificações Eutrófica, Supereutrófica e Hipereutrófica que representaram cerca de um terço dos pontos em 2021.

Para os pontos de média trofia, ou seja, em processo de eutrofização (Mesotróficos), observa-se uma diminuição na porcentagem em 2021. 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, provenientes de áreas desprovidas de coleta e/ou tratamento de esgotos, indicado pela presença de *Escherichia coli* e elevados valores de DBO. Esses efluentes promovem o aporte de nutrientes e consequente eutrofização, indicada pelo IET (PT), favorecendo o crescimento de algas e cianobactérias nos corpos de água, refletidos no IET (CL). A expansão de áreas agrícolas também contribui para a eutrofização dos corpos de água no Estado, com destaque para o escoamento superficial, como fonte difusa de nutrientes.

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

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

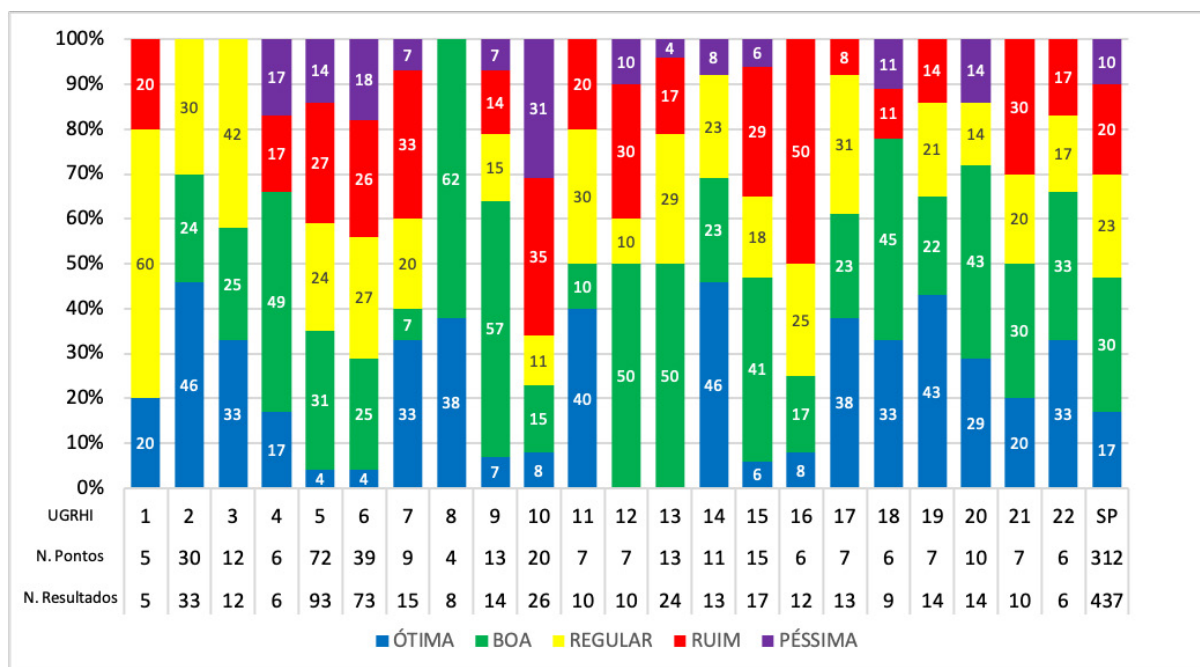
- Variáveis essenciais - Oxigênio Dissolvido, pH, teste de ecotoxicidade,
- Variáveis tóxicas - metais e surfactantes,
- Estado Trófico (IET).

O IVA é priorizado em pontos enquadrados nas Classes Especial, 2 e 3 da Resolução CONAMA nº 357/2005, uma vez que nessas classes é prevista a proteção da vida aquática. Nesse ano, encontravam-se previstos 373 pontos, entretanto somente em 312 realizaram-se os ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, ressaltando que em apenas 27 obteve-se a classificação anual (mínimo de 3 amostras).

5.4.1 Distribuição percentual das categorias do IVA por UGRHI em 2021

O Gráfico 5.7 detalha a distribuição percentual das categorias do IVA, agrupados por UGRHIs, a quantidade de pontos monitorados e amostras analisadas (números absolutos) em 2021.

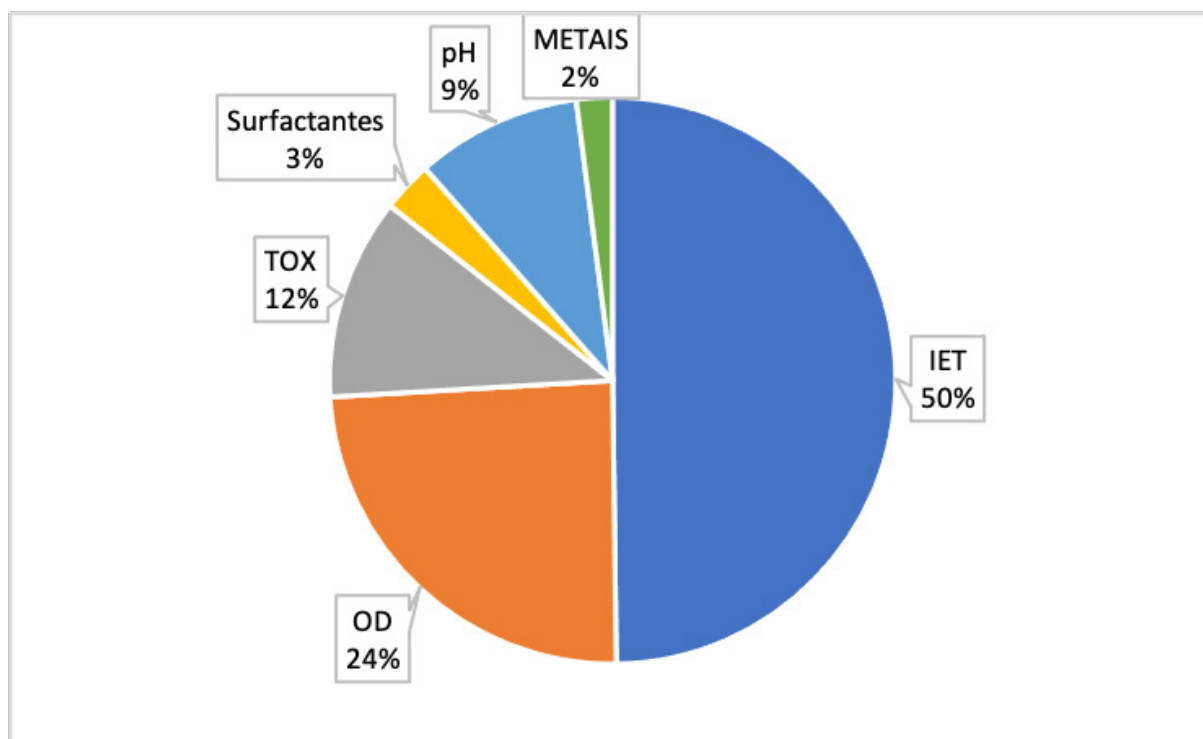
Gráfico 5.7 – Distribuição percentual das categorias dos resultados mensais IVA por UGRHI



Em 2021, 70% dos resultados mensais do IVA (303) foram classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. Destaca-se a UGRHI 8, na qual os pontos monitorados foram classificados apenas nas categorias Ótima e Boa, e as UGRHIs 2 e 3, nas quais não se encontrou as categorias Ruim ou Péssima.

Foram classificados nas categorias Ruim ou Péssima 30% dos resultados (134). No Gráfico 5.8 mostram-se os percentuais de influência das variáveis sobre os resultados do IVA.

Gráfico 5.8 – Influência das variáveis nos resultados do IVA



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

- Grau de trofia (50%),
- Oxigênio Dissolvido (24%) e
- Toxicidade (12%).

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 80% dos pontos monitorados indicaram níveis de Oxigênio Dissolvido acima de 5 mgL^{-1} , ou seja, adequados para a proteção da vida aquática, destacando-se as UGRHs 1, 3, 8, 11, 14, 16, 17 e 22, onde todos os pontos tiveram medições acima dessa concentração.

As maiores porcentagens de pontos com medições de Oxigênio Dissolvido menores que 5 mgL^{-1} foram constatadas nas UGRHs 5 e 6 (25% e 32%, 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 Campinas (CPIV 02130), Monte Mor (CPIV 02200), Rafard (CPIV 02700) e Tietê (CPIV 02900),
- Rio Piraí, em Cabreúva (IRIS 02200 e IRIS 02250),
- Rio Jaguari, em Bragança Paulista (JAGR 02010 e JAGR 02100),
- Rio Jundiaí, em Salto (JUNA 03900),
- Rio Piracicaba, em Limeira (PCAB 02135),
- Ribeirão Pinheiros, em Valinhos (PINO 03400 e PINO 03900) e
- Ribeirão Quilombo, em Americana (QUIL 03900).

UGRHI 6:

- Rio Cotia, ribeirão Moinho Velho e ribeirão das Pedras em Cotia (COTI 03800, MOVE 03400 e PEDA 03900),
- Rio Guaió em Ferraz de Vasconcelos e Suzano (GUAO 02600 e GUAO 02900),
- Reservatório do Guarapiranga (GUAR 00900),
- Rio Jundiaí e ribeirão Ipiranga em Mogi das Cruzes (JUNI 03950 e IPIG 03950),
- Ribeirão Pires (PIRE 02900),
- Rios Taiaçupeba-Açu e Taiaçupeba-Mirim em Suzano (TAIA 02900 e TAIM 00800),
- Ribeirão da Estiva em Rio Grande da Serra (TIVA 02700) e
- Córrego do Itupu em São Paulo (TUPU 00900).

Outras UGRHIs apresentaram pontos com baixos níveis de Oxigênio Dissolvido e tiveram em 2021 classificação do IVA Ruim ou Péssima, porém, em muito menor proporção quando comparadas com as UGRHIs 5 e 6, as quais tiveram maior quantidade de campanhas de amostragem. Mesmo assim, pode-se destacar algumas delas: a UGRHI 10, com pontos localizados em Ibiúna (rio Una), Salto de Pirapora (rio Pirapora), Iperó (rio Sarapuí), Boituva e Sorocaba (rio Sorocaba); a UGRHI 13, em Itirapina (córrego Água Branca) e rio Tietê em Barra Bonita; e a UGRHI 15, em Olímpia (rio da Cachoeirinha e córrego dos Olhos d'Água) e Catanduva (ribeirão São Domingos).

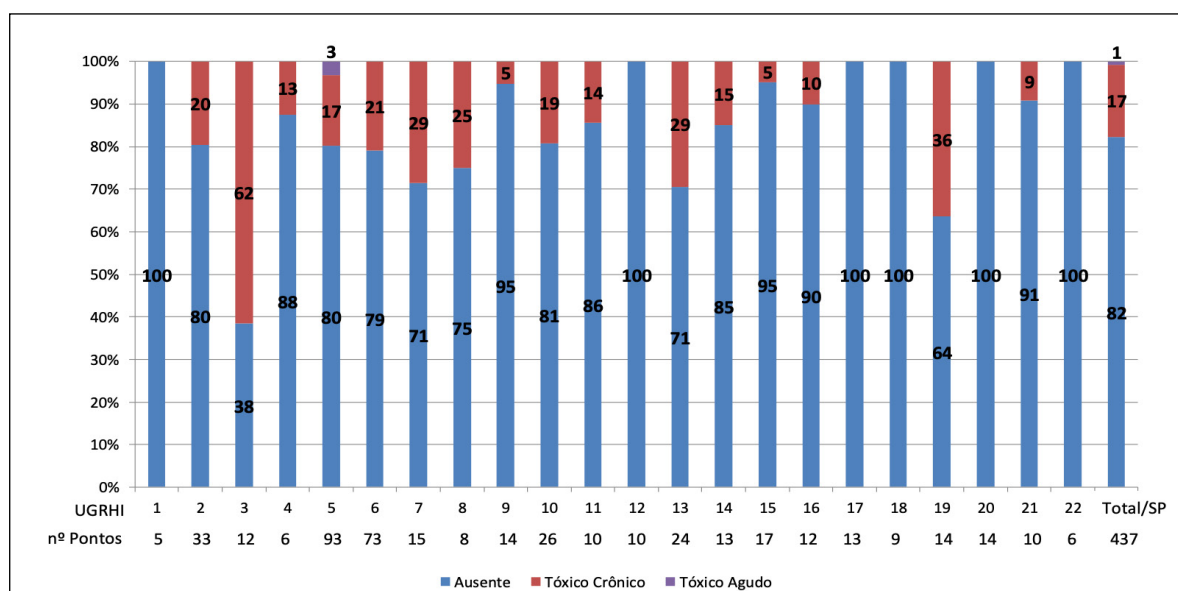
Entretanto, em relação à UGRHI 2, destaca-se que, mesmo apresentando IVA Regular em 2021, os trechos do rio Paraíba do Sul apresentam níveis baixos de Oxigênio Dissolvido na estação chuvosa, época que há menor vertimento de água boa dos reservatórios da cabeceira e aumento do aporte de carga difusa.

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 2021 foram realizados ensaios ecotoxicológicos com o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* em 312 pontos de monitoramento no estado de São Paulo. Dentre os pontos monitorados, 5 estão em trechos de rios enquadrados na Classe 4, para a qual não há previsão para avaliação da toxicidade na legislação. No entanto, essa avaliação ecotoxicológica pode ser útil em eventuais propostas de reenquadramento desses corpos de água. Em 2021, devido à pandemia, foram realizados apenas 437 ensaios, dos quais a metade dos pontos (52%) foi analisada apenas uma vez ao longo do ano, no qual historicamente são programadas 4 amostragens anuais por ponto.

O Gráfico 5.9 sintetiza os resultados com a distribuição percentual dos efeitos tóxicos (crônicos ou agudos) por UGRHI.

Gráfico 5.9 – Distribuição percentual do efeito tóxico por UGRHI



Nas UGRHIs 1, 4, 8, 15, 21 e 22 não foram observados efeitos tóxicos; nas UGRHIs 2, 9, 11 a 14 e 16 a 20 constatou-se toxicidade crônica em até 20%.

As demais 3, 5 a 7 e 10, apresentaram percentuais de toxicidade crônica acima de 20%, destacando-se que na UGRHI 5 ocorreu também toxicidade aguda, indicando maior comprometimento da qualidade dessas águas.

Efeitos adversos à vida aquática foram detectados em 18% dos pontos de amostragem, sendo discutidos a seguir:

Nos pontos coletados no rio Paraitinga (PTIN 00850) na UGRHI 2; rios Lagoinha (GOIN 02900) e Juqueriquerê (RIJU 02900) na UGRHI 3 e rio Tibiriçá (TBIR 03300) na UGRHI 20, foram observadas ocorrências de toxicidade crônica que estariam relacionadas a lançamentos pontuais de esgoto doméstico ou mesmo difusos, pelo elevado valor de *Escherichia coli*.

Na UGRHI 5, foram observados efeitos agudos nos rios Atibaia (ATIB 02800), ribeirão do Pirai (IRIS 02250) e ribeirão Quilombo (QUIL 03900). No rio Atibaia, a concentração de mercúrio ($0,0003 \text{ mg L}^{-1}$) acima do limite legislado pode ter sido a responsável pelo efeito observado, enquanto a presença de esgoto doméstico pode ter comprometido a qualidade ecotoxicológica nos demais rios. As toxicidades crônicas observadas nos demais pontos dessa UGRHI estariam relacionadas às cargas de esgoto ou difusas e à presença de cianobactérias.

Na UGRHI 6, destaca-se a ocorrência de toxicidade crônica no reservatório Rio Grande, na captação da Sabesp (RGDE 02900), e na prainha Tahiti (RGDE 02200). Nas águas desses pontos verificou-se a presença de cianobactérias e cobre dissolvido ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$), que podem estar relacionadas aos efeitos tóxicos observados. As toxicidades crônicas observadas nos demais pontos dessa UGRHI estariam relacionadas às cargas de esgoto ou difusas, uma vez que foi observado elevado valor de *E. coli* nas amostras coletadas desses pontos.

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, observou-se toxicidade crônica no rio Piaçaguera (PIAC 02700) pela presença de sulfato e níquel, um problema recorrente nesse ponto de monitoramento.

Na UGRHI 10, cabe destacar a ocorrência de toxicidade crônica nas amostras do rio Sorocaba (SORO 02050) e rio Una (BUNA 02900). Nessas amostras, verificou-se a presença de elevados valores de *E. coli*, indicando o aporte de efluentes domésticos. Além disso, também foram observadas toxicidades crônicas nas amostras do reservatório do Itupararanga (SOIT 02900 e SOIT 02100) e no ribeirão Pirapitingui (PGUI 02700) que podem estar relacionadas à presença de cianobactérias.

Nas UGRHIs 13 (represa do Broa – BROA 02800), UGRHI 16 (córrego Esgotão – ESGT 02050) e UGRHI 19 (rio Tietê – TITR 02100), a toxicidade crônica observada também pode estar relacionada à presença de cianobactérias.

O ajuste da dureza para $20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, antes da realização dos ensaios foi realizado nas amostras dos pontos COGR 00900 (reservatório das Graças), JUQI 02900 (rio Juquiá), ACLA 00500 (reservatório Águas Claras), JQJU 00900 (reservatório do Juqueri), VERD 02750 (rio Verde), BROA 02800 (represa do Broa), JCRE 00500 (reservatório do Rio Jacarei), JARI 00800 (reservatório Jaguari), CACH 00500 (reservatório Cachoeira), RAIN 00880 (reservatório Atibainha), PERE 02900 (rio Perequê), CAMO 00900 (reservatório Capivari-Monos), IPAU 02600 (rio Itapanhaú) e BACO 02950 (rio Branco). Tais pontos apresentaram valores de dureza da água abaixo de $10 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, o que pode reduzir a reprodução dos organismos-teste, interferindo na interpretação dos resultados dos ensaios. Apenas nos pontos COGR 00900, JUQI 02900, JQJU 00900, VERD 02750, PERE 02900, IPAU 02600 e BACO 02950, não foram observados efeitos tóxicos aos organismos.

Em todos os pontos de Classe 4 avaliados, não foi observada toxicidade nos seguintes:

- Ribeirão Vermelho (VEME 04200),
- Ribeirão Preto (RIPE 04300),
- Córrego Piedade (IADE 04500),
- Ribeirão São Domingos (SDOM 04300) e
- Córrego da Boa Esperança (BESP 04900).

Resumindo-se, em 16 das 22 UGRHIs analisadas, alguns recursos hídricos apresentaram desconformidade com os critérios estabelecidos para toxicidade pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (18% dos 312 pontos de amostragem nos corpos de água do estado de São Paulo), ou seja, foram evidenciados efeitos adversos em amostras de corpos de água enquadrados nas classes 1, 2 e 3, que poderiam ser relacionados à presença de esgoto doméstico, cianobactérias ou agentes químicos potencialmente tóxicos.

5.4.3 IB – Índice de Balneabilidade das praias em rios e reservatórios

No Mapa 5.4 do estado de São Paulo, estão indicadas as praias interiores pertencentes à Rede de Balneabilidade e as classificações anuais do Índice de Balneabilidade – IB, calculado para as 25 praias monitoradas em, pelo menos, 40% do tempo em 2021, conforme detalhado no **Capítulo 3**.

Na Tabela 5.4 é apresentado o histórico das classificações anuais dessas 25 praias para o período de 2016 a 2021.

Na represa Guarapiranga, 7 das 10 praias monitoradas foram classificadas na categoria Péssima em 2021, mantendo a classificação observada nos anos anteriores, incluindo a praia no Wind Club, que havia sido classificada nas categorias Ruim e Regular nos anos anteriores e que repetiu a classificação Péssima do ano passado. A praia do Clube de Campo Castelo, que foi reativada esse ano, apresentou a classificação Péssima. As praias do Sol e Guarujapiranga apresentaram piora, passando da classificação Boa para Ruim e Boa para Regular, respectivamente. A classificação da praia do Crispim também indicou piora, já que o histórico de Regular dos últimos anos passou para Ruim em 2021.

A prainha do Riacho Grande, na Billings, e a prainha próxima ao Zoo, no Parque Estoril, apresentaram melhora passando da classificação Péssima para Ruim e Regular para Boa, respectivamente. A prainha de Tahiti manteve a classificação Regular e o Parque Estoril retornou à classificação Regular observada em 2016 e 2018.

Informa-se que 9 praias (7 na Guarapiranga e 2 no Rio Grande) foram classificadas como Impróprias devido à presença de algas em 1 ou 2 campanhas de 2021.

Nas 11 praias monitoradas com frequência mensal, 7 foram classificadas na categoria Ótima e as demais na categoria Boa, indicando a possibilidade de manutenção da frequência de monitoramento dessas praias.

Nas praias da represa do Broa, na UGRHI 13, foram registrados baixos valores de *Escherichia coli* durante o ano. Porém, entre o final de setembro até meados de outubro, a praia foi classificada como Imprópria devido ao elevado Número de Células de Cianobactérias (cerca de 300.000 cél mL⁻¹) e presença de organismos potenciais produtores de toxinas. Dessa forma, o monitoramento foi intensificado para semanal, com análise dessas variáveis, sendo confirmado que não houve produção de toxinas em níveis que pudessem afetar a balneabilidade da praia.

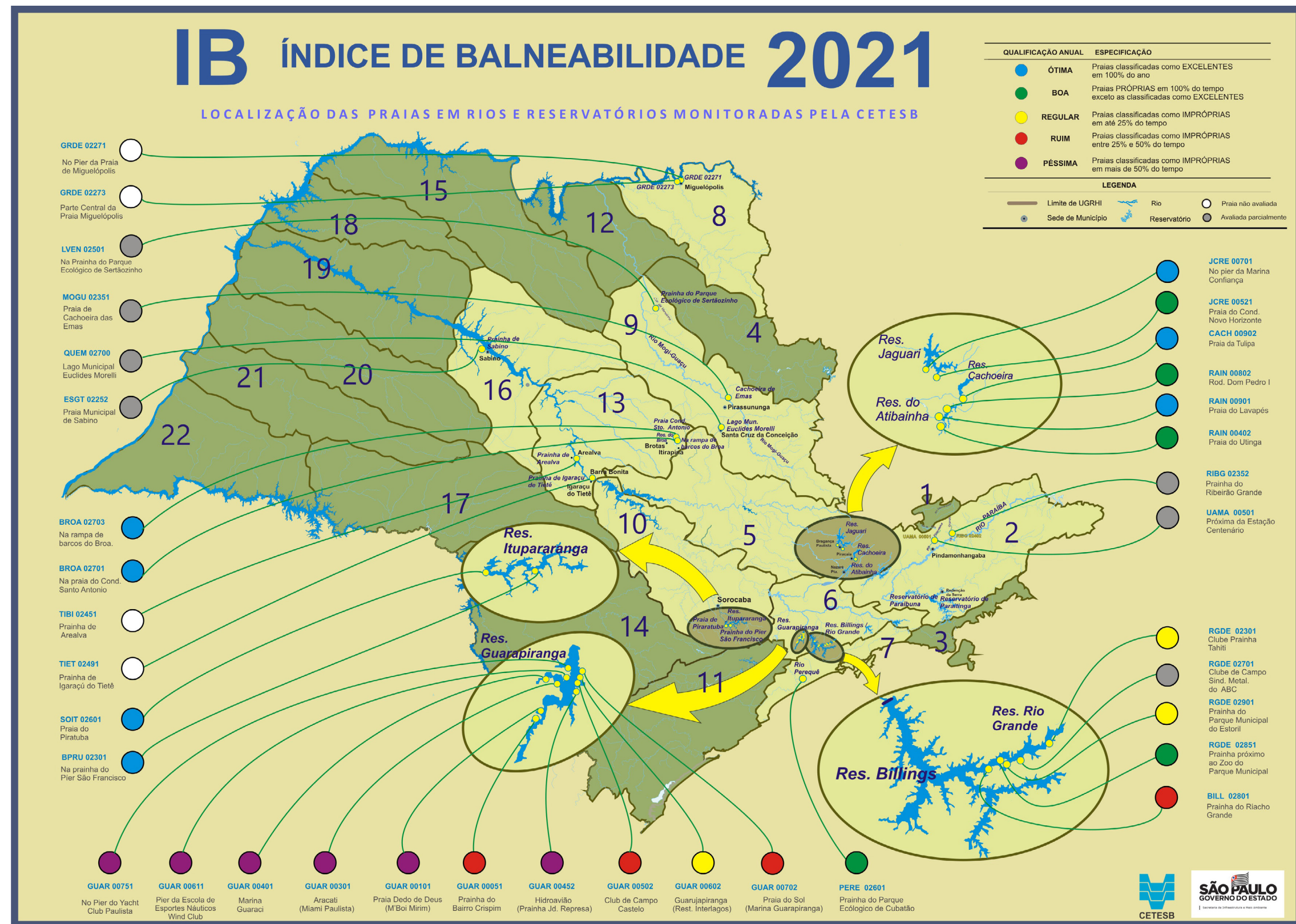
Tabela 5.4 – Índice de Balneabilidade – IB no período de 2016 a 2021

UGRHI	Corpo Hídrico	Código	Praias Interiores - Local de Amostragem	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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	Rodovia Dom Pedro I (rampa próxima ao Hotel Varanda)					-	
		RAIN 00901	Praia do Lavapés					-	
6	Billings	BILL 02801	Prainha do Riacho Grande, próximo 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 do Parque Municipal do Estoril					-	
7	Rio Perequê	PERE 02601	Praia do Perequê - Cubatão					-	
10	Itupararanga	BPRU 02301	Prainha em frente ao Pier São Francisco					-	
		SOIT 02601	Prainha do Piratuba						
13	Represa do Broa	BROA 02701	Condomínio Santo Antônio, em frente à lanchonete						
		BROA 02703	Condomínio Santo Antônio, em frente à rampa de barcos						

Categoria	Praias Semanais	Mensais
Ótima	Praias classificadas como EXCELENTE em 100% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> até 150 (UFC/100mL) em pelo menos 80% do ano
Boa	Praias próprias em 100% do tempo, exceto as classificadas como ÓTIMA	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) em até 20% do ano
Regular	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em até 25% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) de 20% a 30% do ano
Ruim	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS entre 25% e 50% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> superior a 600 (UFC/100mL) de 30% a 50% do ano
Péssima	Praias classificadas como IMPRÓPRIAS em mais de 50% do tempo.	Concentração de <i>Escherichia coli</i> 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 E](#). As classificações semanais e os resultados analíticos de 2021 podem ser consultados no [Apêndice Q](#).

Mapa 5.4 – Localização e classificação das praias de rios e reservatórios - 2021



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 esses 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 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, bem como a avaliação das comunidades aquáticas, 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.

Em 2021, em razão das restrições impostas pela pandemia de COVID-19, algumas avaliações biológicas não foram realizadas, como as análises de *Giardia* e *Cryptosporidium* e outras tiveram menos campanhas de amostragens do que previsto inicialmente. De um modo geral as campanhas do primeiro trimestre foram completas, enquanto nos outros meses foram priorizados alguns pontos. Por outro lado, em 2020, foi incluído um novo parâmetro, relativo ao monitoramento 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 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 365 pontos de monitoramento, estão apresentados no Capítulo 5 deste **Relatório**, uma vez que integram o IVA, referente à proteção das comunidades aquáticas.

6.1.1 Testes de Mutagenicidade

Os ensaios de mutagenicidade avaliam a presença de compostos genotóxicos capazes de interagir com o 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.

Os resultados dos testes de genotoxicidade não são suficientes para estimar o risco para a saúde dos organismos. Os riscos associados à presença de mutágenos nas diferentes matrizes ambientais dependem da sua identificação e quantificação, da sua potência e biodisponibilidade, dos meios de exposição dos organismos, da susceptibilidade individual e outros fatores. 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.

6.1.2 Teste de *Salmonella/microsoma* – teste de Ames

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 genotóxicos nessas matrizes, capazes de induzir mutações de ponto no DNA dos organismos expostos. O teste é realizado com diferentes linhagens da bactéria *Salmonella* Typhimurium.

Os testes de *Salmonella/microsoma* foram realizados em amostras de água bruta de 20 locais do estado de São Paulo em 2021. Das 70 amostras analisadas, 27 apresentaram mutagenicidade, conforme Figura 6.1, que apresenta esquematicamente todos os resultados encontrados nos últimos 6 anos. Por terem apresentado atividade mutagênica sistemática, 8 locais continuarão a ser monitorados em 2022.

Figura 6.1 – Resultados qualitativos de mutagenicidade dos ensaios de *Salmonella*/microsoma e Micronúcleo nas amostras de água avaliadas no período de 2016 a 2021

		2016												2017				2018				2019				2020				2021			
UGRHI	PONTO	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Sep/Oct	Nov/Dez		
		TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN	TA MN		
1	PDZ00700																																
2	JAG00200																																
3	CARO02800																																
	GRAND0400																																
	SAFO00300																																
	TOCA02900																																
5	ATIB02010																																
	ATIB02030																																
	ATIB02035																																
	ATIB02065																																
	ATIB02300																																
	ATIB02605																																
	ATIB02800																																
	ATSG02800																																
	CACH00500																																
	CAXO02800																																
	CPV02130																																
	CXBU02900																																
	IRIS02100																																
	IRIS02900																																
	JARI00800																																
	JCRE00500																																
6	JUN000800																																
	PCAB02100																																
	PCAB02200																																
	RAIN00800																																
	ACLA00500																																
	BILL02030																																
	BILL02100																																
	BIRP00500																																
	BITQ00100																																
	CRIS03400																																
	GUAR02600																																
	GUAR00900																																
	JQUU00900																																
	JNDI00500																																
	PEBA00900																																
	TIE02050																																
7	TIE02090																																
	BACO02950																																
	CFUG02900																																
	CUBA02700																																
	IPAU02600																																
	KNOA02500																																
	AVEC02800																																
	PORA 02700																																
	SORO02500																																
	SORO02700																																
	TALI04900																																
	12	PITA02450																															
	13	BROA02800																															
	15	RPRE02200																															
	20	ANOR02300																															

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

Nota: Os resultados de testes de Ames estão representados por quadrados e os de micronúcleo por círculos. Vermelho indica mutagenicidade presente na amostra e azul indica que não foi detectada mutagenicidade nas condições do ensaio. Em 2020 e 2021 o teste de Ames aparece excepcionalmente com dois resultados em algumas campanhas em decorrência ao remanejamento das amostragens devido à pandemia de COVID-19.

6.1.3 Ensaio de Micronúcleo *in vitro*

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 2021 foram monitorados 20 pontos, totalizando 37 amostras, cujos resultados encontram-se na Figura 6.1. Das amostras testadas, 6 apresentaram mutagenicidade.

Considerando os dados obtidos nos últimos 6 anos, verifica-se que dentre as amostras analisadas com o teste de Ames e o ensaio de micronúcleo na mesma amostra/campanha (n=345), 52% apresentaram resultados concordantes entre os dois ensaios, sejam positivos ou não. Enquanto 40% das amostras foram negativas em ambas as análises, 12% 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.

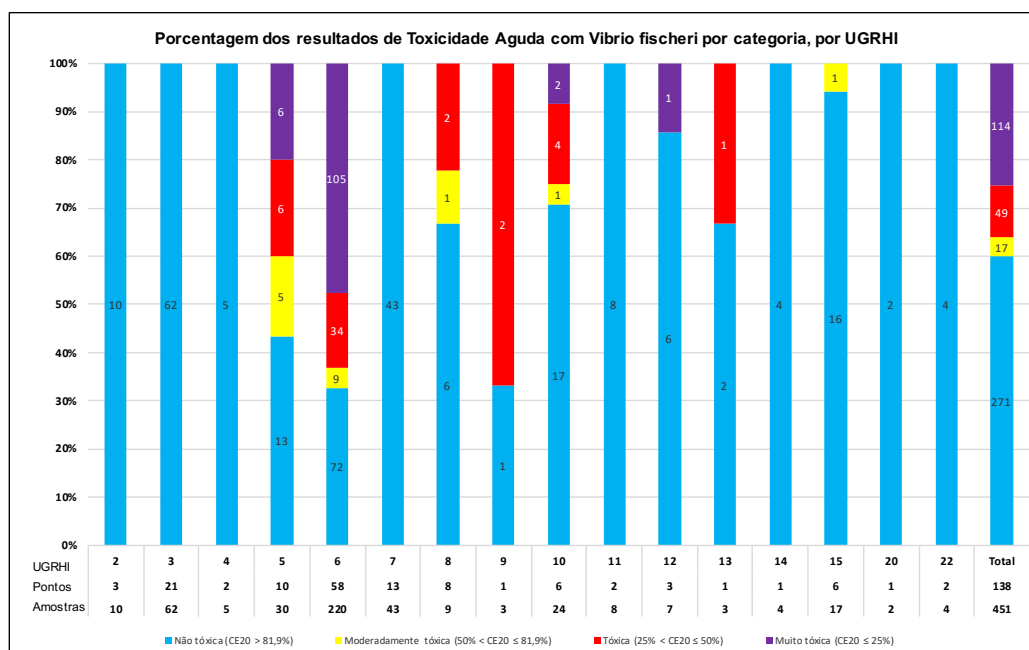
Aproximadamente 13% das amostras foram positivas apenas no ensaio de micronúcleo, indicando um incremento no diagnóstico ambiental com a inclusão dessa análise. Ainda não é possível, no entanto, fazer nenhuma inferência sobre os possíveis compostos mutagênicos presentes nesses locais; a continuação do uso dessa variável para a construção de uma série histórica é necessária para essa compreensão.

6.1.4 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 em expor a 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 naqueles casos onde 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 testes.

Nesse ano, foram testadas 451 amostras de água para o ensaio de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri*, coletadas de 138 pontos distribuídos em 16 UGRHIs. Os resultados foram classificados em 4 categorias adotadas para essa avaliação, adaptadas de Coleman & Qureshi (1985). O Gráfico 6.1 exibe a porcentagem de resultados de Toxicidade Aguda, por UGRHI, distribuídos em cada categoria.

Gráfico 6.1 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* nas amostras de água, por UGRHI, distribuídos em cada categoria

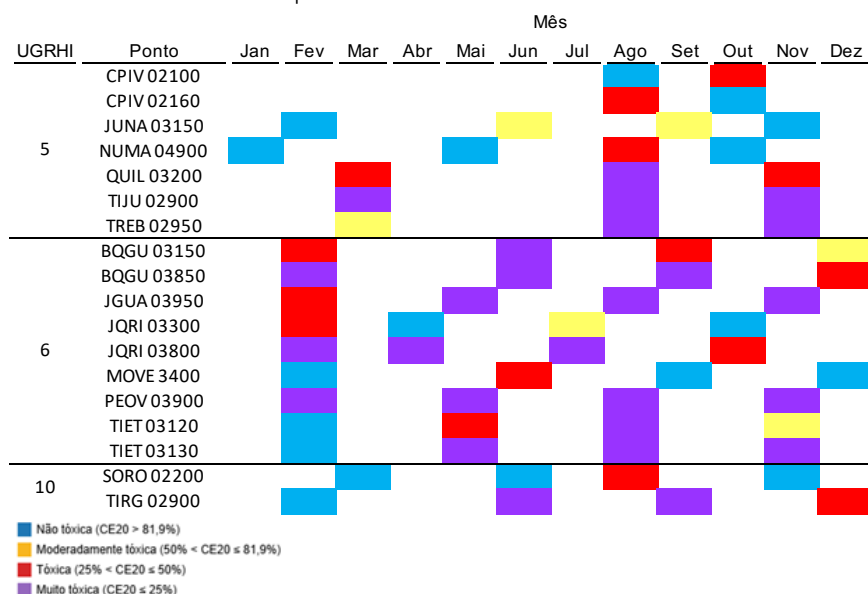


Das amostras analisadas, 219 foram coletadas em 65 pontos localizados em águas doces enquadrados nas Classes Especial, 2 e 3. Nessas classes não deve ocorrer Toxicidade Aguda a organismos aquáticos, porém, em 2021, 47 amostras de 18 pontos (Tabela 6.1) exibiram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri*. A Figura 6.2 apresenta para esses 18 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*

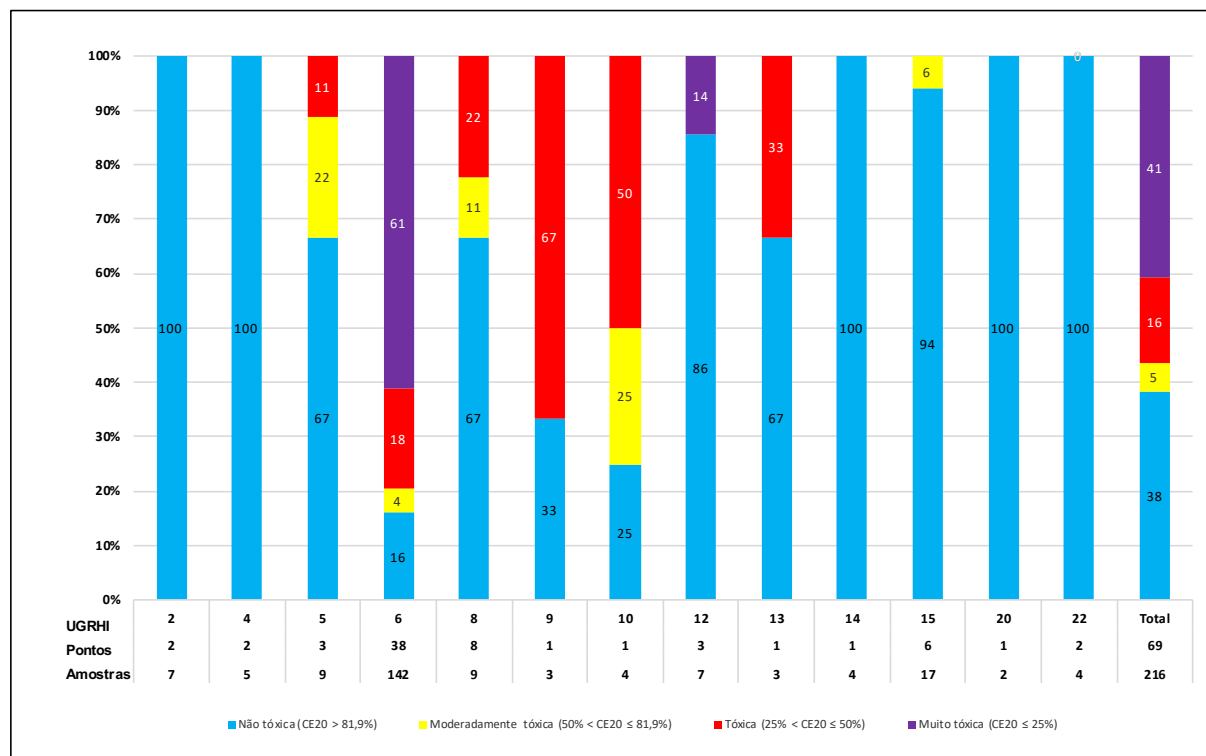
UGRHI	Código	Local
5	CPIV 02100	Rio Capivari
	CPIV 02160	Rio Capivari
	JUNA 03150	Rio Jundiá
	NUMA 04900	Ribeirão Anhumas
	QUIL 03200	Ribeirão Quilombo
	TIJU 02900	Ribeirão Tijuco Preto
	TREB 02950	Ribeirão Três Barras
6	BQGU 03150	Rio Baquirivu-Guaçu
	BQGU 03850	Rio Baquirivu-Guaçu
	JGUA 03950	Rio Jaguari
	JQRI 03300	Rio Juqueri
	JQRI 03800	Rio Juqueri
	MOVE 03400	Ribeirão Moinho Velho
	PEOV 03900	Ribeirão Perová
	TIET 03120	Rio Tietê
	TIET 03130	Rio Tietê
10	SORO 02200	Rio Sorocaba
	TIRG 02900	Reservatório de Rasgão

Figura 6.2 – Classificação das amostras dos corpos hídricos Classes Especial, 2 e 3 que apresentaram toxicidade aguda para o *Vibrio fischeri* em 2021



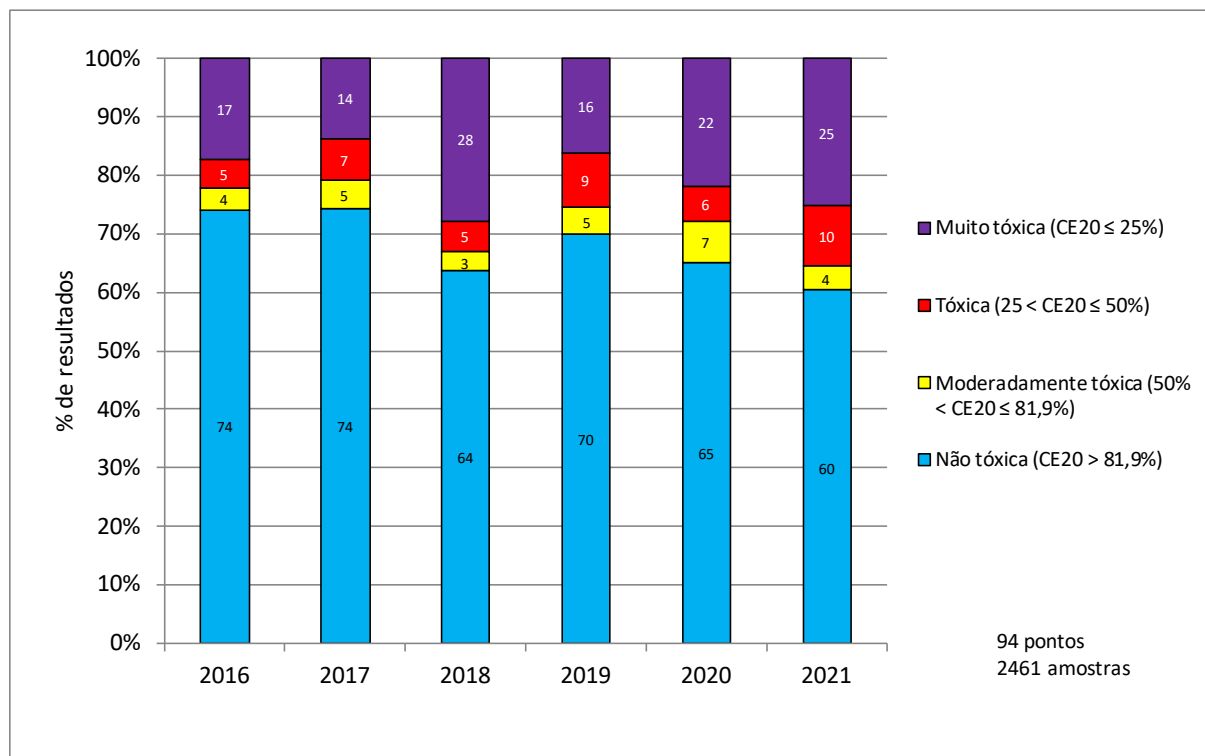
Nos corpos hídricos de Classe 4, representados por 69 pontos, foram testadas 216 amostras. O Gráfico 6.2 exibe a porcentagem de resultados, distribuídos em cada categoria, por UGRHI, para esses pontos.

Gráfico 6.2 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade Aguda com *Vibrio fischeri* nas amostras de água Classe 4, distribuídos em cada categoria, por UGRHI



Para acompanhar a evolução temporal da Toxicidade Aguda para a bactéria *Vibrio fischeri* nos corpos hídricos do Estado, compararam-se os resultados dos 94 pontos avaliados sistematicamente entre os anos de 2016 e 2021, localizados nas UGRHIs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15 e 22 (Gráfico 6.3).

Gráfico 6.3 – Porcentagem dos resultados de Toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* nos pontos coincidentes nos anos de 2016 a 2021



Os resultados de 2021 sugerem pequena variação em relação ao ano de 2020, sem indicar grandes alterações na qualidade dos corpos de água avaliados frente a este parâmetro. Entretanto, lembra-se que a redução no número de amostras avaliadas em 2020 não permite uma avaliação conclusiva quanto à tendência de melhora ou piora da qualidade dos corpos de água quanto à toxicidade neste ano em relação ao período de 2016 a 2020.

6.2 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.

6.2.1 Comunidade Fitoplanctônica

Para o cálculo do Índice de Comunidade Fitoplanctônica - ICF, são amostrados 70 pontos, que estão distribuídos em 17 UGRHs (2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 e 22).

A frequência mínima de amostragem por ponto é de 4 vezes por ano, entretanto, em 2021, em razão das restrições impostas pela pandemia do novo coronavírus, as frequências de monitoramento tiveram adaptações (Quadro 6.1).

Quadro 6.1 – Frequências de amostragens, porcentagens e quantidades de pontos em 2021

Frequência de amostragem	Porcentagem dos pontos (%)	Número de pontos
6 vezes ao ano	3%	2
4 vezes ao ano	60%	42
3 vezes ao ano	24 %	17
2 vezes ao ano	7%	5
1 vez ao ano	3%	2
Não foi amostrado	3%	2
Total	100%	70

Para que as avaliações das médias anuais fossem consistentes, foram considerados apenas os pontos amostrados no mínimo 3 vezes ao ano no cálculo das médias anuais. Ao todo, 61 pontos (45 estão situados em reservatórios e 16 em rios) tiveram essa frequência mínima de amostragem (Quadro 6.2). O quadro completo pode ser encontrado no [Apêndice L](#) – Tabela 7.

Quadro 6.2 – Quantidades e porcentagens de pontos por ponderações das médias anuais do ICF

Classificação	Ruins	Regulares	Boas	Ótimas	Total
Ponderações	4	3	2	1	
Quantidade de pontos (n)	11	21	26	3	61
Porcentagem (%)	18	34	43	5	100

Os pontos que tiveram classificação anual **Ruim** foram: reservatório Jaguari (JARI 00800); reservatório Salto Grande (ATSG 02800); Canal de Fuga (CFUG 02900); córrego Esgotão (ESGT 02050); reservatório Promissão (TIPR 02990); reservatório Cascata (CASC 02050); reservatório Itupararanga – Corpo central (SOIT 02100) e 4 pontos no reservatório Billings: em Pedreira (BILL 02030), no braço Bororé (BILL 02100), na Imigrantes (BILL 02500) e no braço Taquacetuba (BITQ 00100). De modo geral, os fatores que mais influenciaram o ICF nesses pontos foram: IET variando de Mesotrófico a Hipereutrófico, elevadas densidades de organismos e dominância de Cianobactérias. As avaliações dos pontos situados nos reservatórios Jaguari, Billings, Itupararanga e Promissão são discutidas em detalhes no Capítulo 7.

As classificações anuais **Regulares** concentraram-se nas UGRHs 4, 5, 6, 10, 13, 16 e 19. Dentre os 21 pontos com essa classificação, 10 (aproximadamente 48%) mantiveram sua condição, nenhum ponto

melhorou. Aproximadamente 48% (10 pontos) não tiveram suas médias anuais calculadas em 2020, o que impossibilitou a comparação, e apenas um ponto piorou (4%): no ponto RGDE 02900, localizado no reservatório Rio Grande, próximo da captação da SABESP, o ICF anual passou de **Bom** para **Regular** em função da maior quantidade de avaliações em 2021 em comparação com 2020, com o registro de mais períodos com dominância de grupos fitoplanctônicos e altas densidades. Esse ponto é discutido em detalhes no Capítulo 7.

Os pontos com diagnóstico **Bom** se distribuíram nas UGRHIs 2, 4, 5, 6, 10, 13, 14, 18, 21 e 22. Dos 26 pontos com esse diagnóstico, 15 (58%) não tiveram suas médias anuais calculadas em 2020, o que impossibilitou a comparação, 9 (34%) mantiveram sua condição e 2 (8%), nos reservatórios Jaguari (UGRHI 2, ponto JAGJ 02200) e Jundiá (UGRHI 6, ponto JNDI 00500), se destacaram por apresentarem melhoras nos índices. Essa melhora ocorreu devido à diminuição tanto dos períodos de dominância como das densidades totais de organismos da comunidade.

Os pontos que tiveram classificações anuais **Ótimas** foram: reservatórios Santa Branca (SANT 00100) e Cachoeira de Cima (MOCA 02990), e rio Corumbataí (CRUM 02500).

Dois pontos merecem uma observação especial. O ponto situado no reservatório Três Irmãos (TITR 02100) apresentou piora da qualidade da água. Apesar de não ter sido calculado ICF em 2020, em 2021 o ICF foi **Regular** devido ao longo período com dominância de cianobactérias, piora do IET e maior valor de Células de Cianobactérias, que passou de 9.563 céls mL⁻¹ (outubro/2020) para 130.308 céls mL⁻¹ (outubro/2021). Já o ponto do reservatório Porto Primavera (PARN 02900), com ponderação de ICF anual **Boa**, apresentou dominância de Cianobactérias em aproximadamente 70% das amostragens.

O dinoflagelado do gênero *Ceratium*, considerado 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 6.3.

Quadro 6.3 – Número de pontos em que foram registrados e/ou quantificados organismos do gênero *Ceratium* de 2017 a 2021

Quantidade de pontos (n) com <i>Ceratium</i>	2017	2018	2019	2020	2021
	16	18	19	13	9

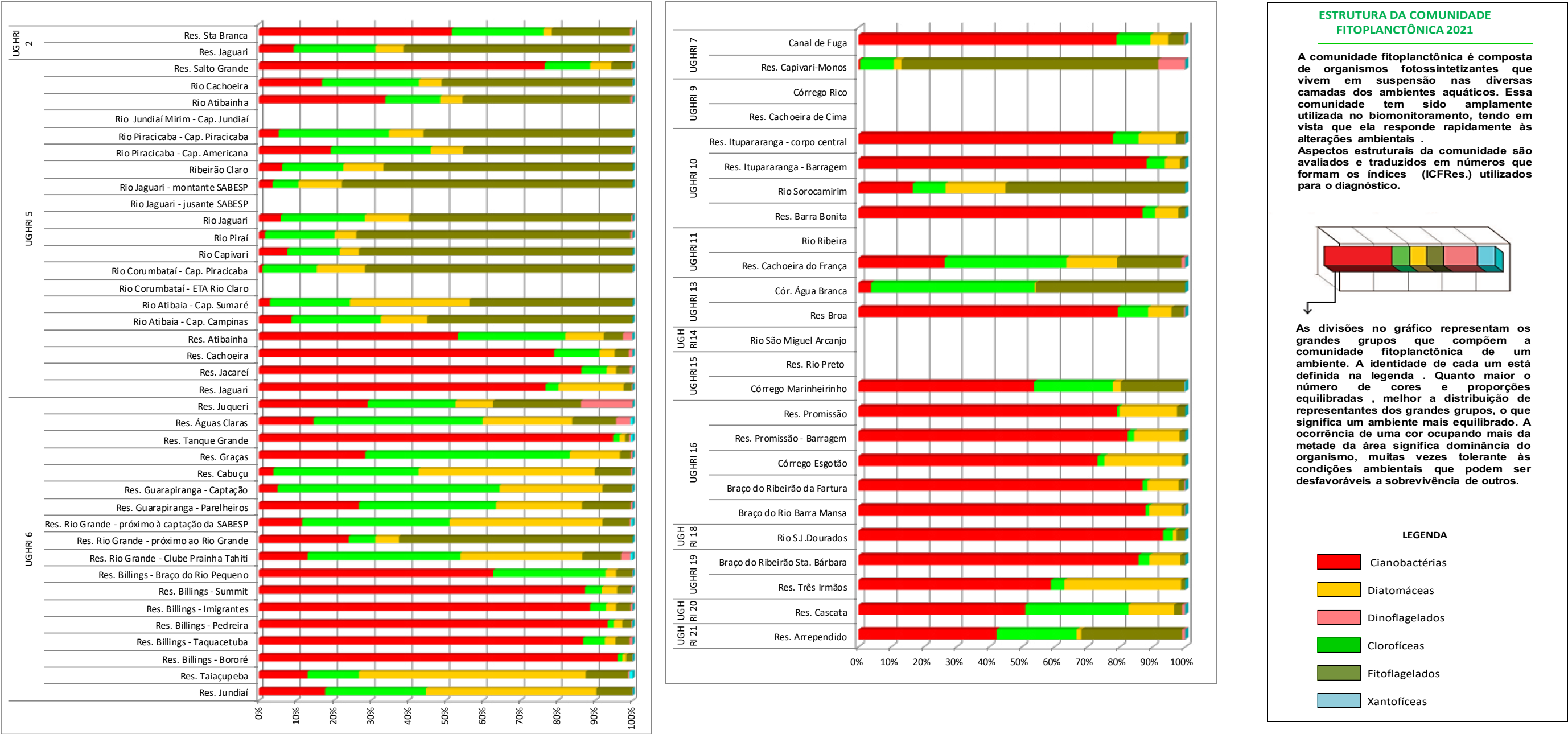
Como esse organismo é capaz de migrar na coluna de água, e a amostragem é realizada na superfície, a ausência de registro na análise não significa que ele não esteja presente no local, apenas que não foi coletado. Outro fator relevante é que os dados dos anos 2020 e 2021 estão subestimados devido à diminuição no número de amostras analisadas em função da pandemia.

A figura 6.3, a seguir, apresenta a estrutura da comunidade fitoplanctônica nos pontos amostrados em 2021. Foram mantidos todos os pontos de monitoramento de fitoplâncton, mesmo aqueles para os quais não foi possível avaliar em 2021, pois serão retomados em anos posteriores.

As cores no gráfico 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 6.3 – Estruturas da comunidade fitoplanctônica nos pontos amostrados em 2021



6.2.2 Comunidade Zooplanctônica

A comunidade zooplanctônica foi analisada em 9 pontos amostrais, em 7 reservatórios, localizados em 3 UGRHIs (5, 6 e 10). Foram estimadas as densidades de organismos dos grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda, e aplicado o Índice de Comunidade Zooplanctônica - ICZ_{RES} para a análise da qualidade da água. Os resultados mensais e as médias anuais do ICZ_{RES} constam da Tabela 9 do [Apêndice L](#). Excepcionalmente, para o ponto TIBB 02700 (reservatório Barra Bonita), não foi calculada a média anual, pois em 2021 este ponto foi amostrado em dois meses (junho e agosto), abrangendo apenas o período seco. Na Tabela 6.2 que apresenta os valores médios do ICZ_{RES} desde 2016, nesses 9 pontos não constam as médias anuais de 2020, pois as mesmas não foram calculadas devido a insuficiência de dados. Nenhum ponto apresentou qualidade média anual Boa no período avaliado.

Todos os pontos amostrados nos reservatórios do Sistema Cantareira (pontos JARI 00800, JCRE 00500 e RAIN 00880 na UGRHI 5; e ponto JQU 00900 na UGRHI 6) apresentaram condição média anual Regular. Embora o reservatório Jaguari (JARI 00800) tenha apresentado melhora na qualidade média anual, após 3 anos consecutivos com qualidade Ruim (Tabela 6.2), nos meses de fevereiro e agosto a condição foi Ruim. Os reservatórios Jacaré, Atibainha e Juqueri (Paiva Castro) mantiveram a condição Regular observada em anos anteriores. Nestes reservatórios a relação Calanoida/Cyclopoida foi baixa, sendo a condição Regular devido as concentrações de clorofila *a*.

Em relação aos demais reservatórios analisados na UGRHI 6, no reservatório Billings o ponto BILL 02100 manteve a condição anual Péssima (Tabela 6.2), embora no mês de maio tenha sido observada a condição Regular, obtida devido a combinação da menor concentração de clorofila *a* e maior relação Calanoida/Cyclopoida; o ponto BITQ 00100, braço do Taquacetuba, apresentou condição anual Ruim, também observada em 2019, enquanto em anos anteriores a condição foi Péssima. No reservatório Guarapiranga observou-se uma alternância na qualidade no ponto GUAR 00100, com qualidade Ruim nos anos de 2016, 2018 e 2021, e qualidade Péssima em 2017 e 2019. No ponto GUAR 00900, localizado próximo à captação, a condição Ruim foi mantida ao longo dos anos.

No reservatório Barra Bonita (UGRHI 10) os dois meses amostrados, junho e agosto, apresentaram condição Ruim e Péssima, respectivamente. Em comparação com anos anteriores para esse período (seco), foi observada condição Regular em julho de 2016 e 2017, e condição Ruim em julho de 2018 e 2019.

Tabela 6.2 – Evolução da classificação segundo o ICZ_{RES} entre 2016 e 2021

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	2016	2017	2018	2019	2020	2021
5	Reservatório Jaguari	JARI 00800					N.C.	
	Reservatório do Rio Jacaré	JCRE 00500					N.C.	
	Reservatório do Rio Atibainha	RAIN 00880	N.R.	N.R.			N.C.	
6	Reservatório do Juqueri ou Paiva Castro	JQJU 00900					N.C.	
	Reservatório Billings	BILL 02100					N.C.	
		BITQ 00100					N.C.	
	Reservatório do Guarapiranga	GUAR 00100					N.C.	
		GUAR 00900					N.C.	
10	Reservatório de Barra Bonita	TIBB 02700					N.C.	N.C.

Legenda: Regular Ruim Péssima

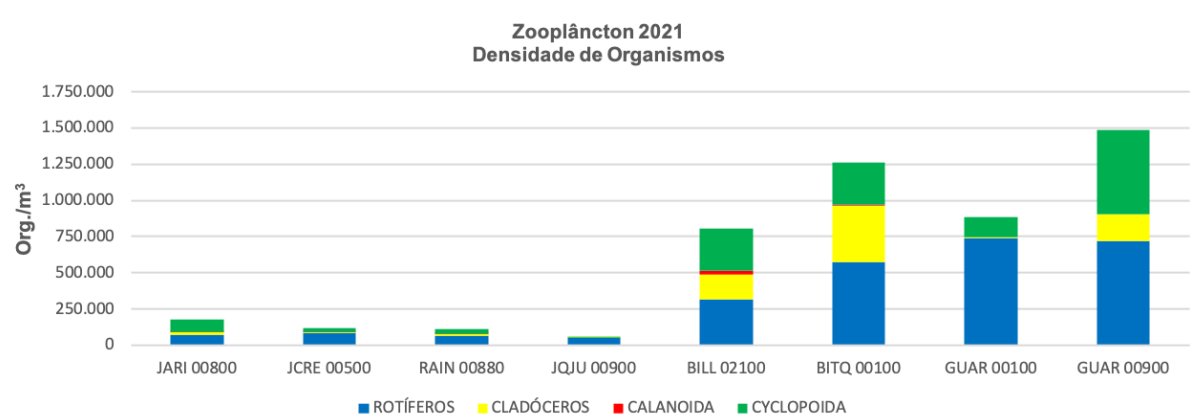
N.R.: coleta não realizada

N.C.: média não calculada

Em 2021 as maiores densidades médias anuais foram observadas nos reservatórios com qualidade Ruim ou Péssima (Billings e Guarapiranga) (Gráfico 6.4), como também nos meses amostrados no reservatório Barra Bonita. Geralmente elevadas densidades de organismos do zooplâncton refletem ambientes com elevadas densidades de fitoplâncton.

Em relação às espécies observadas, foram frequentes nos ambientes com qualidade Ruim ou Péssima a presença de organismos relacionados com a eutrofização, como por exemplo, os rotíferos *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus caudatus*, *Brachionus forficula*, *Keratella cochlearis*, *Keratella tropica*, cladóceros de pequeno porte (*Bosmina* sp.) e os copépodes ciclopoídes *Acanthocyclops robustus*, *Thermocyclops decipiens*. O cladócero *Bosminopsis deitersi*, relacionado a ambientes oligotróficos/mesotróficos, é observado com maior frequência no reservatório Juqueri (JQJU 00900).

Como nos anos anteriores, as classificações de qualidade e a composição de espécies estiveram relacionadas com a condição trófica dos ambientes analisados.

Gráfico 6.4 – Densidade média anual e distribuição dos grupos da comunidade zooplancônica dos reservatórios Jaguari (JARI 00800), Jacaré (JCRE 00500), Atibainha (RAIN 00880), Juqueri (JQJU 00900), Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) e Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900), em 2021

6.2.3 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Em 2021, ainda por restrições decorrentes da pandemia de COVID-19, a malha de amostragem da rede de sedimento foi reduzida. Assim sendo, no ano foi efetuado o diagnóstico da qualidade ambiental por meio da avaliação da comunidade bentônica em 7 localidades, sendo todas em reservatório. A relação dos locais avaliados está no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Locais de amostragem da comunidade bentônica em 2021

UGRHI	Código	Local	Município
6	RBIR00300	Reservatório Biritiba Mirim	Mogi das Cruzes
	RGDE02030	Reservatório do Rio Grande – foz do rio Grande	Santo André
	RGDE02200	Reservatório do Rio Grande – Clube Prainha Tahiti	Santo André
	RGDE02900	Reservatório do Rio Grande – captação da SABESP	São Bernardo do Campo
	PIRE02999	Reservatório do Rio Grande – foz do ribeirão Pires	Santo André
	GUAR00452	Reservatório Guarapiranga	São Paulo
11	CAFR00350	Reservatório Cachoeira do França	Juquitiba

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** ou **Péssimo**, em razão da estrutura de sua comunidade de organismos bentônicos. Mais detalhes acerca da composição dos índices e de seu cálculo podem ser obtidos no [Apêndice E](#) deste relatório.

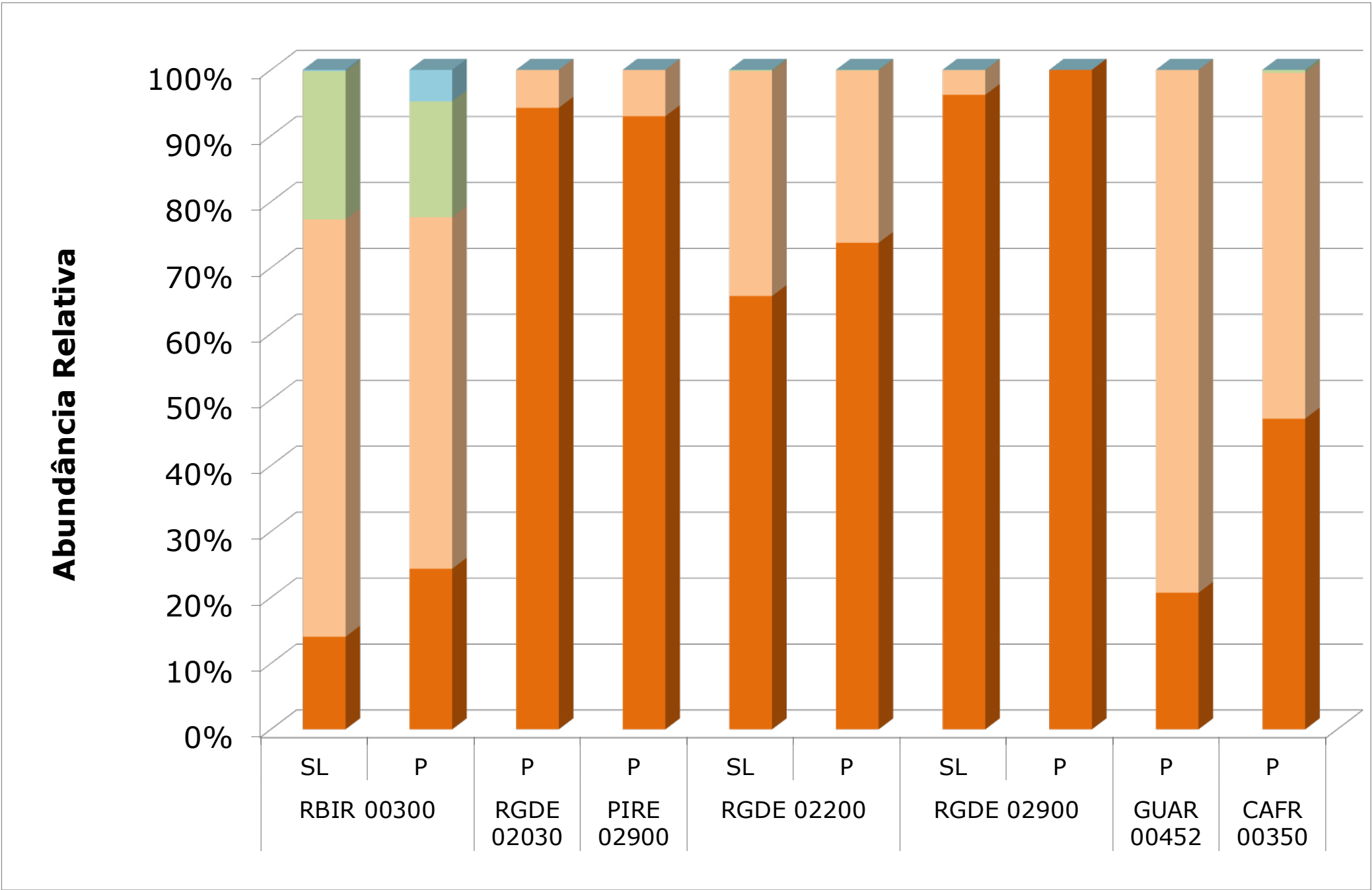
O diagnóstico da qualidade ecológica dos sedimentos em reservatórios é feito com base no ICB_{RES-P} (ICB para região profunda), caso dos reservatórios Rio Grande (RGDE 02900) e Cachoeira do França (CAFR 00350). Contudo, para ambientes com baixa profundidade (menor que 6m), onde a incidência de luz implica na existência de uma cadeia baseada na produção primária além da cadeia de detritos, assemelhando-se, portanto, à condição da região sublitoral, empregam-se as métricas e pontuações da região sublitoral (ICB_{RES-SL}). Em 2021, essa condição foi observada nos pontos de amostragem profundos dos reservatórios de Biritiba-Mirim (RBIR 00300), Rio Grande (RGDE 02030; RGDE 02200, PIRE 02999) e Guarapiranga (GUAR 00452). As comunidades da região sublitoral, mais associadas à qualidade da água, também avaliadas pelo ICB_{RES-SL} foram amostradas nos reservatórios do Rio Grande (pontos RGDE 02200 e RGDE 02900) e Biritiba-Mirim.

Dentre os ambientes amostrados em 2021, nenhum apresentou diagnóstico Ótimo, quando o ambiente apresenta o menor ou nenhum desvio de qualidade em relação à condição pristina.

Obtiveram classificação Boa os reservatórios de Biritiba-Mirim e Cachoeira do França. No reservatório Biritiba-Mirim foram observadas elevadas Riqueza de táxons nativos e Diversidade, tanto na região sublitoral ($S_{nat}=26$, $ICS=21,32$), quanto na região profunda ($S_{nat}=18$, $ICS=14,78$). Também foram registrados táxons reconhecidamente sensíveis, nesse caso espécimes das Famílias Leptoceridae e Polycentropodidae (ambos Trichoptera), nas regiões sublitoral e profunda. Não foi observada Dominância de nenhum táxon, sendo o Diptera do gênero *Tanytarsus* (Tanytarsini – Chironomidae) o mais abundante. Ressalte-se ainda que, a Tribo Tanytarsini é considerada como um grupo sensível no diagnóstico da região profunda. Talvez esse ambiente esteja enquadrado na condição de distúrbio intermediário, pois apesar de apresentar indícios de enriquecimento do ambiente, dentro de um processo ativo de degradação ambiental, mantém uma comunidade ainda diversificada e com organismos sensíveis. No entanto, se mantido o processo de degradação ao longo do

tempo, a tendência é a substituição de táxons sensíveis por táxons tolerantes e semitolerantes e o aumento da dominância desses últimos. Comparativamente ao reservatório Biritiba-Mirim, o reservatório Cachoeira do França (CAFR 00350) apresentou menores valores de Riqueza e Diversidade ($S_{nat}=15$, $ICS=11,48$), contudo esses resultados refletem qualidade superior do ambiente, por se tratar de região efetivamente profunda. Em 2014 foi feita uma amostragem nesse reservatório, em local próximo (CAFR 00300), tendo sido obtido o mesmo diagnóstico para a região profunda. No entanto, cabe ressaltar que, apesar do diagnóstico favorável, as comunidades de ambos os reservatórios são constituídas predominantemente por organismos semitolerantes (Figura 6.4).

Figura 6.4 – Estruturas das comunidades bentônicas em 2021



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 os índices (ICB_{RES-SL} e ICB_{RES-P}) utilizados para o diagnóstico. Em reservatórios, a comunidade da região mais rasa (sublitoral = SL) reflete a qualidade ecológica da massa d'água e a da região mais profunda (profunda = P), 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

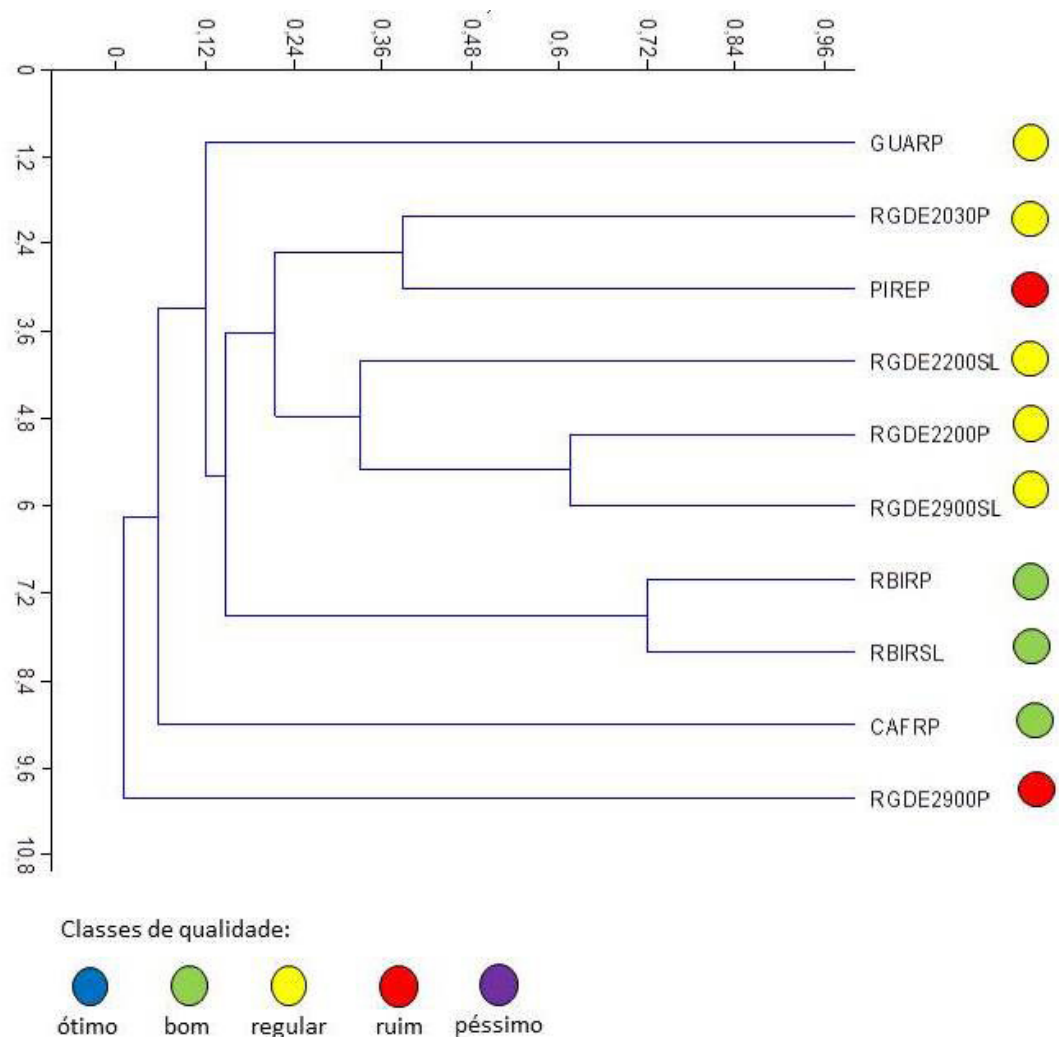
EXÓTICAS	SEMI-TOLERANTES
Lumbriculus variegatus	Ceratopogonidae
SENSÍVEIS	Aedokritus
Leptoceridae	Cladopelma
Polycentropodidae	Cryptochironomus
SEMI-SENSÍVEIS	Dicrotendipes
Bryozoa	Goeldichironomus
Asheum	Parachironomus
Nilothauma	Paralauterborniella
Zavreliella	Pelomus
Djalmabatista	Polypedilum
Polymitarcyidae	Chironomini
SEMI-TOLERANTES	Caladomyia
Nemertea	Tanytarsus
Dugesidae	Tanytarsini
Physidae	Ablabesmyia
Sphaeriidae	Coelotanytus
Aelossomatidae	Procladius
Aulodrilus	Tanytus
Branchiura	Dolichopodidae
Chaetogaster	Psychodidae
Haemonais	TOLERANTES
Nais	Bothrioneurum
Slavina	Tubificinae sqc
Opistocysta	Limnodrilus
Erpobdellidae	Aulophorus
Glossiphoniidae	Dero
Hydracarina	Pristina
	Chironomus

O diagnóstico Regular foi observado no reservatório Guarapiranga (profundal) e no reservatório Rio Grande, nos pontos RGDE 02200 (profundal e sublitoral), RGDE 02030 (profundal) e RGDE 02900 (sublitoral). Nesses locais, em geral, foram observadas altas densidades de organismos e predomínio de organismos semitolerantes (Guarapiranga) e tolerantes (Rio Grande). No reservatório Guarapiranga o táxon dominante foi Glossiphoniidae, indicativo indireto de enriquecimento orgânico do ambiente, visto que é predador de organismos tolerantes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido. No reservatório Rio Grande, a comunidade da região profundal do ponto RGDE 02200 apresentou densidade de organismos superior à da região sublitoral. Em ambos os habitats o organismo dominante foi o Oligochaeta *Limnodrilus*, tolerante aos metais e às baixas concentrações de oxigênio dissolvido decorrente da demanda bioquímica por acúmulo de matéria orgânica no sedimento. O ponto RGDE 02030 apresentou comunidade dominada pelo gênero *Dero*, também indicador de ambiente enriquecido e cujas populações são muito associadas às raízes de macrófitas. Esse ambiente está situado no braço do reservatório correspondente a foz do Rio Grande, com baixa profundidade e rico em matéria orgânica. No local foi registrada a ocorrência do Oligochaeta exótico *Lumbriculus variegatus*, contudo em baixa densidade, ainda sem caráter invasor no local. O ambiente vem oscilando entre as qualidades Regular e Ruim desde 2016, e a comunidade vem mostrando predomínio de organismos tolerantes. Por fim, com diagnóstico REGULAR também, a região sublitoral do ponto RGDE 02900, próximo à captação de água. A comunidade observada não diferiu das demais com o mesmo diagnóstico, mantida a dominância por gênero tolerante, nesse caso, *Limnodrilus*. O diagnóstico obtido nesse ponto foi o mesmo que o registrado dez anos antes. Em linhas gerais, os ambientes apresentaram enriquecimento orgânico do sedimento com predomínio de táxons tolerantes ou semitolerantes, densidades altas de organismos e ausência de grupos sensíveis à poluição.

O diagnóstico Ruim foi observado no braço do Ribeirão Pires (PIRE 02999) e na região profundal do ponto RGDE 02900. No braço do Ribeirão Pires foi observada a maior densidade de organismos (>100 mil org/m²) e a comunidade foi constituída exclusivamente por organismos tolerantes e semitolerantes. Assim como outras localidades amostradas, o ambiente apresentou-se enriquecido organicamente, com contaminação por coliformes fecais e por metais acima do limiar de efeito, tendo sido observada toxicidade aguda ao anfípodo *Hyalella azteca* em ensaio de laboratório. Ressalte-se que em 2018, para o mesmo local, o diagnóstico foi de qualidade Boa. Assim sendo, nesse curto intervalo de tempo, talvez em função do processo de redução do nível recente do reservatório, a qualidade ambiental tenha deteriorado. Com relação à região profundal do ponto RGDE 02900, o local apresentou densidade muito baixa de organismos (apenas 85 org/m²), todos enquadrados como tolerantes. A densidade de organismos e a composição da comunidade são reflexos de uma condição ambiental limitante. As determinações químicas apontam a presença de metais (Hg, Cu e As) em concentrações acima do limite de potencial efeito tóxico. No entanto, tal efeito não foi observado no ensaio em laboratório com organismos bentônicos, sugerindo a não biodisponibilidade desses contaminantes no período de amostragem. Assim como para a região sublitoral, na região profundal desse ponto foi obtido o mesmo diagnóstico ambiental que em 2011. No entanto, a densidade de organismos à época era duas ordens de grandeza superior, sugerindo que, diferentemente das condições em laboratório, os contaminantes presentes nos sedimentos podem estar biodisponíveis e afetando a manutenção da comunidade *in situ*.

Os dados quantitativos de densidade obtidos para todas as localidades foram empregados em uma análise de agrupamento, adotando-se o Índice de Similaridade de Bray-Curtis e técnica de agrupamento UPGMA (Figura 6.5).

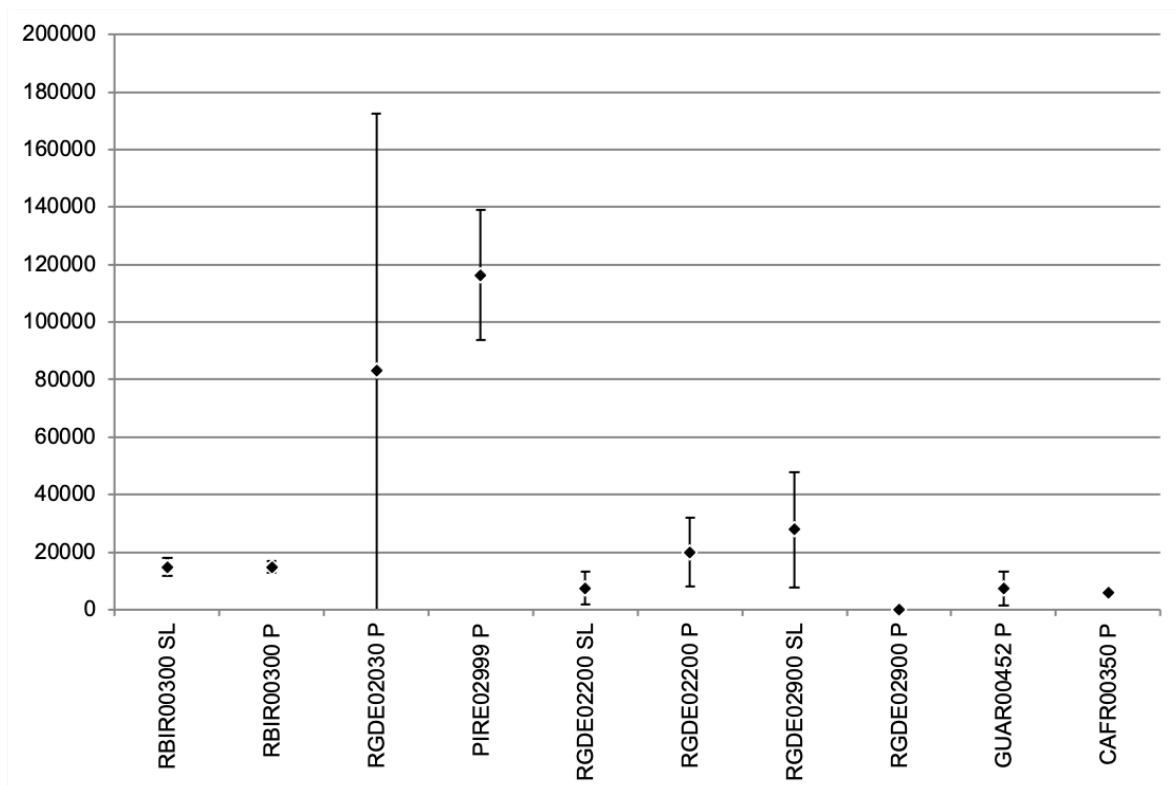
Figura 6.5 – Análise por agrupamento utilizando o índice de Bray-Curtis para as comunidades bentônicas analisadas em 2021



Primeiramente o dendrograma mostra o isolamento dos pontos, reservatório Guarapiranga, a região profunda do reservatório Rio Grande (RGDE 02900P) e Cachoeira do França (CAFR 00350P), contudo por razões distintas. A região profunda do reservatório Rio Grande apresentou densidade de organismos muito inferior aos demais pontos de coleta (Figura 6.6) e predomínio de *Chironomus*, diferentemente de outros locais. Comparativamente aos demais locais de coleta, Guarapiranga também se diferenciou por apresentar densidade de organismos relativamente baixa e dominância de Hirudinea da família Glossiphoniidae. Por fim, o ponto do reservatório Cachoeira do França (CAFR 00350P) também ficou isolado na análise. O local, assim como os anteriores apresentou densidade relativamente baixa de organismos, e sua comunidade apresentou maior Riqueza, inclusive de organismos sensíveis. A maior semelhança foi obtida entre as comunidades do

reservatório Biritiba-Mirim (RBIRSL e RBIRP), ambas com Riqueza e densidade um pouco mais elevadas. Por fim, integram um último grupo, as comunidades do reservatório do Rio Grande, que nos diferentes pontos foram agrupadas com maiores ou menores similaridades, uma vez que apresentaram grande variação nas densidades de organismos, sendo as mais elevadas encontradas nos formadores, braços do Ribeirão Pires e do Rio Grande, além da dominância de um táxon, nesses casos, sempre tolerante, e as menores no ponto da captação, corroborando as classificações obtidas de qualidade entre Ruim e Regular.

Figura 6.6 – Densidades médias de organismos (ind.m⁻²) da macrofauna bentônica e respectivos desvios-padrão



Por meio de uma analogia entre as classes de uso dos corpos de água e a classificação do ambiente com o emprego do ICB_{RES-SL} , presume-se que para ambientes com metas previstas para a classe 1 da Resolução Conama nº 357 (Brasil, 2005), a qualidade refletida pela comunidade de macroinvertebrados fosse Ótima ($ICB=1$). Do mesmo modo, a classificação Ruim ($ICB=4$) pela biota, deveria ocorrer apenas em ambientes enquadrados como Classe 4. Embora essa analogia não seja aplicável para dados da região profunda de reservatórios, visto que essa é voltada para a avaliação da qualidade dos sedimentos e não da água, objeto da referida Resolução, sob condições de menor profundidade, em que foi empregado o índice da região sublitoral, foi também utilizada essa analogia. Ressalte-se ainda que o enquadramento legal dos corpos de água é focado no uso antrópico, considerando a manutenção da vida aquática nas Classes Especial, 1 e 2 e sem esse compromisso no que tange as classes 3 e 4.

Quadro 6.5 – Qualidade ecológica dos corpos de água medida pelo ICB com relação ao seu enquadramento (* dados de profundal rasa)

Atende ao enquadramento	Não atende ao enquadramento
	RBIR 00300
	RGDE 02200
	RGDE 02900
	RGDE 02030*
	PIRE 02999*
	GUAR 00452*

Legenda: Diferença de:

uma classe de enquadramento

duas classes de enquadramento

Com base no critério acima e no Quadro 6.5, verifica-se que em 2021 em nenhuma localidade a classificação com base no ICB correspondeu ao esperado para o enquadramento do corpo de água. A maioria dos pontos situados no reservatório Rio Grande diferiram em uma classe do enquadramento. No reservatório Biritiba-Mirim idem, contudo cabe ressaltar que este é enquadrado como Classe Especial, devido ao uso preponderante do reservatório para abastecimento. O reservatório Guarapiranga e o braço do Ribeirão Pires no reservatório Rio Grande estão, a partir do diagnóstico com o ICB, duas classes distantes do enquadramento.

6.2.3.1. 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. Qualquer forma de transporte fluvial e de transposição de águas entre bacias é potencial dispersor 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.

Em 2021 apenas no reservatório Rio Grande (RGDE 02030), ponto próximo à foz do Rio Grande foi registrada a ocorrência de *Lumbriculus variegatus* (Annelida – Lumbriculidae). *L. variegatus* é uma espécie amplamente distribuída no hemisfério norte (América, Europa e Ásia), introduzida posteriormente no sul da

África, Oceania e por fim, América do Sul (Marchese *et. al*, 2015). Vive preferencialmente em águas rasas, ricas em vegetação, matéria orgânica e sedimento fino, habitando ambientes lóticos ou lênticos (Marchese *et. al*, 2015). Há registros da espécie em Minas Gerais e Campos do Jordão (Sanches *et. al*, 2021), mas incertezas quanto a forma de introdução da espécie no Brasil, sendo uma das hipóteses o aquarismo, transportada em plantas aquáticas ou como alimento vivo para peixes (Marchese *et. al*, 2015).

A espécie tem importância sanitária, pois é hospedeiro intermediário do parasita *Diectophyme renale*, que afeta principalmente mamíferos domésticos ou silvestres.

Seu caráter invasor ainda é motivo de avaliação, e a baixa densidade do organismo no reservatório Rio Grande não sugere que sua presença cause impacto sobre a fauna nativa.

6.3 ENSAIOS BIOANALÍTICOS

6.3.1 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, muito 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.

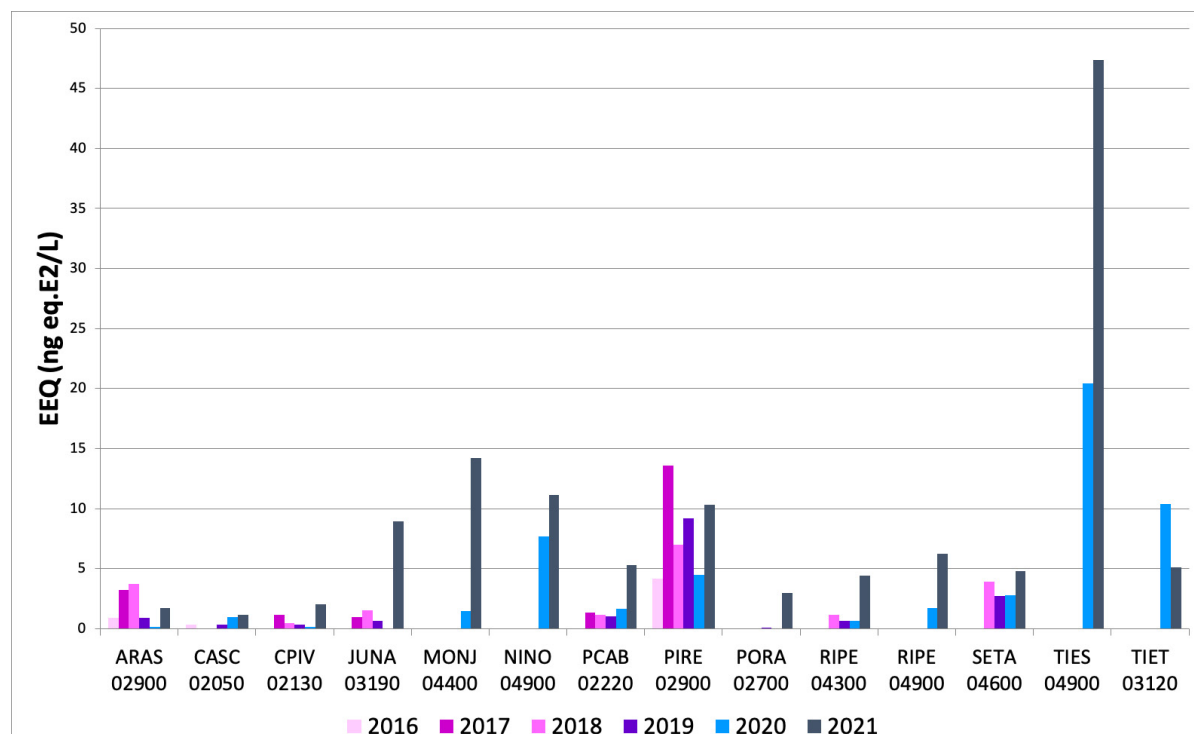
A CETESB utiliza o ensaio biológico BLYES (*Bioluminescent yeast screen*) para determinação de atividade estrogênica, avaliando a presença de uma classe de interferentes endócrinos, dos compostos capazes de ligarem-se ao receptor de estrógeno. O BLYES é um teste *in vitro* que utiliza uma linhagem da 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 comparada a uma substância referência, no caso o hormônio natural 17-beta-estradiol (EEQ: equivalentes de estradiol, o mesmo que ng eq. estradiol/L).

Dentre os 29 locais avaliados em 2021, 15 apresentaram atividade estrogênica média anual menor que 1,0 EEQ, atividade que pode ser considerada baixa. Esses locais e resultados estão na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Locais que apresentaram atividade estrogênica abaixo de 1,0 EEQ em 2021

UGRHI	Ponto	Corpo de água	Atividade estrogênica média (EEQ)
4	PARD 02600	Rio Pardo	0,28
5	CMDC 02300	Rio Camanduçaia	0,34
6	COGR 00900	Reservatório das Graças	<0,10
6	JNDI 00500	Reservatório 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 6.5 apresenta a atividade estrogênica média dos 14 pontos avaliados em 2021 que apresentaram atividade média acima de 1,0 EEQ comparados ao seu histórico.

Gráfico 6.5 – Atividade estrogênica média nos locais avaliados em 2021

O corpo de água reservatório Edgard de Souza (TIES 04900) apresentou atividade estrogênica média mais elevada, 47,3 EEQ, tendo apresentado 129 EEQ de atividade estrogênica em junho de 2021.

O local está sob influência do lançamento do efluente tratado da ETE Barueri, apresentando níveis elevados de cloreto total, nitrogênio total, carbono orgânico total e *E. coli*, condizentes com áreas impactadas pelo lançamento de esgotos com ou sem tratamento. O mesmo se repete no rio Monjolinho (MONJ 04400) e ribeirão dos Meninos (NINO 04900) que também apresentaram atividade estrogênica elevada.

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, sendo um indício de que o ensaio esteja detectando compostos oriundos de esgoto doméstico, como hormônios naturais ou sintéticos, nesses locais.

6.3.2 Determinação da atividade glicocorticoide (ensaio GR-CALUX)

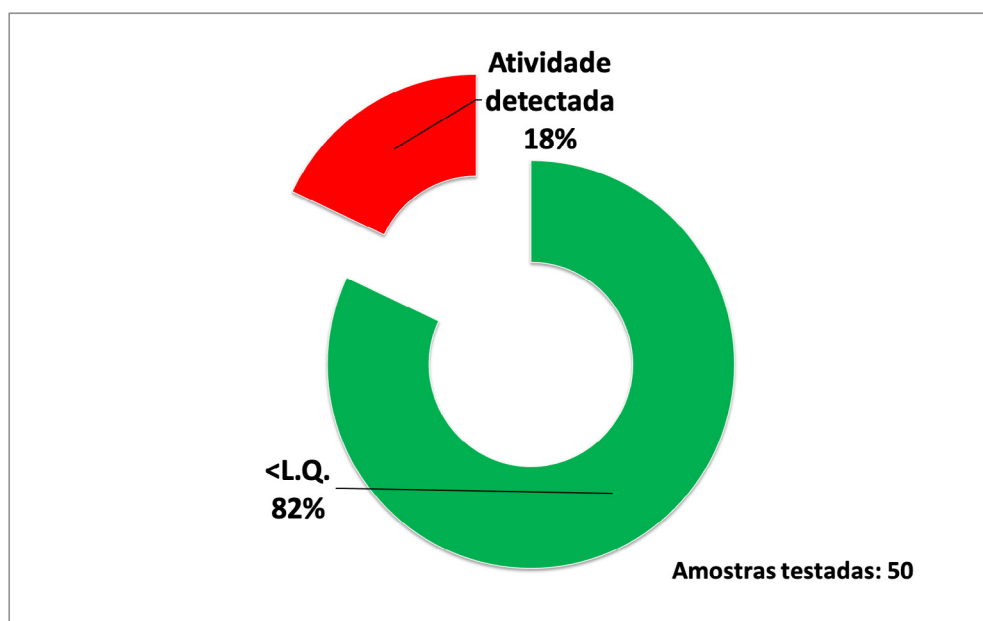
Dentre a classe dos contaminantes emergentes, os fármacos têm sido alvo de grande preocupação ambiental internacional nas últimas décadas. Apesar da crescente quantidade de estudos que demonstram o potencial impacto dessas substâncias na biota aquática nas últimas décadas, seus efeitos adversos ainda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

Os glicocorticoides são uma classe de corticoides, que são hormônios esteroides naturalmente produzidos pelo organismo (como o cortisol) ou seus compostos sintéticos. Por ter 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 reumatoide, alergias, doenças de pele, além de possuírem 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.

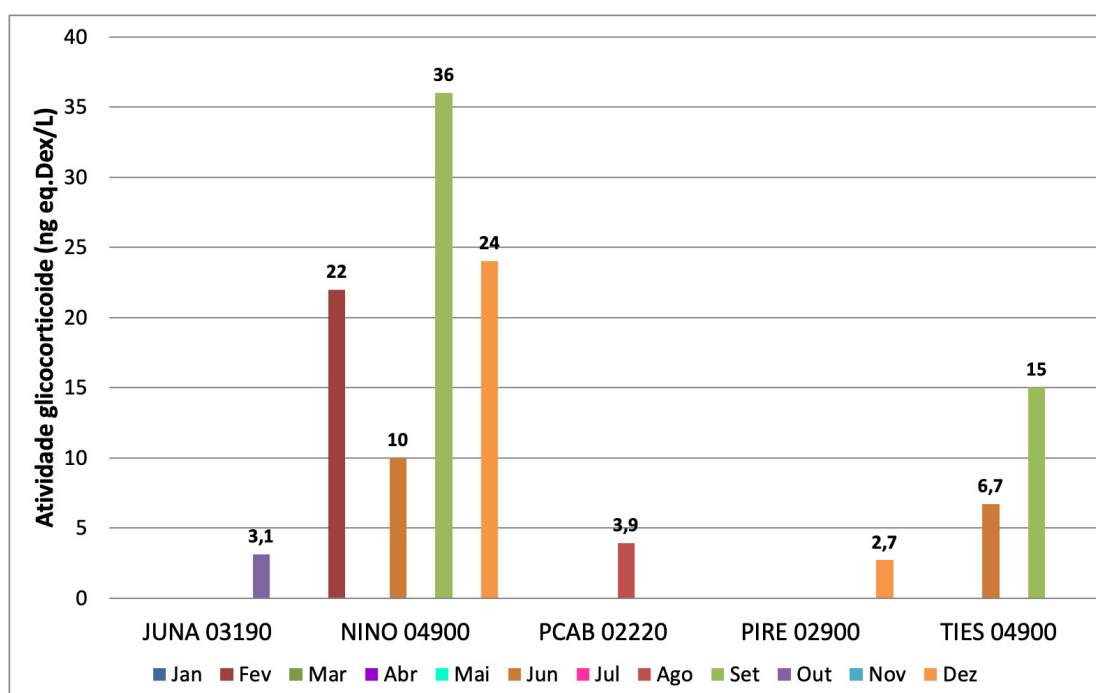
A CETESB emprega o ensaio GR-CALUX (*Glucocorticoid response – Chemical activated luciferase expression*) para avaliação da atividade glicocorticoide. O ensaio *in vitro* utiliza células de osso humano, geneticamente modificadas com a inserção do receptor glicocorticoide (GR) para a detecção dessa classe de compostos (agonistas capazes de se ligar ao receptor). Quando existe a 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 2021, além de captações (CASC 02050, CPIV 02130, PCAB 02220, PORA 02700) foram avaliados locais onde há monitoramento da presença de agrotóxicos (RICO 02600, RIPE 04300, SETA 04600) e locais a jusante de lançamento de esgoto in natura ou tratado (ARAS 02900, ARAS 03400, JUNA 03190, NINO 04900, PIRE 02900, TIES 04900, TIET 03120).

O Gráfico 6.6 apresenta o percentual de amostras testadas em 2021 que apresentaram atividade glicocorticoide detectável no ensaio GR-CALUX.

Gráfico 6.6 – Percentual de amostras com atividade glicocorticoide detectada em 2021

O Gráfico 6.7 apresenta os resultados das amostras avaliadas em 2021 nos locais onde houve atividade glicocorticoide detectável. Os pontos ARAS 02900, ARAS 03400, CASC 02050, CPIV 02130, JNDI 00500, PORA 02700, RICO 02600, RIPE 04300, SETA 04600, TIET 03120 não apresentaram atividade em nenhuma amostragem em 2021.

Gráfico 6.7 – Atividade glicocorticoide das amostras testadas em 2021

O ribeirão dos Meninos (NINO 04900), localizado na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, voltou a apresentar atividade glicocorticoide detectável, desta vez em todas as amostragens do ano. O

corpo de água 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) a partir do qual efeitos adversos podem ser esperados, tanto para a saúde humana como ambiental.

6.4 VIGILÂNCIA AMBIENTAL DE SARS-CoV-2

O monitoramento de SARS-CoV-2, agente causador da COVID-19, teve início em abril de 2020 e passou a integrar as atividades de vigilância ambiental de microrganismos patogênicos realizado pela CETESB em parceria com o Centro de Vigilância Epidemiológica da Secretaria do Estado da Saúde de São Paulo (CVE-SES-SP) e a SABESP. Esse programa, iniciado na década de 1970, envolve principalmente atividades relacionadas à vigilância ambiental de microrganismos patogênicos entéricos transmitidos pela água (p.ex. poliovírus, vírus da Hepatite A, norovírus, *Vibrio cholerae*, salmonela).

Apesar de não haver evidências de transmissão fecal-oral ou hídrica do SARS-CoV-2, o vírus é capaz de se replicar em diversas regiões do corpo humano, incluindo células dos intestinos e rins, sendo eliminado em concentrações de 10^6 - 10^{11} cópias.L⁻¹ nas fezes (Feng et al., 2021; Kim et al., 2020; Lescure et al., 2020; Xiao et al., 2020) e 10^5 - 10^8 cópias.L⁻¹ na urina (Frithiof et al., 2020; Han et al., 2020; Jeong et al., 2020). Indivíduos infectados, sintomáticos ou assintomáticos, podem eliminar os vírus pelas fezes e urina por semanas. E embora diversos estudos tenham demonstrado a presença de SARS-CoV-2 viáveis em fezes e urina (Jeong et al., 2020, Wang et al., 2020; Xiao et al., 2020; Zhang et al., 2020; Zhou et al., 2020), ainda não há comprovação de que estejam viáveis nas amostras ambientais, como esgoto e água bruta (Giacobbo et al., 2021; Paul et al., 2021). Nessas amostras, o risco de infecção é reduzido, não somente pelo efeito da diluição da carga viral no ambiente aquático, mas também pela maior suscetibilidade dos vírus envelopados, como os coronavírus, aos fatores ambientais (temperatura, pH, luminosidade, salinidade) e à presença de substâncias antimicrobianas (detergentes, desinfetantes), quando comparados aos vírus entéricos (não-envelopados) que podem permanecer viáveis e infecciosos por diversos meses no meio ambiente.

Na presença de um grande número de casos da doença na população avaliada, como ocorre atualmente na pandemia da COVID-19, a epidemiologia baseada em esgoto (da sigla em inglês WBE – *Wastewater Based Epidemiology*) é utilizada principalmente como uma ferramenta de avaliação da tendência 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). Muitos países já implementaram um sistema ou programa nacional de vigilância de águas residuais para apoiar o governo na formulação de políticas de prevenção de epidemias para COVID-19, incluindo a Holanda (Rijksoverheid 2021), os EUA (CDC 2021; Kirby et al., 2021), o Reino Unido (Wade et al., 2022), África do Sul (NICD 2021), Japão (Takeda et al., 2021) e outros.

A CETESB iniciou o monitoramento ambiental do vírus SARS-CoV-2, tendo como principais objetivos acompanhar o comportamento de disseminação do vírus ao longo da pandemia e avaliar tendências de sua circulação nas populações de forma a gerar dados complementares a outros indicadores da vigilância

epimiológica da COVID-19 e orientar ações de saúde pública. Além do monitoramento em águas residuárias, na entrada das estações de tratamento de esgoto, que possibilita avaliar a ocorrência do vírus na população ligada a rede coletora de esgoto, também foram monitorados pontos estratégicos em rios da Bacia do Alto Tietê (BAT), 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. Neste relatório serão apresentados os resultados do monitoramento de SARS-CoV-2 em rios. Os dados do monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 realizado pela CETESB estão disponíveis no site <https://cetesb.sp.gov.br/sars-cov-2/>.

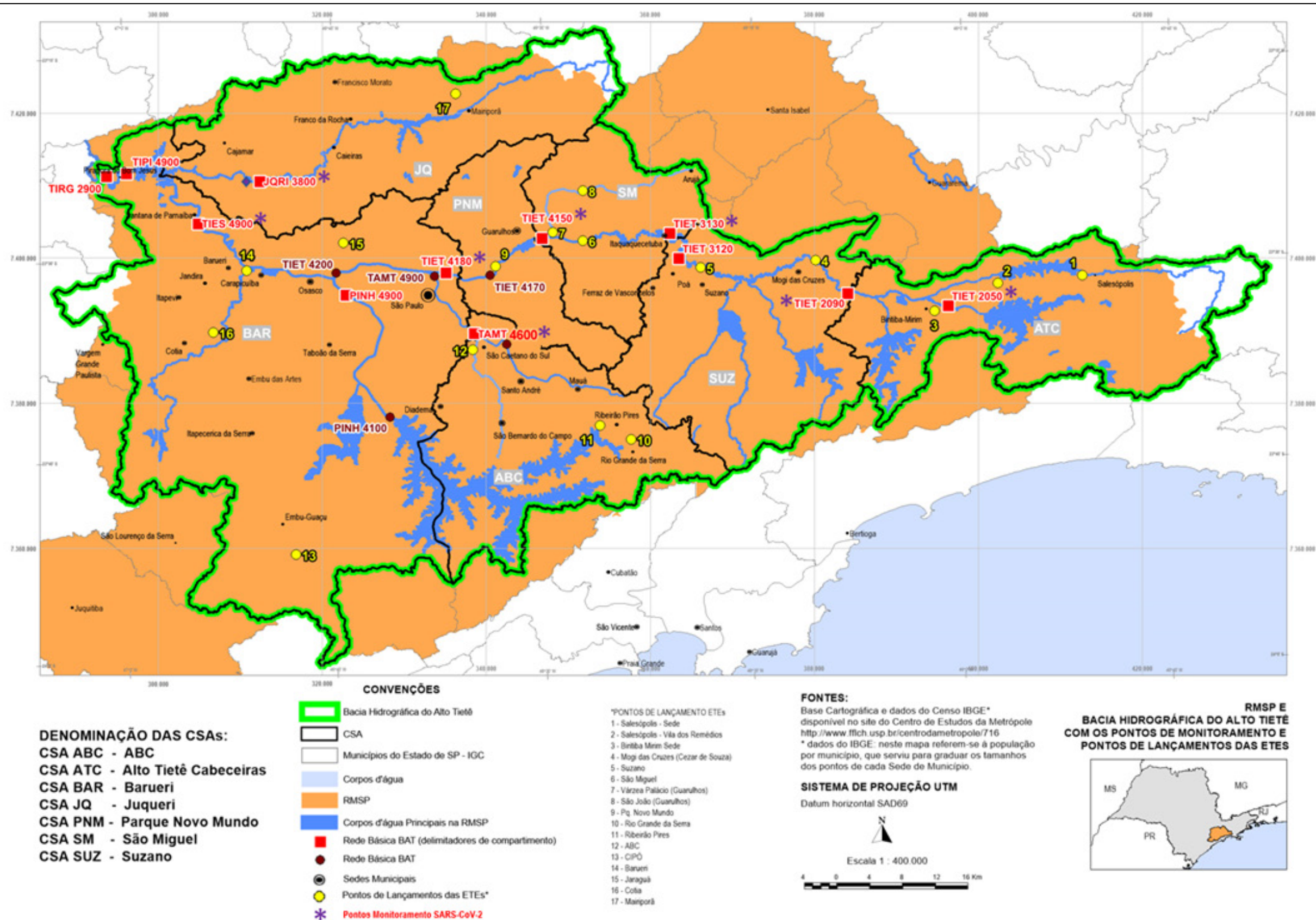
Em 2021, foram mantidos os pontos de coleta avaliados em 2020, com exceção do TIET02090 (captação de Mogi das Cruzes) que se mostrou pouco informativo por apresentar baixas concentrações de SARS-CoV-2 (CETESB, 2021). Foram monitorados 6 pontos em rios localizados na Bacia do Alto Tietê (BAT), representativos da contribuição das principais bacias de esgotamento sanitário da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP (Figura 6.7). 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. As CSAs, desenvolvidas no estudo de Oliveira (2015), foram delimitadas com base nas sub-bacias de drenagem de esgoto para as 5 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 da CSA; e Bacia do Juqueri (Tabela 6.4).

Tabela 6.4 – Pontos de monitoramento da vigilância ambiental de SARS-CoV-2 em rios que compõem 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 - São Paulo, 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 de 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
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 6.7 – Compartimentos Sanitários Ambientais (CSA) da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

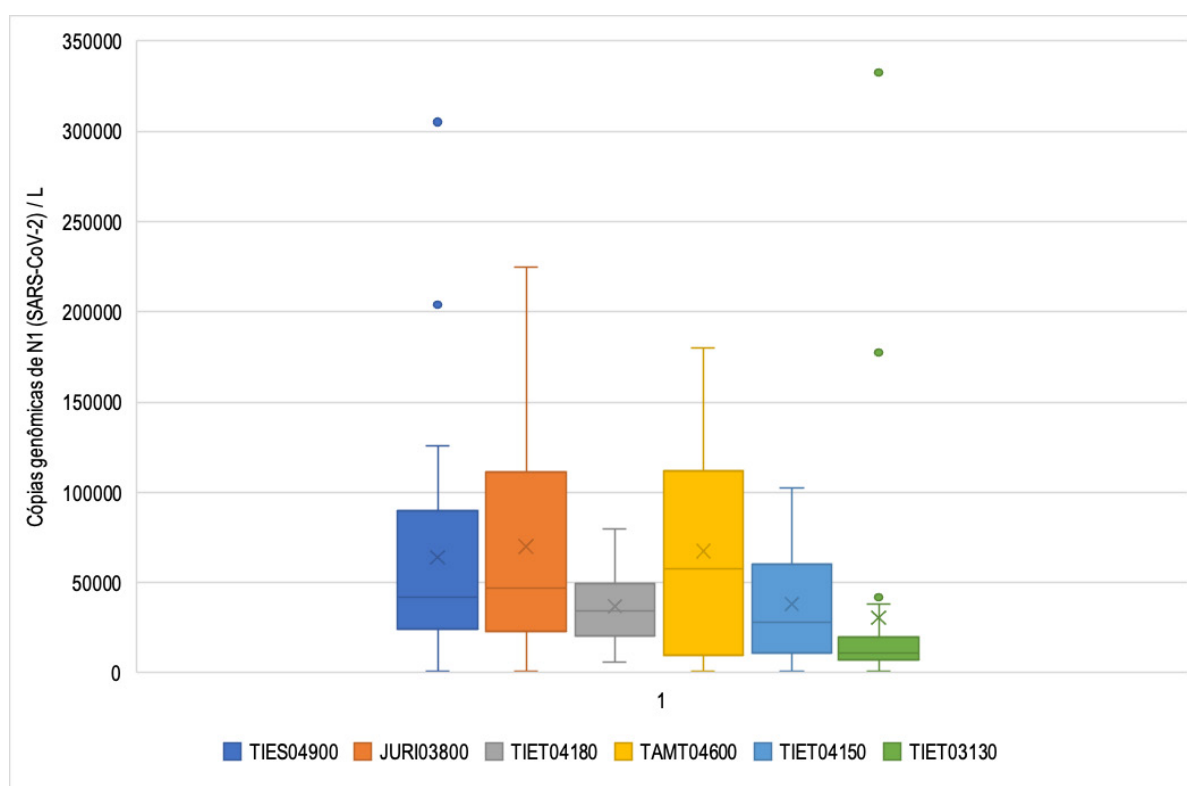


Fonte: modificado Oliveira (2015)

As amostras foram analisadas conforme protocolos descritos em Barbosa et al (2022). Após concentração dos vírus pela técnica de ultracentrifugação (Pina et al., 1998), 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.

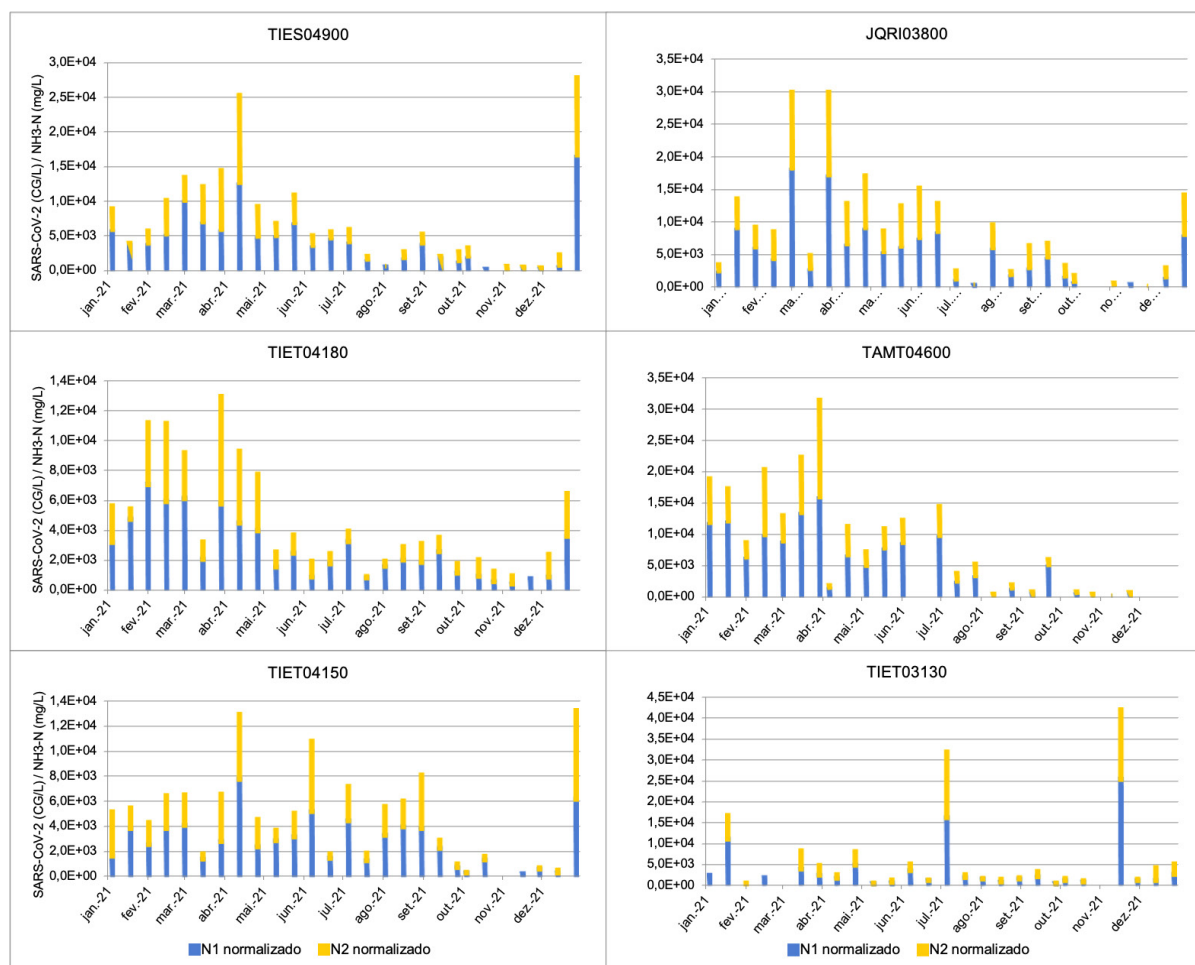
RNA de SARS-CoV-2 foi detectado em 100% das amostras coletadas nos pontos TIES 04900, TIET 04180 e TAMT 04600. Nos demais pontos, a taxa de positividade foi de 92%, sendo que as coletas das amostras com resultados abaixo do limite de detecção do método coincidiram com os meses de outubro e novembro, período de menor ocorrência da COVID-19 em 2021. Assim como no monitoramento de 2020, o ponto a jusante da ETE Suzano (TIET 03130), com a menor população contribuinte (aproximadamente 1 milhão de habitantes), apresentou as menores concentrações de SARS-CoV-2, com média de 3×10^4 CG.L⁻¹ (cópias genômicas por litro). No ponto TAMT 04600 (CSA ABC) foram registradas as maiores médias das concentrações virais nos anos de 2020 ($1,5 \times 10^5$ CG.L⁻¹) e 2021 (7×10^4 CG.L⁻¹) (Gráfico 6.8). O CSA ABC se caracteriza pela numerosa população (aproximadamente 3,5 milhões de habitantes) e pelo baixo índice de tratamento de esgoto, em torno de 30%. O segundo ponto com maiores médias anuais foi o JQRI03800, no rio Juqueri, que possui os menores índices de coleta (61%) e tratamento de esgoto (3%).

Gráfico 6.8 – Boxplot das concentrações de SARS-CoV-2 nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê, que representam as principais bacias de drenagem de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo



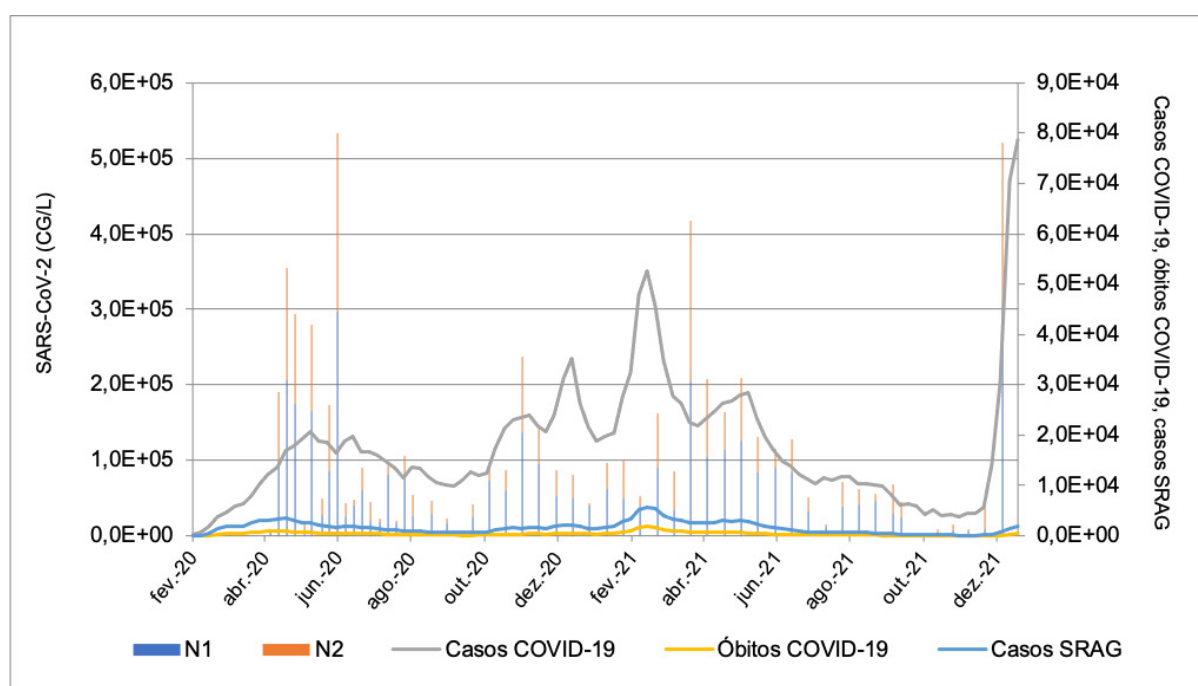
No Gráfico 6.9 são apresentadas as concentrações de SARS-CoV-2 normalizadas pelas concentrações de nitrogênio amoniacal (cópias genômicas de N1 SARS-CoV-2.L⁻¹ / mg NH₃-N.L⁻¹) ao longo do ano de 2021 nos 6 pontos de monitoramento. A normalização dos valores de concentrações de SARS-CoV-2 é importante para amenizar efeitos de fatores como diluição causada principalmente pela chuva ou variação da população responsável pela contribuição de esgoto lançado nos rios.

Gráfico 6.9 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 normalizadas pela concentração de NH₃-N nos pontos de monitoramento em rios da bacia do Alto Tietê, no ano de 2021



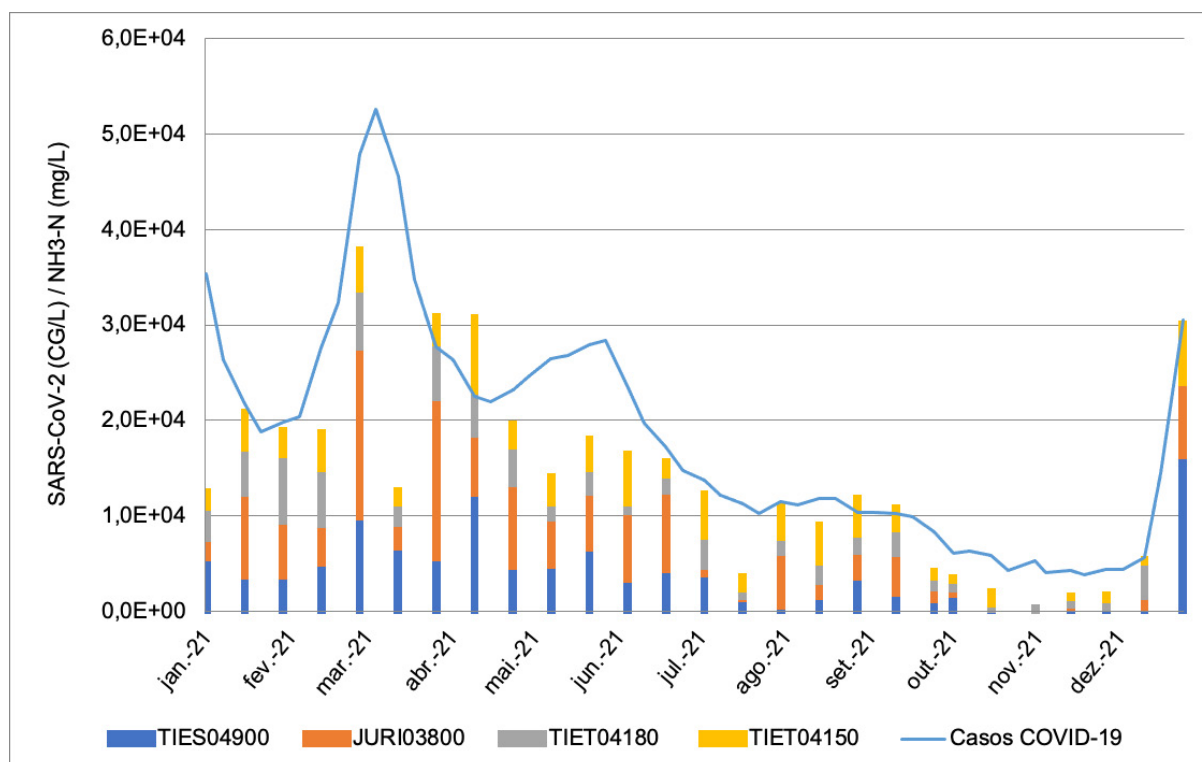
As concentrações de SARS-CoV-2 no ponto TIES04900, próximo à barragem Edgard de Souza, considerado como ponto de referência para os impactos da BAT e do CSA Barueri estão representados no Gráfico 6.10, juntamente com dados clínicos, pertencentes ao município de São Paulo, de casos confirmados de COVID-19, SRAG (síndrome respiratória aguda grave) e óbitos por COVID-19 por semana epidemiológica durante o ano de 2021. Apesar da contribuição de esgoto de outros municípios, foram contabilizados apenas os casos do município de São Paulo que representa mais de 50% da população da bacia de drenagem. Acompanhando as tendências de aumento e redução das concentrações e dados clínicos, podemos observar que no início da pandemia, dada as elevadas concentrações de SARS-CoV-2 no ambiente, tenha ocorrido a subnotificação no número de casos de COVID-19, sendo que o indicador mais adequado seria o número de casos de SRAG, pois independe dos testes laboratoriais, que podem resultar em atraso e erro de diagnóstico (CETESB, 2021). Atualmente observa-se que essa comparação seja mais adequada com o número de casos confirmados de COVID-19.

Gráfico 6.10 – Concentrações das regiões genômicas N1 e N2 de SARS-CoV-2 no ponto TIES04900 (Barragem Edgard de Souza) e número de casos novos de COVID-19, óbitos por COVID-19 e casos novos de SRAG por semana epidemiológica no município de São Paulo (Fonte casos clínicos: Painel COVID-19 – Município de São Paulo)



No Gráfico 6.11, as concentrações normalizadas de SARS-CoV-2 nos pontos TIES04900, JQRI03800, TIET04180 e TIET04150, cujas populações das CSAs pertencem majoritariamente ao município de São Paulo, são apresentadas juntamente com os casos confirmados de COVID-19 (por início de sintomas) notificados na cidade longo do ano de 2021.

Gráfico 6.11 – 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 por semana epidemiológica no município de São Paulo (Fonte do nº de casos de COVID-19: Painel COVID-19 – Município de São Paulo)



Ressalta-se que a correlação das concentrações de SARS-CoV-2 nos rios com o número de casos da COVID-19 nas populações das regiões estudadas representa um grande desafio, uma vez que as contribuições de esgoto nos rios são muito heterogêneas, dependentes de diferentes variáveis, a exemplo da vazão, pluviosidade, eficácia do tratamento de esgoto, além da dificuldade em se estimar a população sem serviço de coleta e/ou tratamento de esgoto.

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 definidas pelo Plano São Paulo (<https://www.saopaulo.sp.gov.br/planosp/>), 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) (Bettels 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.

Apesar dos inúmeros fatores de influência, estudos em diversas partes do mundo demonstraram a efetividade desse tipo de vigilância ao correlacionarem de forma positiva e significativa as cargas virais observada em rios com o número de casos de COVID-19 nas comunidades (Iglesias et al., 2021; Kumar et al., 2022; Jakariya et al., 2022; Mota et al., 2021; Zarza et al., 2022).

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. Pela avaliação temporal das concentrações virais foi possível observar uma tendência que acompanha as flutuações nos números de casos de COVID-19, demonstrando ser uma ferramenta sensível e informativa principalmente em comunidades onde os recursos para o diagnóstico clínico são limitados e os sistemas de notificação são ausentes ou ineficientes. Os resultados do monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 também podem auxiliar na adoção e avaliação da eficácia de medidas de contenção da pandemia da COVID-19, e até mesmo ser empregado como um sistema de alerta ao reaparecimento da doença em uma determinada área.

7 • Avaliação por Corpo de Água

A avaliação dos principais corpos hídricos do estado de São Paulo, em 2021, foi realizada por meio dos perfis longitudinais do IQA, 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 2016 a 2020. 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.

Os valores de 2021 estão representados em barras coloridas, de acordo com a classificação dada pela média anual do IQA e IAP, 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.

O 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 IAP avalia a qualidade da água para fins de abastecimento público.

Cabe esclarecer que, devido ao número reduzido de análises do teste de toxicidade crônica, em razão da pandemia, não foi possível a determinação da média anual do IVA em vários pontos, portanto, o perfil desse índice nos principais corpos hídricos do estado de São Paulo não será apresentado nesse relatório.

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 2021.

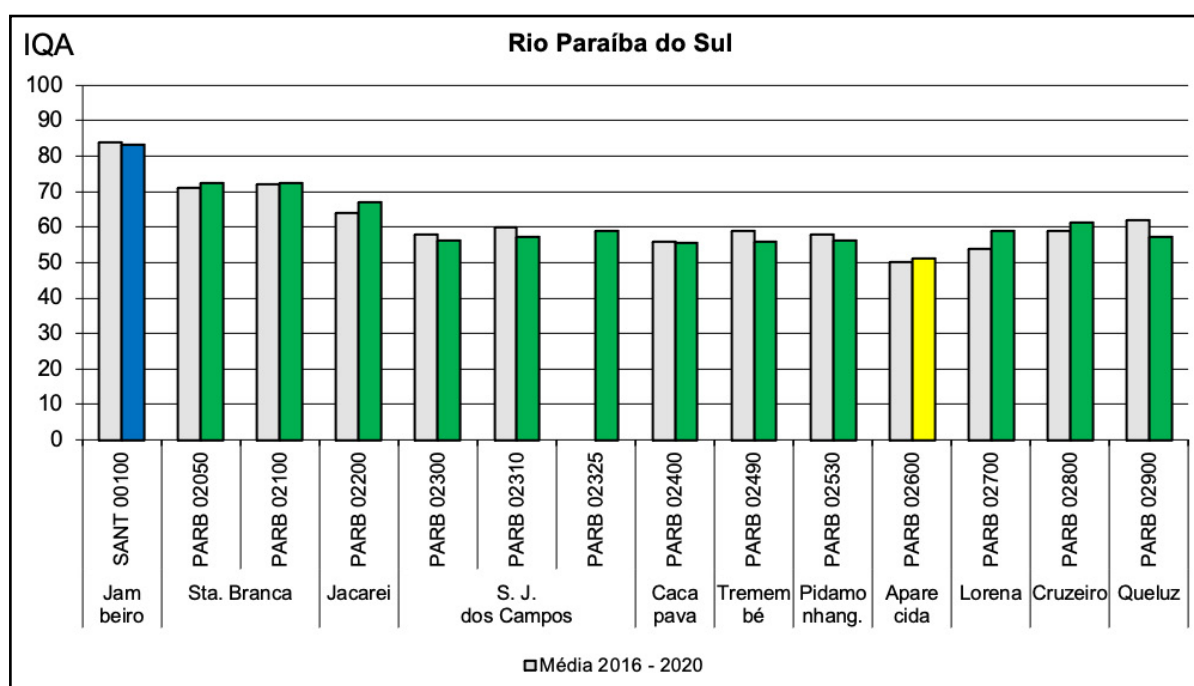
A análise integrada entre os aspectos de qualidade e de quantidade (vazão) foi realizada em corpos hídricos onde existem postos fluviométricos próximos ou coincidentes com os pontos de qualidade e consta no [Apêndice O](#).

7.1 UGRHI 2 – Rio Paraíba do Sul

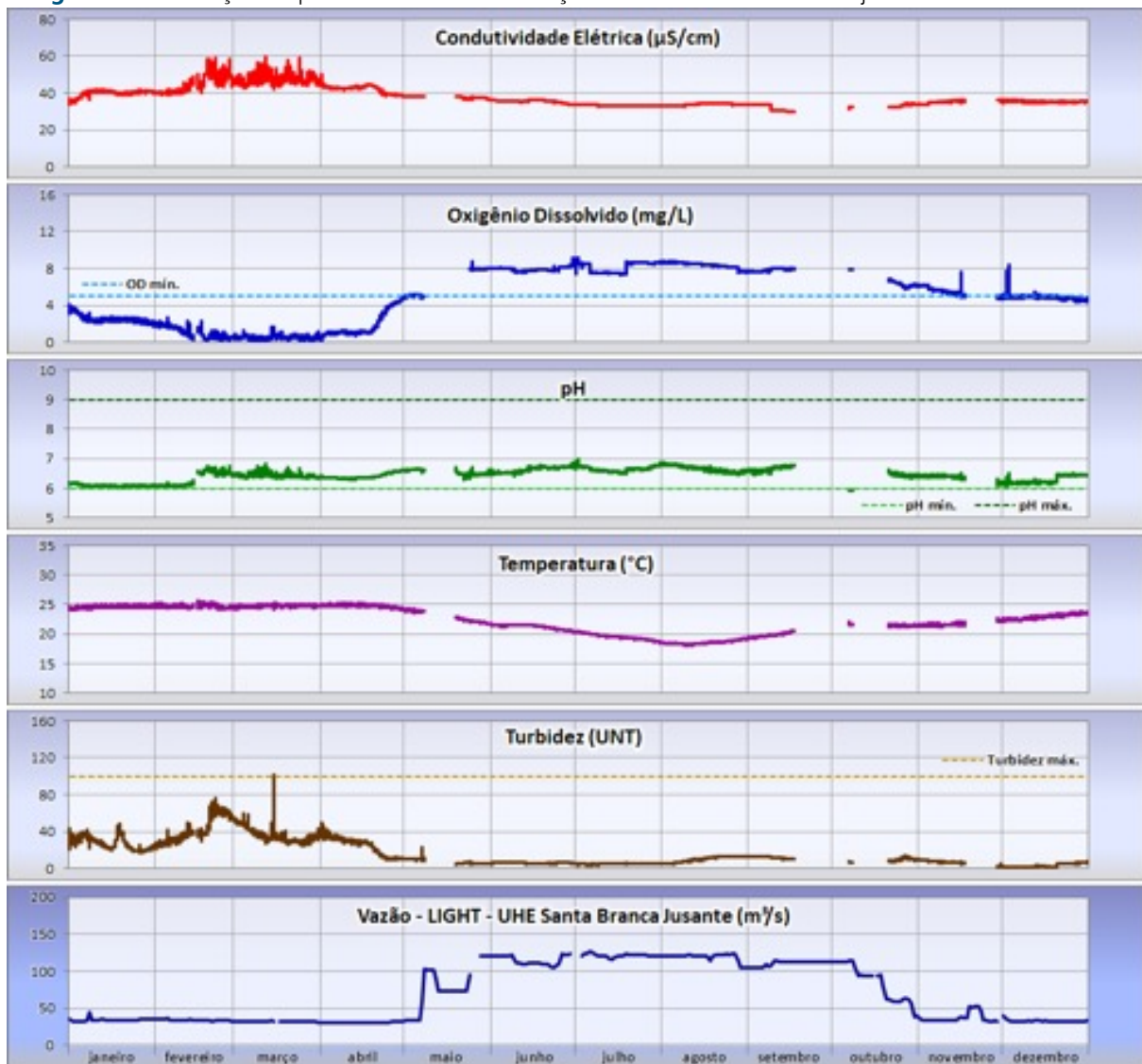
7.1.1 Rio Paraíba do Sul

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 2021, a qualidade desse rio nos trechos avaliados foi similar à média histórica de 2016-2020 com IQA classificado na categoria Boa. A classificação Regular no trecho a jusante de Aparecida, semelhante à média histórica, foi influenciada por maiores concentrações de *E. coli* e Fósforo Total nas campanhas de fevereiro e outubro.

Gráfico 7.1 – Perfil do IQA ao longo do rio Paraíba do Sul em 2020 e nos últimos cinco anos

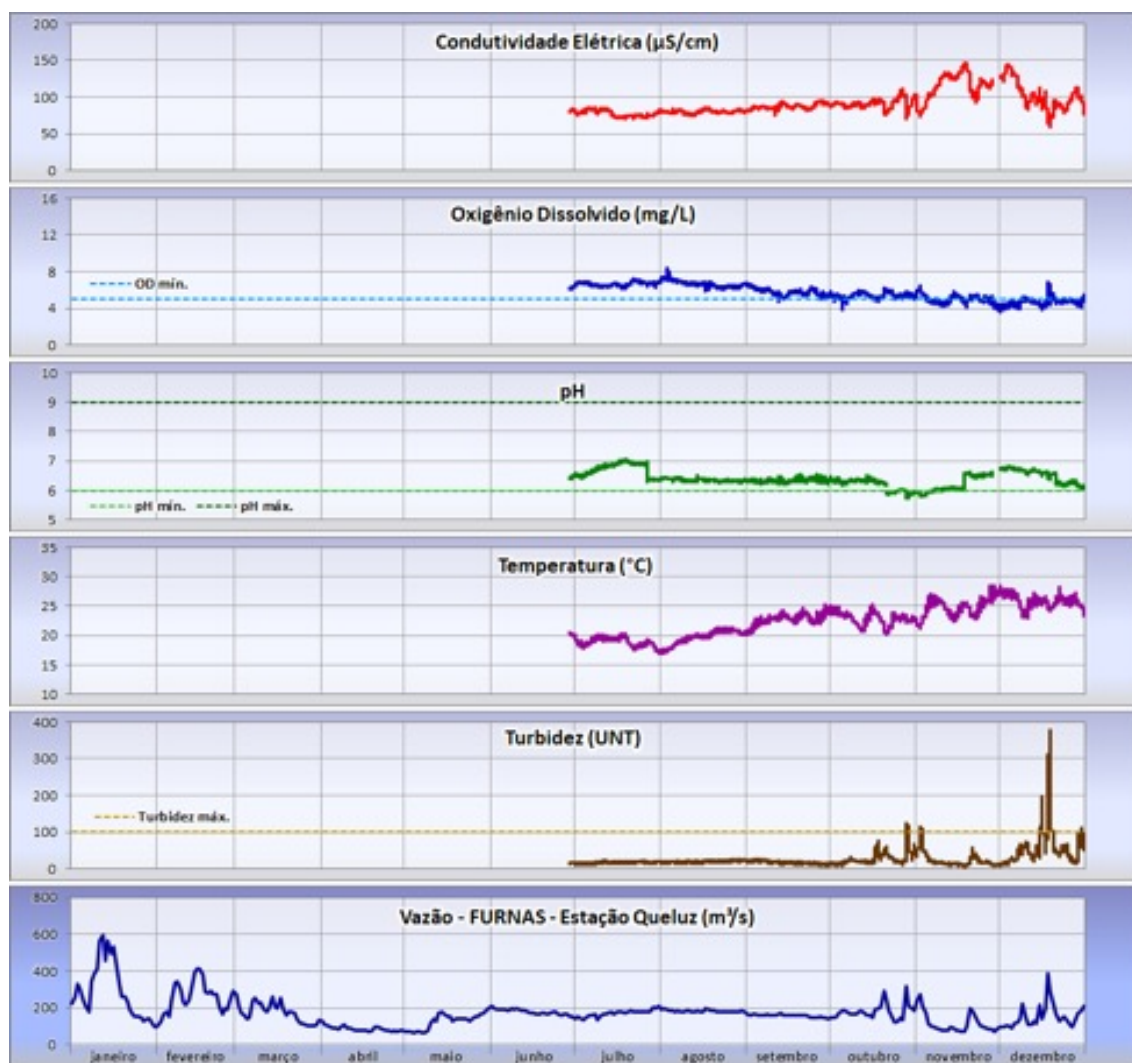


A Figura 7.1 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Santa Branca em 2021.

Figura 7.1 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Santa Branca de janeiro a dezembro de 2021

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. Entretanto, em 2021, o Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão de qualidade para rios Classe 2 em apenas 52% 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 praticamente todo o tempo.

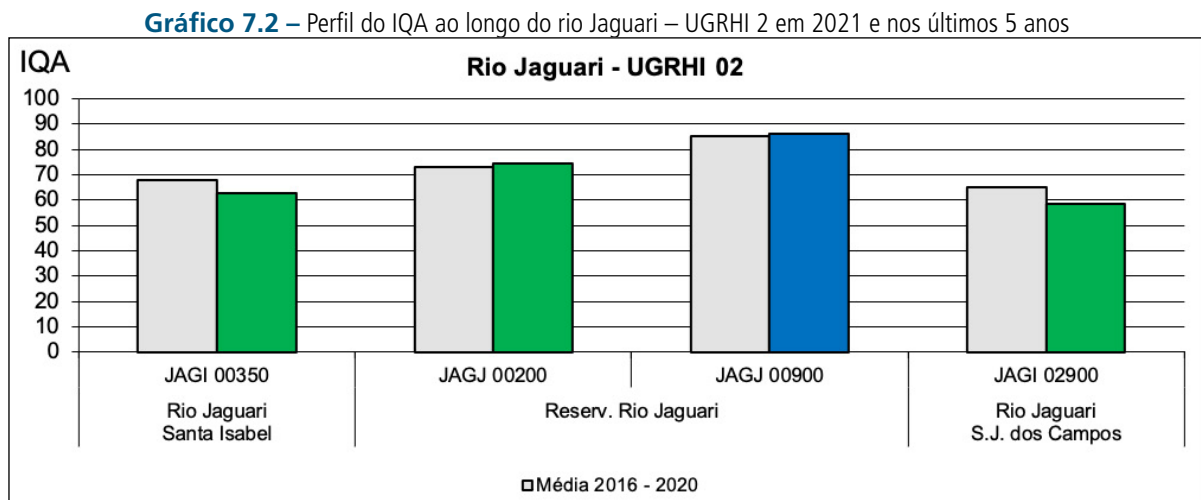
A Figura 7.2 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Queluz em 2021.

Figura 7.2 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Queluz de janeiro a dezembro de 2021

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. Devido a problemas técnicos, essa estação operou apenas no segundo semestre de 2021. Os valores de Oxigênio Dissolvido e pH atendem ao padrão de qualidade para rios Classe 2 em, respectivamente, 77 e 92% do período monitorado. A Condutividade Elétrica variou entre 50 e 150 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Apesar de atender ao padrão em 98% do tempo, a Turbidez apresenta picos superiores a 100 UNT, coincidentes com os incrementos de vazão, indicativo de que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas poluidoras difusas ao rio.

7.1.2 Rio Jaguari – UGRHI 2

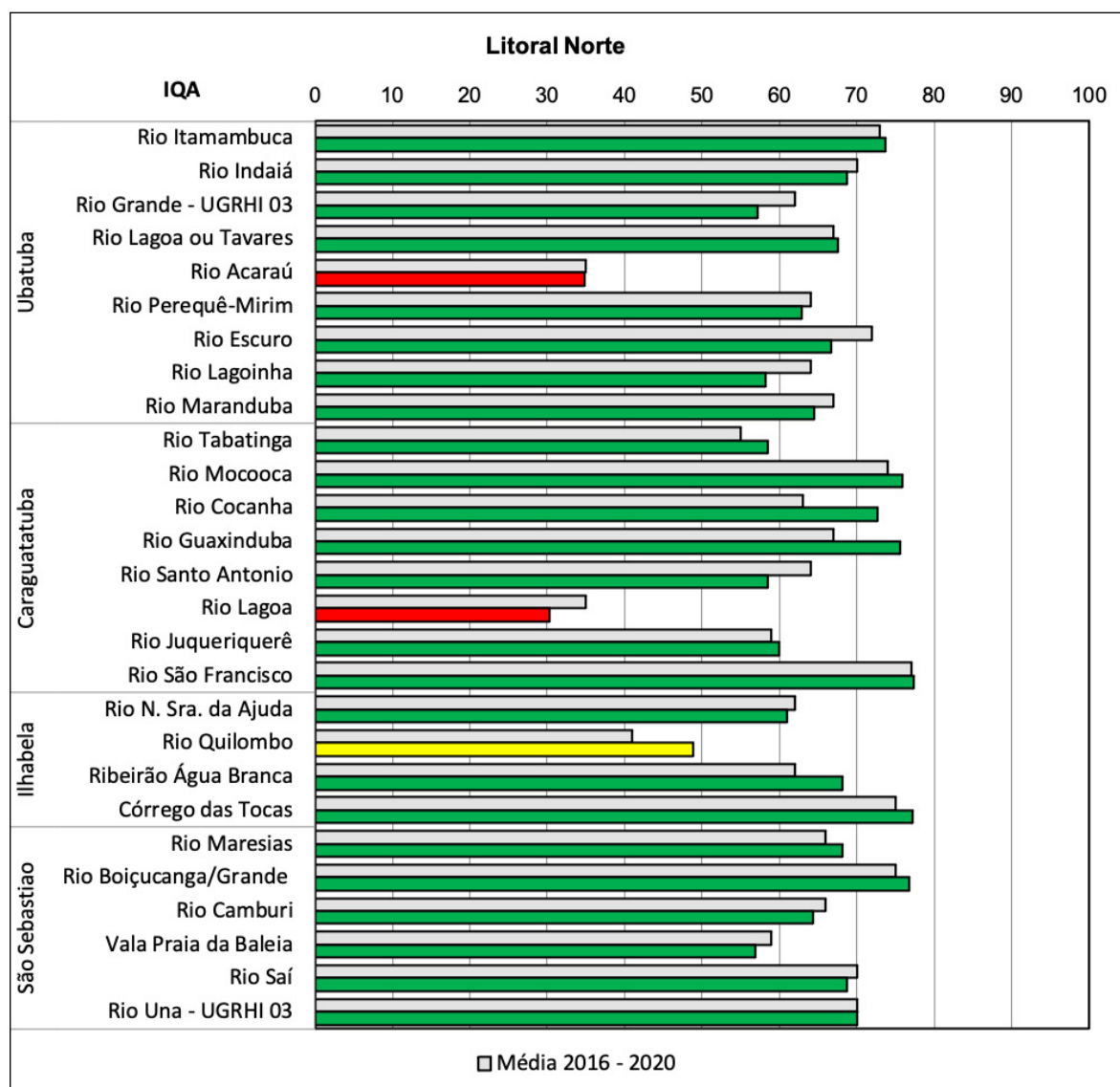
O Gráfico 7.2 apresenta o perfil do IQA para o rio Jaguari (montante e jusante do reservatório) e para pontos localizados no reservatório Jaguari, objeto de transposição das águas para o reservatório Atibainha na UGRHI 5. Em 2021, a qualidade da água apresentou classificação Boa a Ótima em todos os pontos, mantendo a qualidade observada no ano anterior 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 2021. Dos 27 cursos de água que deságuam nas praias do Litoral Norte, apenas 3 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 3 pontos vem se mantendo desde 2016. As Classificações Ruim e Regular do IQA foram influenciadas pelo lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, inclusive de áreas irregularmente ocupadas.

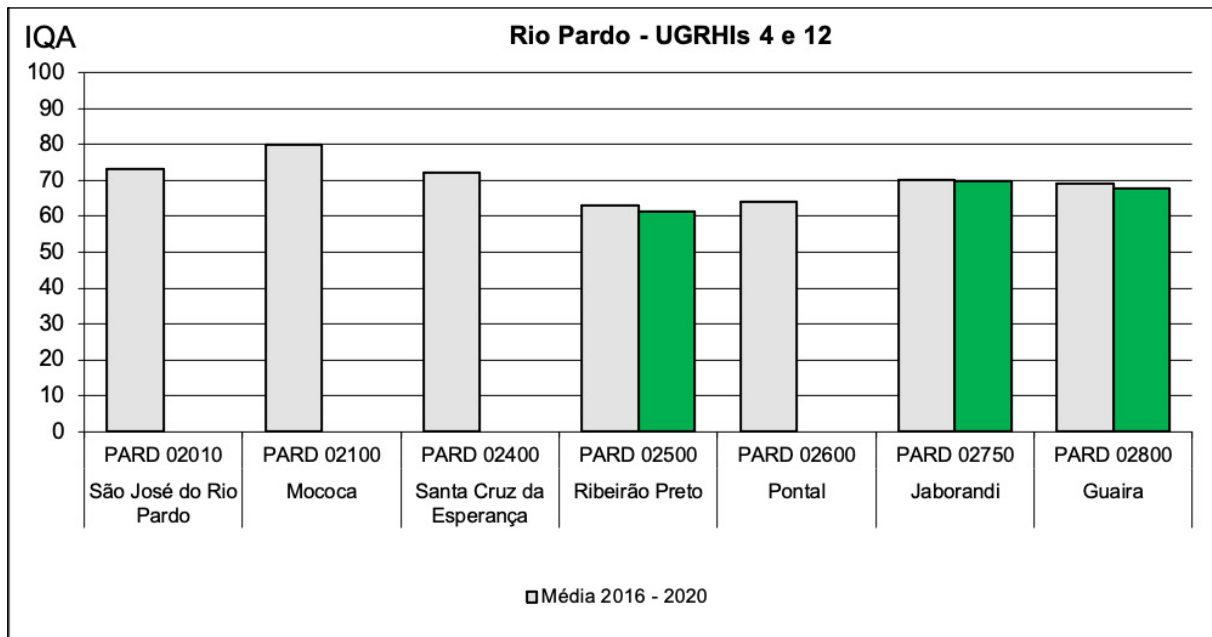
A falta de rede de drenagem municipal associada a ocupações irregulares, além de lançamentos irregulares e o uso inadequado de fossas sépticas, representam os maiores problemas, em termos de qualidade das águas, para os municípios da UGRHI 3. Portanto, a universalização da coleta e tratamento de esgotos 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 2021 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 2021. A qualidade das águas no ribeirão Preto (UGRHI 4) e nos rios Jaborandi e Guaíra (UGRHI 12) se manteve na classificação Boa do IQA, mantendo a mesma classificação de qualidade dos últimos 5 anos.

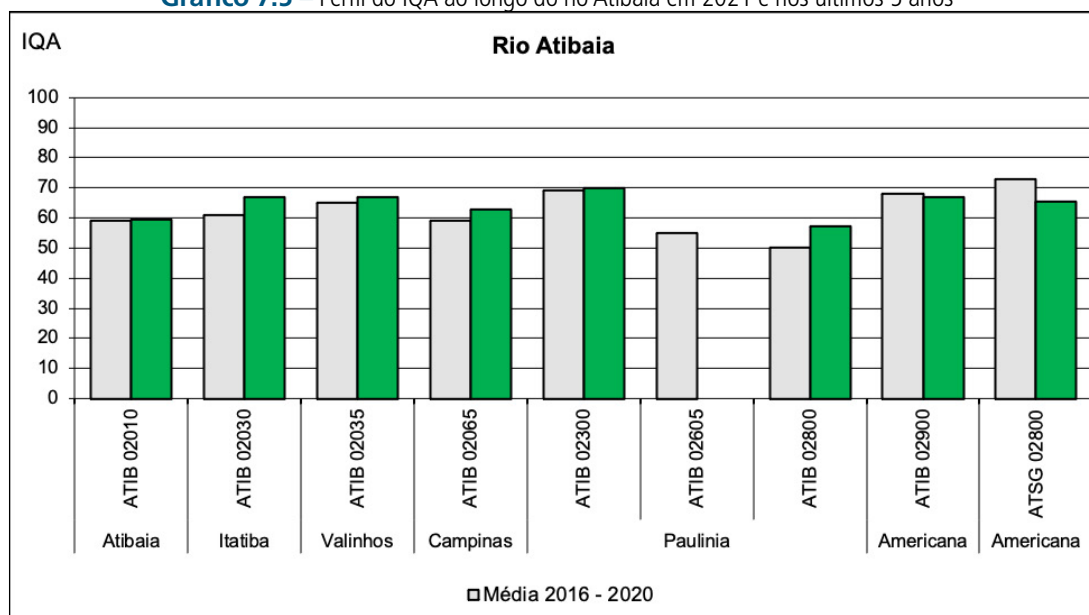
Gráfico 7.4 – Perfil do IQA ao longo do rio Pardo – UGRHIs 4 e 12 em 2021 e nos últimos 5 anos



7.4. UGRHI 5 – PIRACICABA / CAPIVARI / JUNDIAÍ

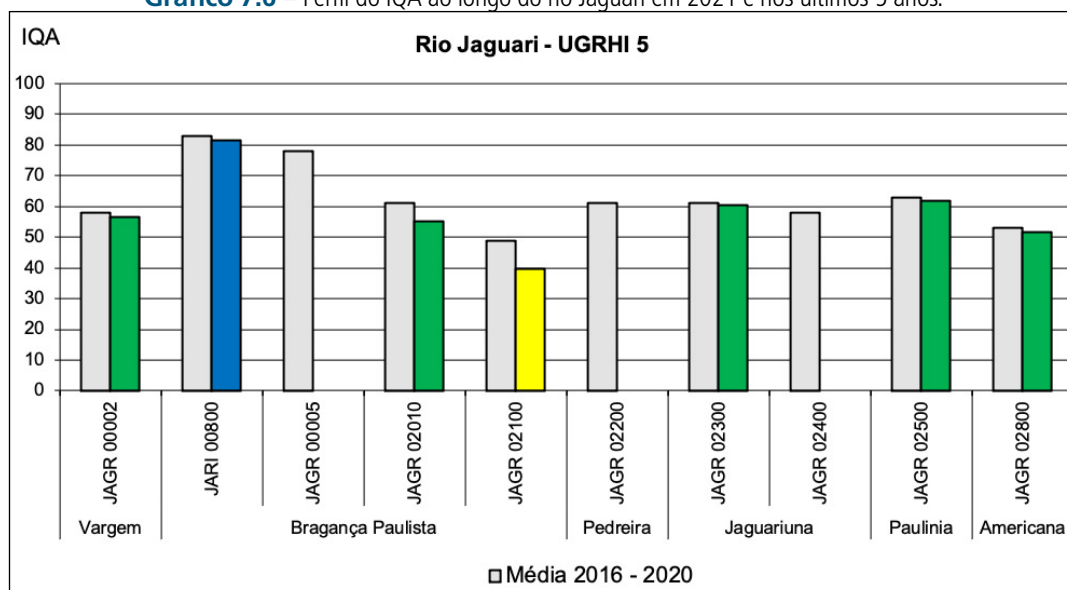
7.4.1 Rio Atibaia

O rio Atibaia em 2021 apresentou classificação na categoria Boa do IQA em toda a sua extensão, com pontuação próxima da média histórica (Gráfico 7.5). Em Itatiba e em Paulínia, na captação de Sumaré (ATIB 02800), o IQA ficou acima da média histórica, influenciado por maiores níveis de OD e menores concentrações de *E. coli* e de DBO, indicando melhora da qualidade da água nesses trechos.

Gráfico 7.5 – Perfil do IQA ao longo do rio Atibaia em 2021 e nos últimos 5 anos

7.4.2 Rio Jaguari – UGRHI 5

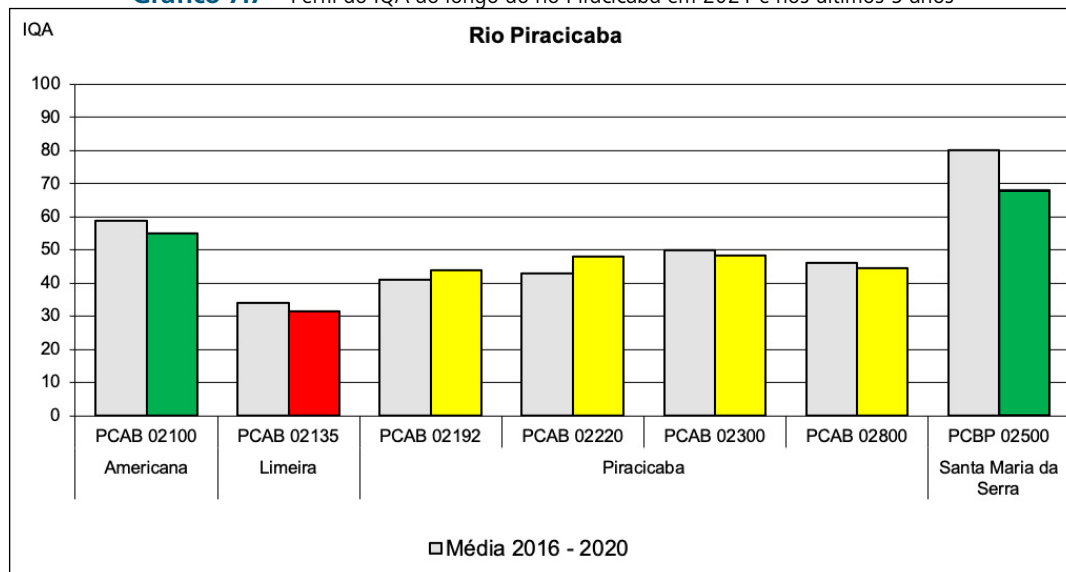
Em 2021, o rio Jaguari foi classificado na categoria Boa, com IQA próximo da média histórica em todos os trechos amostrados, com exceção no trecho a jusante de Bragança Paulista, com classificação Regular e inferior à média histórica, indicando piora da qualidade da água influenciada por baixos níveis de OD e elevadas concentrações de DBO e de *E. coli* na campanha de setembro. Ressalta-se que esse trecho se localiza a jusante da confluência com o ribeirão Lavapés, pertencente à Classe 4, com histórico de classificação Ruim para o IQA médio anual (Gráfico 7.6).

Gráfico 7.6 – Perfil do IQA ao longo do rio Jaguari em 2021 e nos últimos 5 anos.

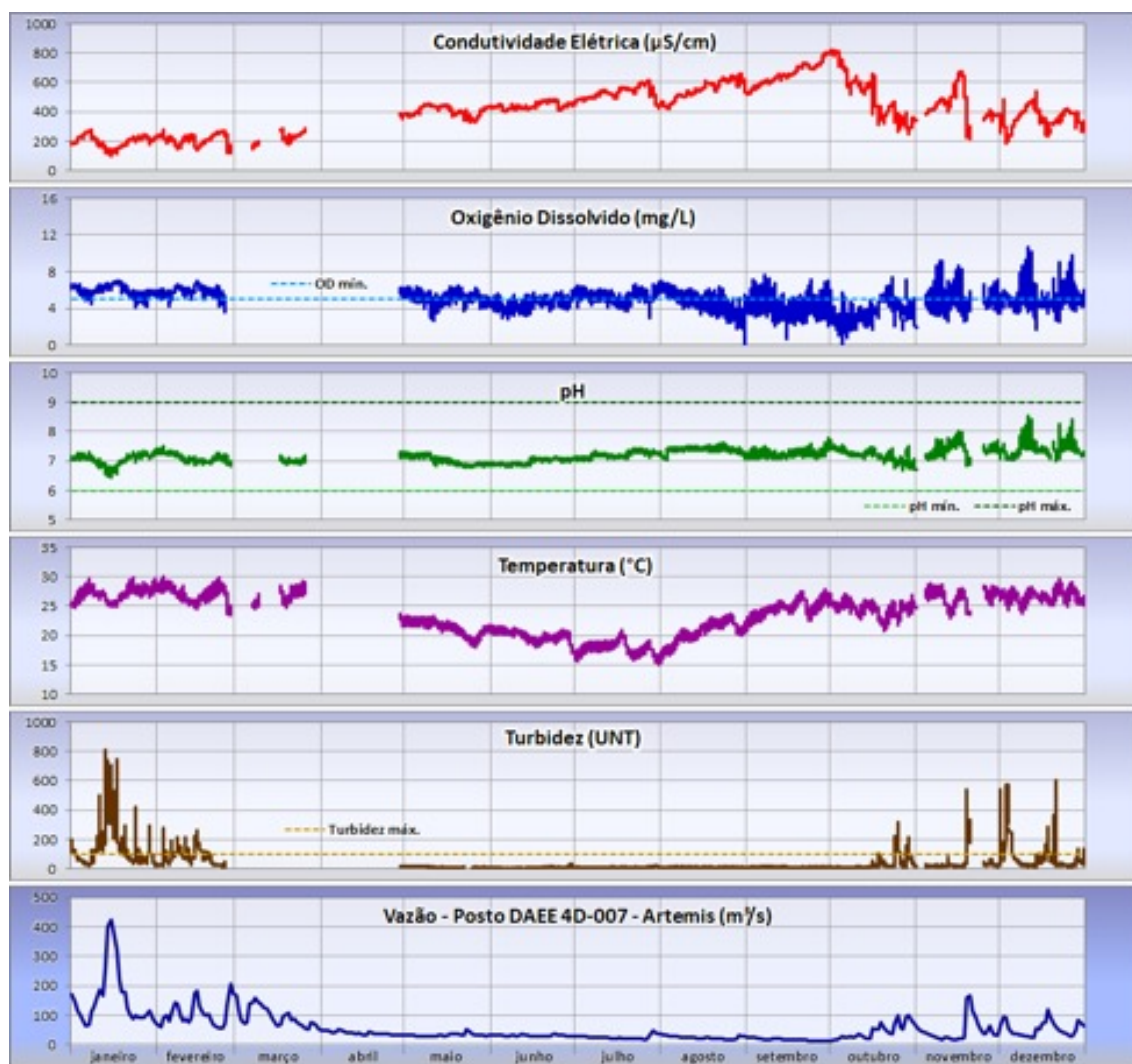
7.4.3 Rio Piracicaba

Em 2021, a qualidade do rio Piracicaba manteve a classificação Boa no trecho a jusante do reservatório de Salto Grande e qualidade predominantemente Regular nos demais trechos, não mostrando diferença expressiva da média histórica. O trecho de Limeira, que recebe contribuições dos municípios de Limeira e Sumaré, manteve a qualidade Ruim, no mesmo patamar da média histórica, influenciada por baixos níveis de Oxigênio Dissolvido e elevadas concentrações de DBO, Nitrogênio Amoniacal e de *E. coli* nas campanhas de agosto e novembro. Embora classificado na categoria Boa, o braço do rio Piracicaba apresentou piora na qualidade da água, influenciada por concentrações de DBO superiores à média histórica ao longo do ano (Gráfico 7.7).

Gráfico 7.7 – Perfil do IQA ao longo do rio Piracicaba em 2021 e nos últimos 5 anos



A Figura 7.3 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Piracicaba em 2021.

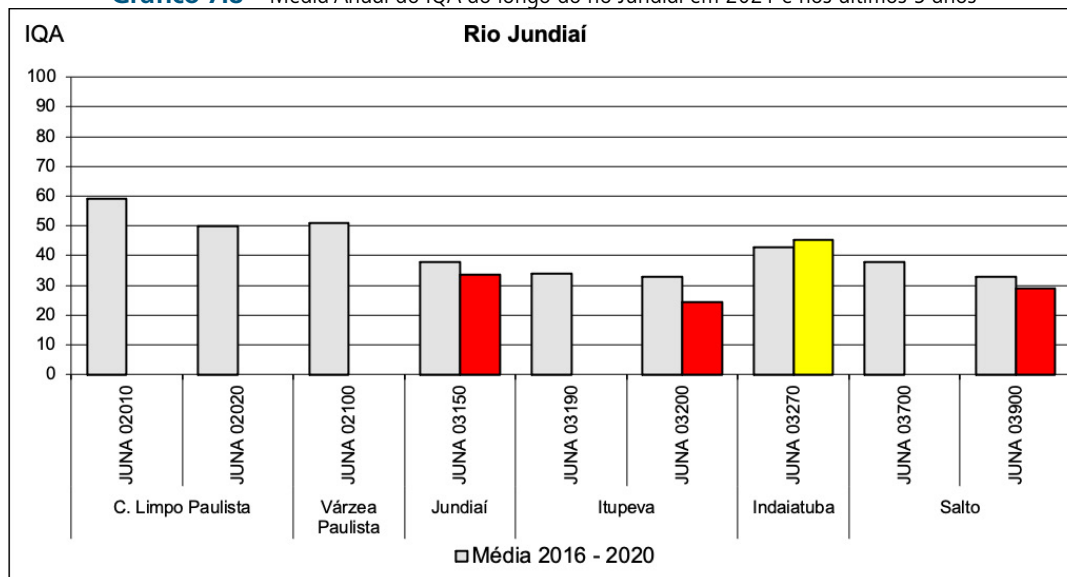
Figura 7.3 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Piracicaba de janeiro a dezembro de 2021

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 ao padrão de qualidade estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 em 56% do tempo. Em 2021, 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 $800 \mu\text{S cm}^{-1}$ no fim de setembro. Apesar de atender ao padrão em 89% do tempo, a Turbidez apresentou registros acima de 400 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 Jundiaí

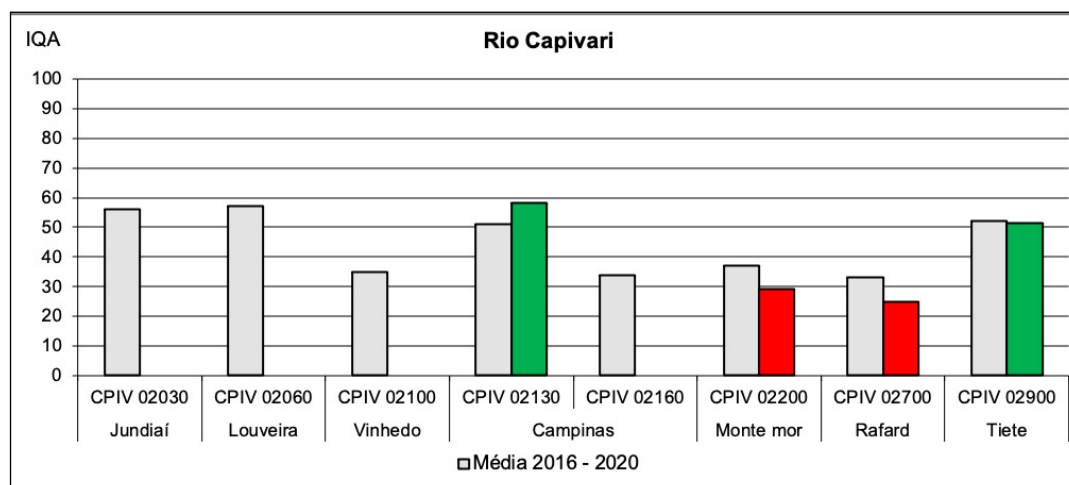
Em 2021, merece destaque a ligeira melhora no trecho que atravessa o município de Indaiatuba, que foi classificado na categoria Regular nas 3 campanhas realizadas nesse ano, com níveis de OD variando entre 6,2 e 8,4 mg L⁻¹, atendendo ao padrão da Classe 3 em 100% do tempo. Os demais trechos também atenderam ao padrão da Classe 3 para o OD na maior parte do tempo, porém apresentaram piora em relação à média histórica, principalmente em Itupeva, aonde foram registradas concentrações de DBO entre 17 e 34 mg L⁻¹ e de *E. coli* entre 104 e 105 UFC 100 mL⁻¹ ao longo do ano (Gráfico 7.8).

Gráfico 7.8 – Média Anual do IQA ao longo do rio Jundiaí em 2021 e nos últimos 5 anos



7.4.5 Rio Capivari

O rio Capivari apresentou melhora no trecho em Campinas, que passou da categoria Regular, na média histórica, para a Boa em 2021, influenciado por níveis mais elevados de OD (acima de 5,0 mg L⁻¹) nos meses de janeiro e agosto. Já nos trechos de Monte Mor e Rafard houve piora da qualidade em relação à média histórica, com redução dos níveis de OD e aumento nas concentrações de DBO. O trecho mais a jusante, próximo da foz do rio Tietê, manteve a qualidade Boa, no mesmo patamar dos últimos 5 anos (Gráfico 7.9).

Gráfico 7.9 – Média Anual do IQA ao longo do rio Capivari em 2021 e nos últimos 5 anos

7.5 SISTEMA CANTAREIRA – UGRHIs 5 e 6

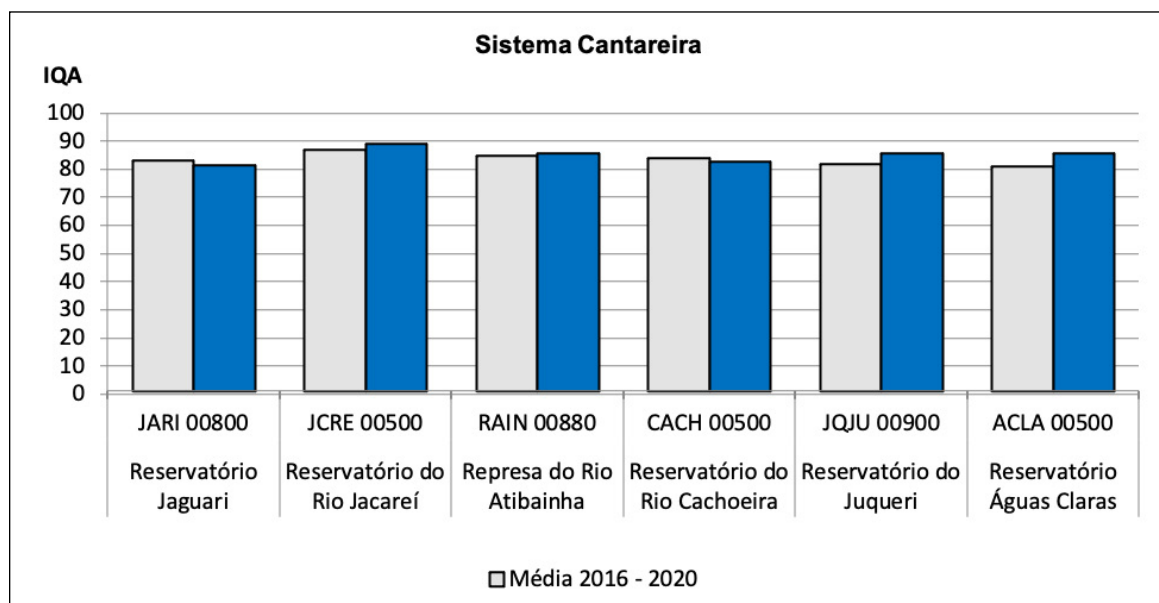
Os reservatórios iniciais do Sistema Cantareira são o Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha. Para facilitar o entendimento do comportamento dinâmico desses 3 corpos hídricos, a SABESP denomina-os, em conjunto, como “Sistema Equivalente” e realiza o monitoramento sistemático do nível de água dos mesmos 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.

Uma das variáveis que está relacionada ao volume dos reservatórios é a densidade do Número de Células de Cianobactérias. Apesar de os valores terem variado de um reservatório para outro, os gêneros que mais contribuíram para essa variável durante o ano foram: *Cylindrospermopsis*, que atualmente é reconhecido taxonomicamente como *Raphidiopsis*, potencialmente produtor de cilindrospermopsina, saxitoxina (Chorus e Welker, 2021) e microcistina (Paerl e Otten, 2013). Uma cianobactéria filamentosa ainda não identificada, descrita no “Atlas de Cianobactérias da Bacia do Alto Tietê” desenvolvido pela CETESB (Lamparelli et al., 2014) e o gênero *Cyanogranis*, que ainda não possui registro de produção de cianotoxina.

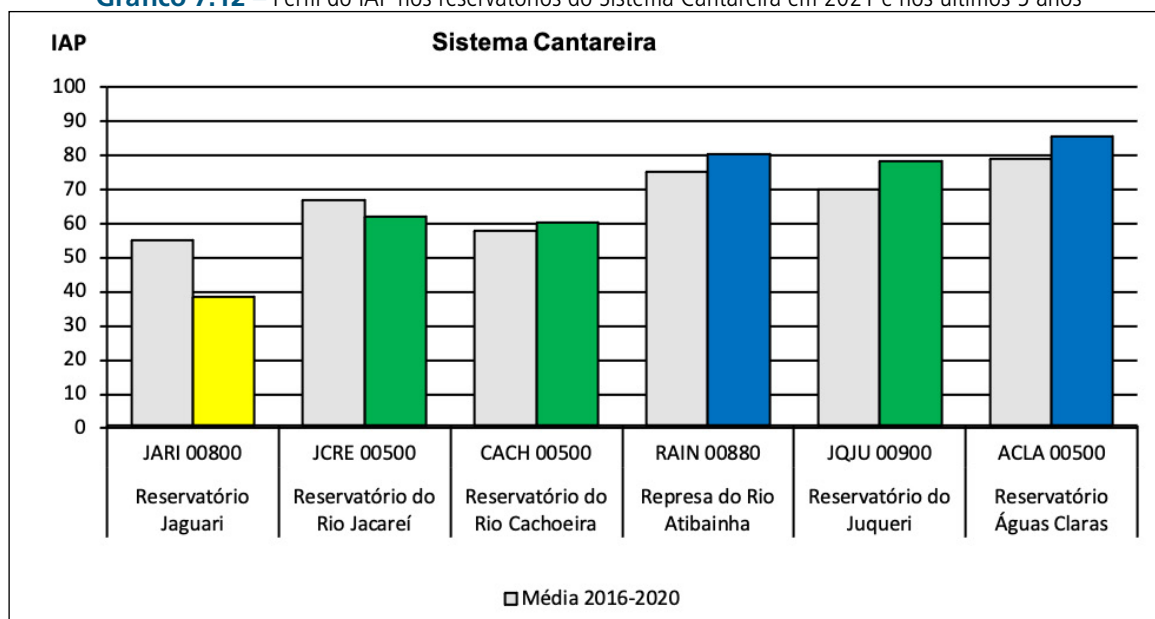
O Gráfico 7.10 apresenta a evolução do volume do Sistema Equivalente ao longo de 2021. De janeiro a março, houve aumento significativo do seu volume útil, que ultrapassou 60% no fim do período chuvoso. De abril a outubro, observou-se gradativa redução no volume do Sistema Equivalente, que chegou próximo 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 2021

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 2021, a qualidade da água de todos os reservatórios desse sistema foi classificada na categoria Ótima, se mantendo próxima da média histórica.

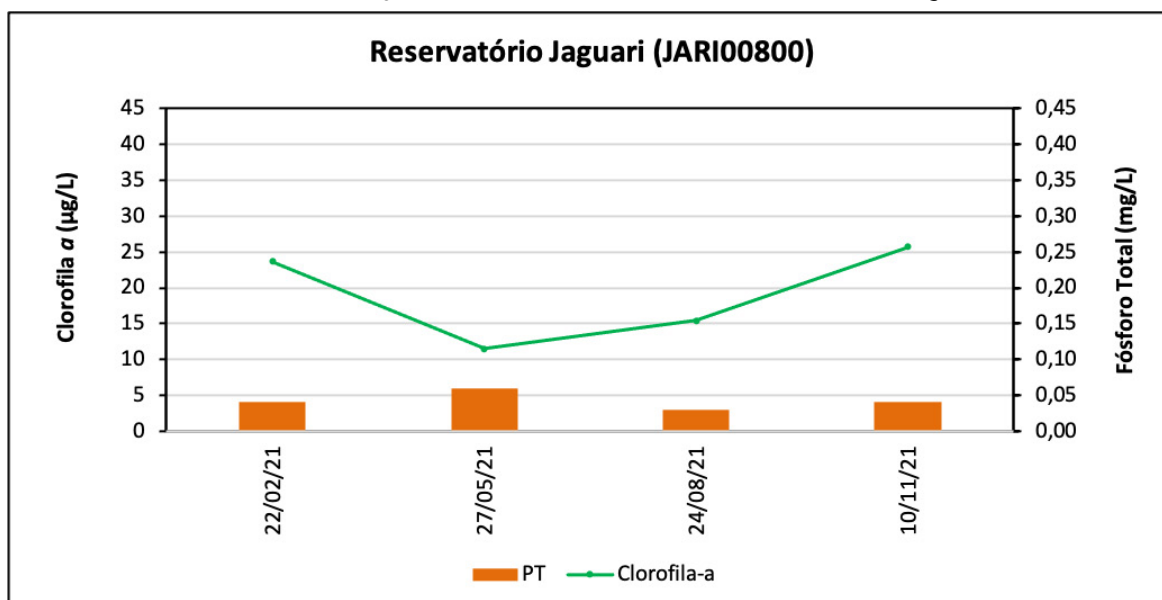
Gráfico 7.11 – Perfil do IQA nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2021 e nos últimos 5 anos

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 2021, se mantendo próximo dos patamares dos últimos 5 anos, com exceção do reservatório Jaguari, classificado na categoria Regular devido ao frequente elevado número de células de cianobactérias.

Gráfico 7.12 – Perfil do IAP nos reservatórios do Sistema Cantareira em 2021 e nos últimos 5 anos

7.5.1 Reservatório Jaguari

O Gráfico 7.13 apresenta as concentrações, em 2021, de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jaguari.

Gráfico 7.13 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jaguari em 2021.

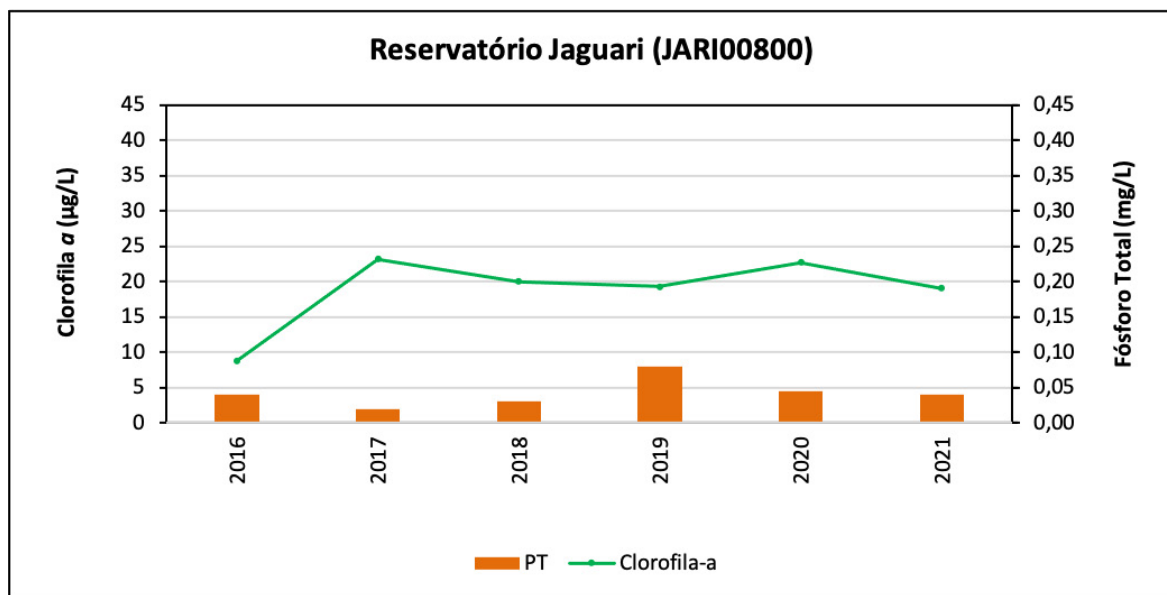
Em 2021, no reservatório Jaguari, a concentração de Fósforo Total superou, em todas as campanhas, o limite de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas enquadradas na Classe Especial, indicando condição Mesotrófica. Já as concentrações de Clorofila *a* também superaram em todas as campanhas o limite de 10 µg L^{-1} estabelecido em legislação, atingindo em fevereiro, agosto e novembro a condição Eutrófica.

As flutuações nas concentrações de Clorofila *a* foram similares a densidade total de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelo grupo das Cianobactérias.

Considerando os dados de Fósforo Total e Clorofila *a* em conjunto, segundo o Índice de Estado Trófico - IET, esse reservatório exibiu classificação trófica variando de Mesotrófica a Eutrófica, com média anual de Mesotrófica, mantendo a classificação anual obtida desde 2014, ou seja, ambiente em processo de eutrofização, porém já no limite máximo dessa classe.

O Gráfico 7.14 apresenta a variação das médias anuais de Clorofila *a* e Fósforo Total entre os anos de 2016 e 2021 no reservatório Jaguari.

Gráfico 7.14 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jaguari - 2016 a 2021.



No período avaliado (Gráfico 7.14) a maior concentração média anual de Fósforo Total foi em 2019, influenciada pela elevada concentração no mês de julho. As concentrações médias anuais de Clorofila *a* observadas nos últimos 5 anos estão em patamar mais elevado, indicando condição Eutrófica, exibindo uma piora em relação à 2016. As concentrações de Clorofila *a* estiveram relacionadas às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, principalmente dos grupos das Cianobactérias e Diatomáceas.

Em 2021, as médias anuais de organismos da comunidade fitoplanctônica e de Células de Cianobactérias continuam evidenciando a condição Ruim quanto à dominância de cianobactérias. Também se constatou aumento da densidade de organismos e de Células de Cianobactérias. (Figura 7.4).

Figura 7.4 – Média anual da Comunidade Fitoplantônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari – 2016 a 2021.

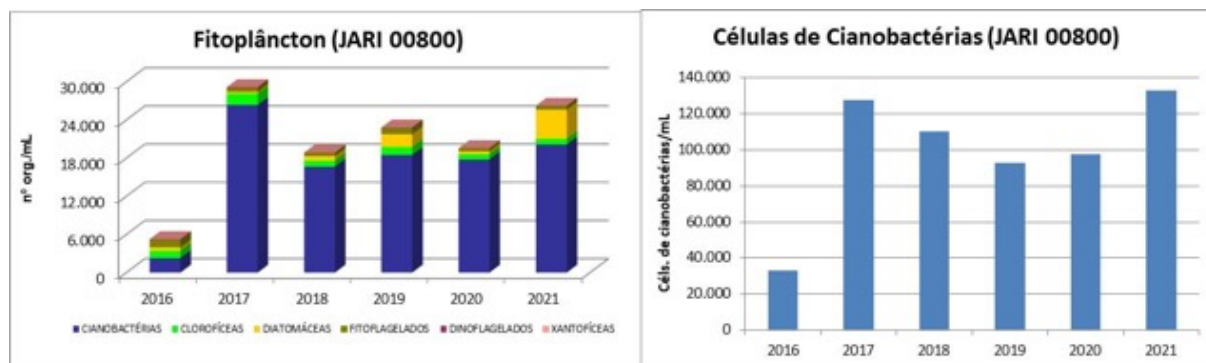
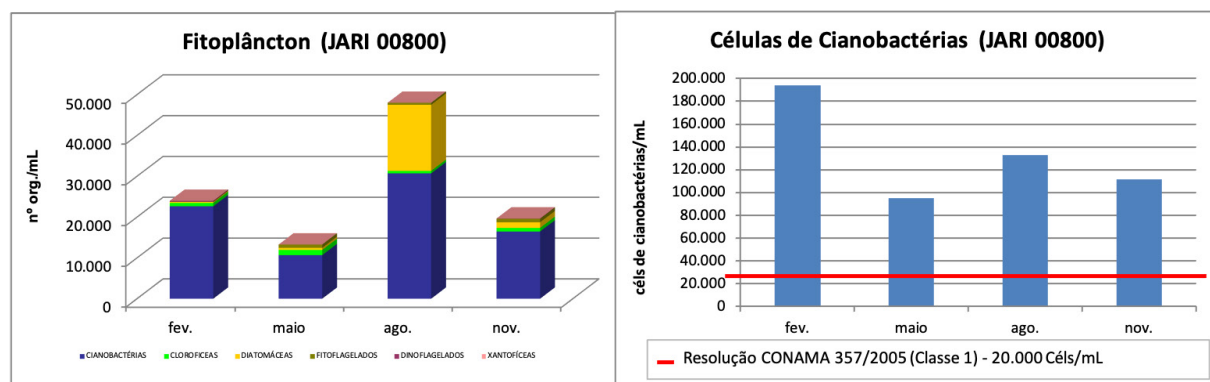


Figura 7.5 – Valores mensais da Comunidade Fitoplantônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jaguari, 2021.



Os resultados mensais evidenciaram dominância de Cianobactérias em 100% das amostragens (Figura 7.5). Demais dados relevantes são apresentados no Quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (céls mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jaguari (ponto JARI 00800).

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
JARI 00800	2020						Piora em todas as variáveis. Em julho de 2021, 94% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> . Em 75% das amostragens foi constatada dominância do referido gênero, semelhante ao encontrado em 2020 ⁽²⁾ .
	4	19.557	97.357	118.105 (novembro)	0	A	
	2021						
	4	26.232	133.153	193.719 (fevereiro)	0	A	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

(1) **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ céls mL}^{-1}$).

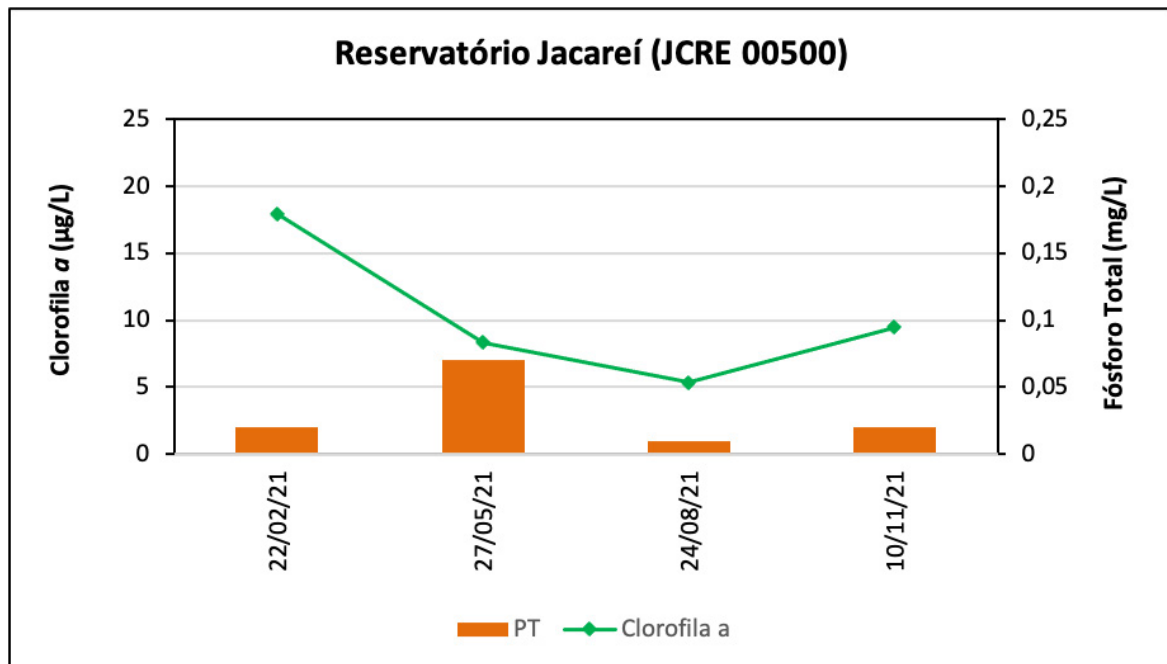
(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

7.5.2 Reservatório Jacaré

O Gráfico 7.15 apresenta as concentrações, em 2021, de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jacaré (JCRE 00500).

Este reservatório foi incluído na Rede de Monitoramento, com amostragens mensais, a partir de abril de 2014, atualmente conta com 4 campanhas ao longo do ano.

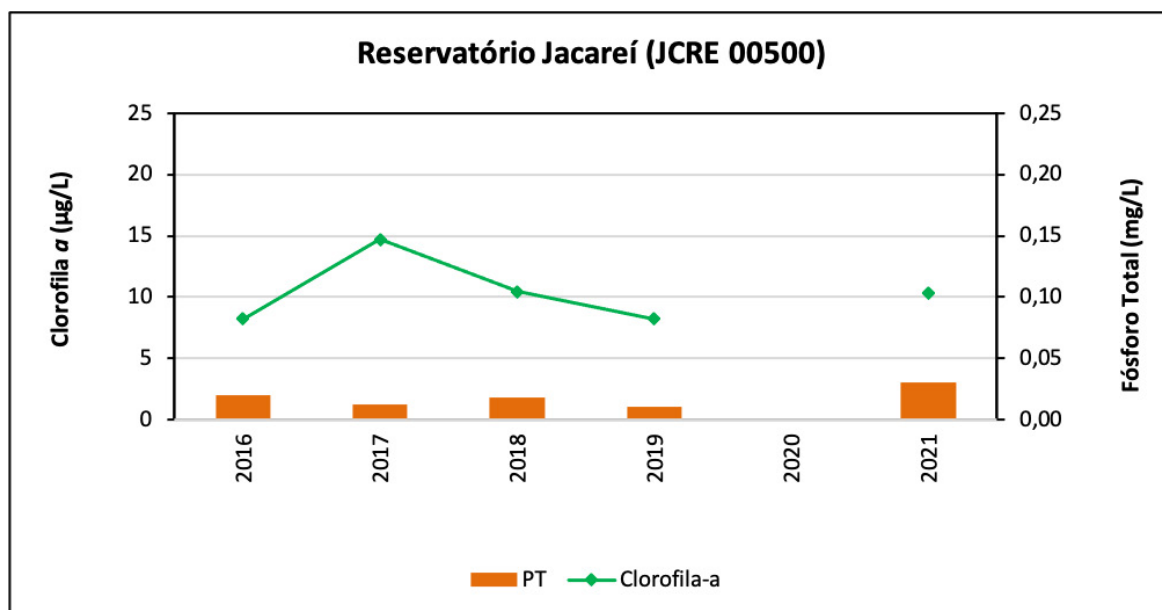
Gráfico 7.15 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jacaré em 2021



No reservatório Jacaré, em 2021, a maior concentração de Fósforo Total foi em maio quando superou limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando condição Eutrófica. Já a maior concentração de Clorofila *a* foi observada no mês de fevereiro, quando superou o limite estabelecido em legislação, indicando também condição Eutrófica. Nos meses amostrados, as concentrações de Clorofila *a* estiveram relacionadas com a densidade total de organismos fitoplancônicos tendo sido influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias e Clorofíceas e em novembro também pelas Diatomáceas.

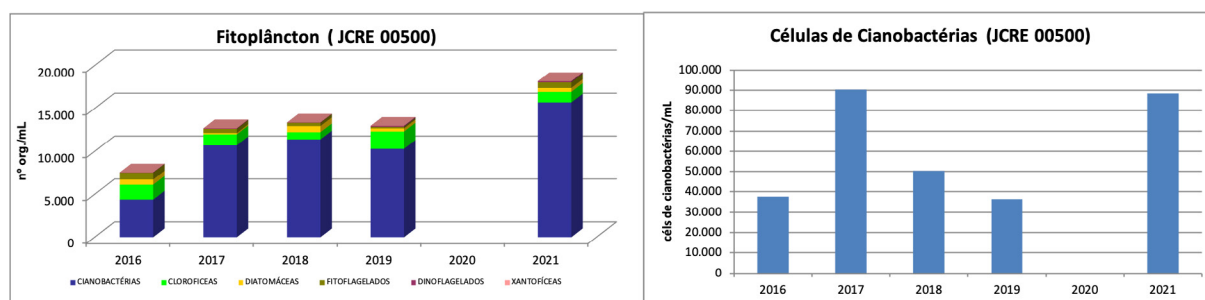
Segundo o IET, esse reservatório, ao longo do ano variou de Oligotrófico a Mesotrófico, classificado pela média anual como Mesotrófico.

O Gráfico 7.16 apresenta a variação das médias anuais de Clorofila *a* e Fósforo Total entre os anos de 2016 e 2021 no reservatório Jacaré. Nesse reservatório, por restrição devido a pandemia de Covid-19, apenas duas campanhas foram realizadas em 2020, impossibilitando a classificação anual.

Gráfico 7.16 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jacaréi - 2016 a 2021

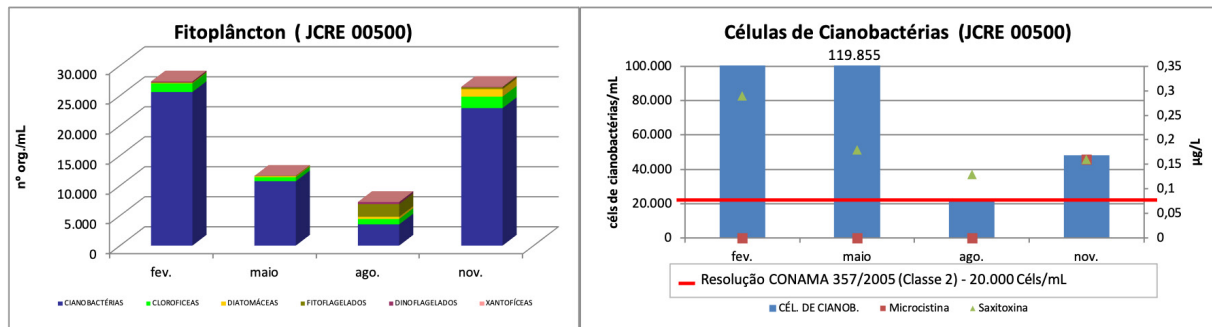
No período avaliado, a maior concentração média anual de Fósforo Total foi observada em 2021. Já as concentrações médias anuais de Clorofila *a* exibiram as maiores concentrações em 2017, 2018 e 2021, corroborando o aumento no Número de Células de Cianobactérias. Segundo o IET, neste período, este reservatório exibiu condição trófica de Oligotrófica a Mesotrófica. Em 2019 apresentou melhora, retornando à condição Oligotrófica observada em 2014, decorrente de menores concentrações de Fósforo Total. Nesse período as concentrações de Clorofila *a* foram influenciadas principalmente pelo Número de Células de Cianobactérias.

A qualidade da água desse reservatório em relação à presença de Cianobactérias piorou em 2021. Houve aumento considerável das densidades médias anuais de organismos e de Células de Cianobactérias (Figura 7.6). Em 2020, houve amostragens apenas em fevereiro e novembro, por isso, não foram calculadas as densidades médias anuais.

Figura 7.6 – Média anual da Comunidade Fitoplânctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jacaréi – 2016 a 2021.

Os resultados evidenciam dominância de Cianobactérias o ano todo (Figura 7.7).

Figura 7.7 – Valores da Comunidade Fitoplânctônica, Concentração de microcistina e saxitoxina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), Contagem de Células de Cianobactérias e comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Jacaréi em 2021.



Demais dados relevantes são apresentados no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (cél. mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 para NCC e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jacaréi (ponto JCRE 00500).

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
JARI 00800	2020						Não comparável. Apenas duas coletas em 2020. Condição Ruim. Em julho de 2021, 87% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> . Em 75% das amostras foi constatada dominância do referido gênero ⁽²⁾ .
	2	NC	NC	123.315 (novembro)	0	A	
	2021						
	4	18.183	88.418	163.638 (fevereiro)	0	A	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; cél. mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente.

(1) **Observação:** Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ cél. mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório Jacaréi e o resumo dos dados foi inserido no Quadro 7.3.

Quadro 7.3 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jacaréi.

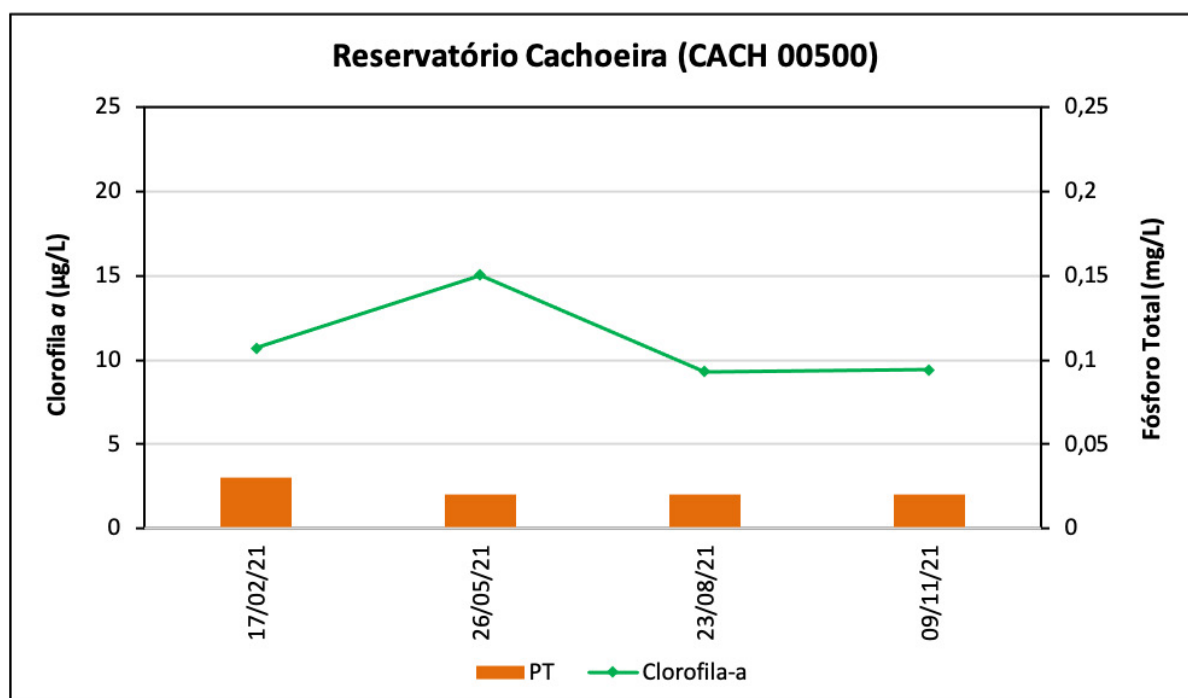
	Nº de amostras no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	2	Todas abaixo do limite de quantificação ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	0,26 (fevereiro)	(100 / 100)
2021	4	0,16 (novembro)	0,29 (fevereiro)	(100 / 100)

Observação: Limite para água tratada: Microcistina (MC) $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

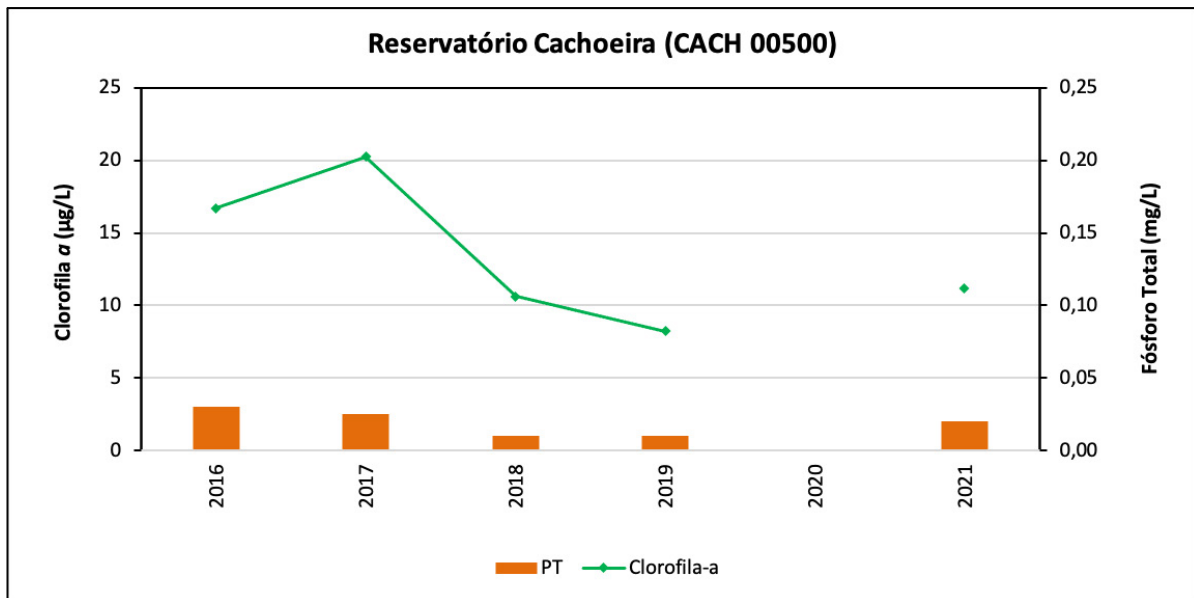
7.5.3 Reservatório Cachoeira

O Gráfico 7.17 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, no reservatório Cachoeira ao longo de 2021. Este reservatório foi incluído na Rede de Monitoramento, com amostragens mensais, a partir de maio de 2014, contando atualmente com 4 campanhas ao longo do ano.

Gráfico 7.17 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Cachoeira em 2021.



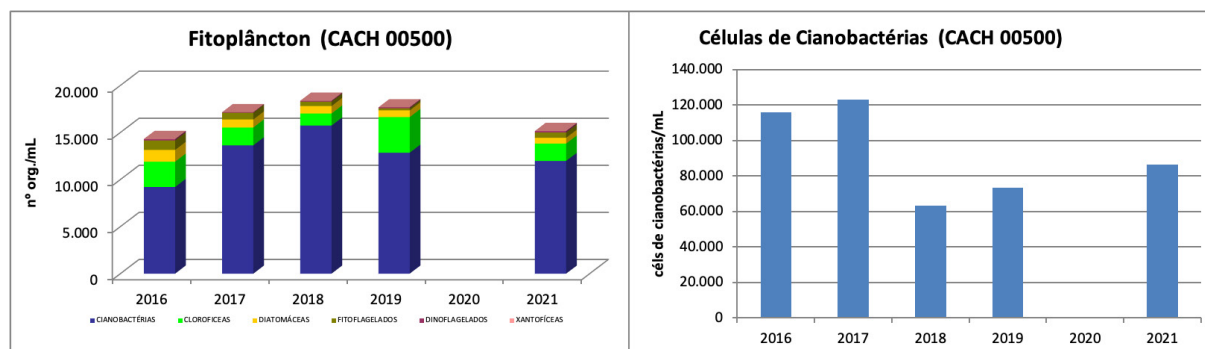
Em 2021, no reservatório Cachoeira, a maior concentração de Fósforo Total foi em fevereiro quando superou limite de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicativo de condição Mesotrófica. As maiores concentrações de Clorofila *a* foram observadas em fevereiro e maio quando também superaram o limite de 10 µg L^{-1} , estabelecido em legislação, indicando condição Mesotrófica e Eutrófica, respectivamente. As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar à densidade total de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelas densidades dos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas e Diatomáceas. Este reservatório, segundo o IET, exibiu nos meses amostrados, bem como na média anual, condição Mesotrófica, ou seja, ambiente em processo de eutrofização que vem se mantendo estável desde 2014.

Gráfico 7.18 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Cachoeira em 2021.

Nesse reservatório, por restrição devido a pandemia de Covid-19, apenas duas campanhas foram realizadas, impossibilitando a avaliação anual em 2020. No período de 2016 a 2021 (Gráfico 7.18), a maior concentração média anual de Fósforo Total observada foi em 2016 indicando condição Mesotrófica e apesar de vir apresentando uma tendência a diminuição nos seus valores, em 2021 houve um pequeno aumento nos valores, tanto de fósforo como de clorofila. Já a maior concentração média anual de Clorofila *a* observada foi em 2017, quando também foi observado o maior valor do Número de Células de Cianobactérias. Ao longo do período avaliado, as concentrações de Clorofila *a* variaram influenciadas principalmente pelo Número de Células de Cianobactérias.

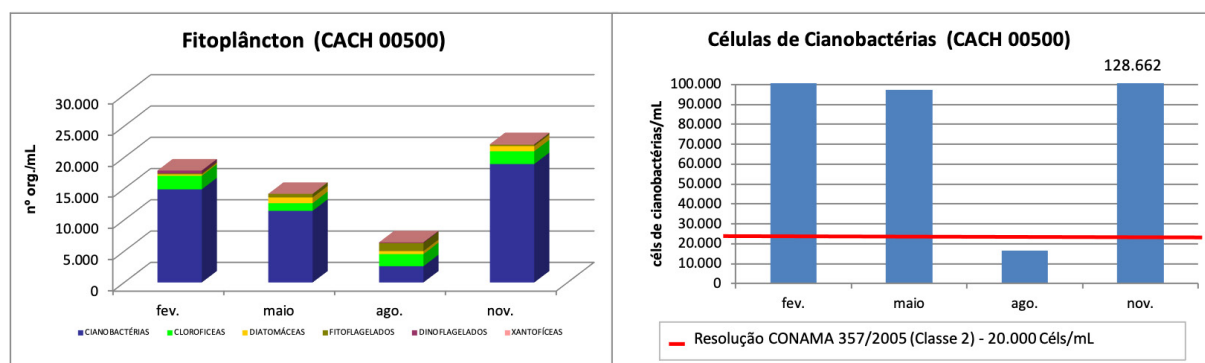
Conforme já discutido, em 2020, por conta de restrições na amostragem, não foram calculadas as médias anuais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Cachoeira. Para os outros anos não houve alterações importantes, conforme o histórico de densidade média anual de organismos, sendo possível perceber uma tendência de aumento da densidade média de Células de Cianobactérias, quando comparados os valores de 2018, 2019 e 2021 (Figura 7.8), embora os valores sejam inferiores aos observados em 2016 e 2017. Por outro lado, o fitoplâncton apresentou em 2021 uma diminuição dos organismos, principalmente do grupo das Clorofíceas e Diatomáceas em relação ao ano de 2019.

Figura 7.8 – Média anual da Comunidade Fitoplantônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Cachoeira – 2016 a 2021.



Os resultados mensais evidenciam dominância de Cianobactérias o ano todo (Figura 7.9), com exceção do mês de agosto em que houve uma menor densidade deste grupo.

Figura 7.9 – Valores da Comunidade Fitoplantônica, Contagem de Células de Cianobactérias e comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Cachoeira em 2021.



Quadro 7.4 – Resultados de densidade de organismos (org mL⁻¹), de Células de Cianobactérias (célis mL⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Cachoeira (ponto CACH 00500).

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (célis mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (célis mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
CACH 00500	2020						Não comparáveis. Apenas uma coleta em 2020. Condição Ruim. Em novembro de 2021, 55% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> e 24% ao gênero <i>Microcystis</i> . Em 75% das amostragens foi constatada dominância de <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> (2)
	1 (fev.)	NC	NC	108.318 (fevereiro)	0	A	
	2021						
	4	15.162	86.591	128.662 (novembro)	25	A	

Legenda: org mL⁻¹ - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célis mL⁻¹ - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P - Presente; A - Ausente; NC - Não Calculado.

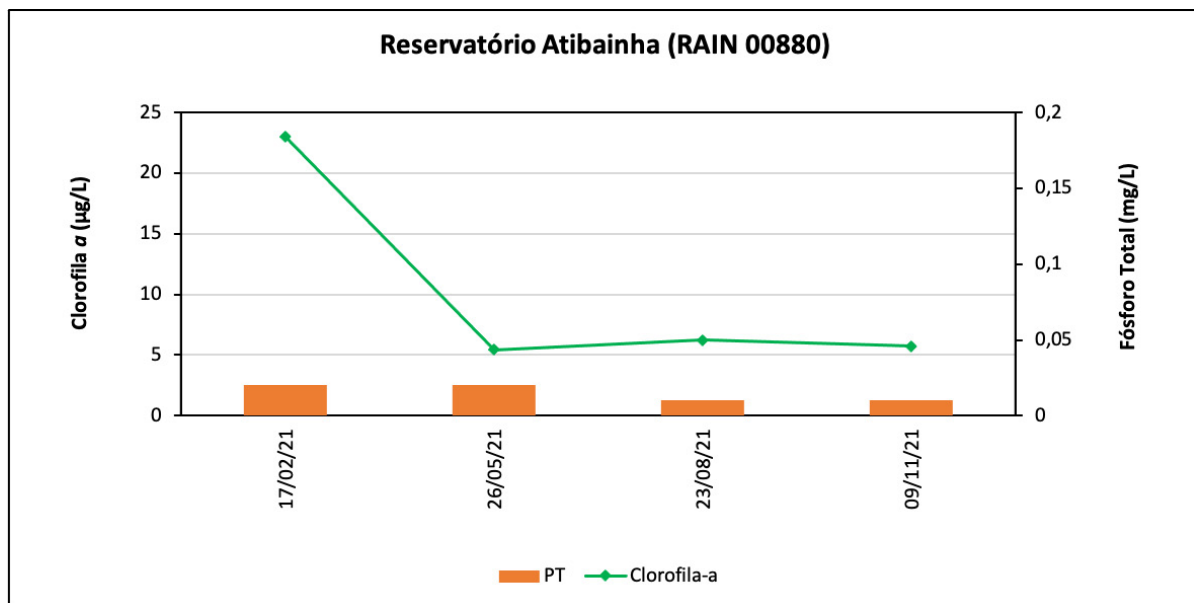
(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 célis mL⁻¹).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

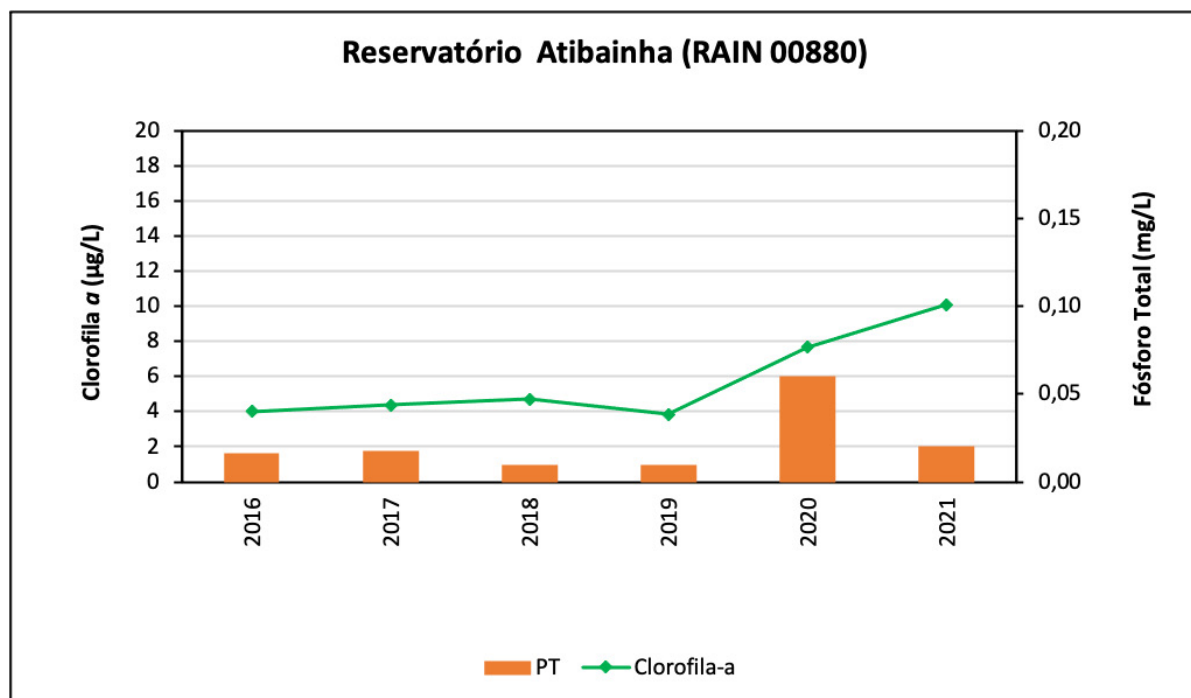
7.5.4 Reservatório Atibainha

O Gráfico 7.19 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, no reservatório Atibainha ao longo de 2021. Esse reservatório foi incluído na Rede de Monitoramento a partir de abril de 2014, contando atualmente com quatro campanhas ao longo do ano.

Gráfico 7.19 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha em 2021.



Em 2021, as concentrações de Fósforo Total, atenderam ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todas as campanhas, variando entre a condição Oligotrófica e Mesotrófica. Quanto a Clorofila *a*, a maior concentração observada foi em fevereiro, quando ultrapassou o limite estabelecido em legislação, indicando condição Eutrófica, nos demais meses mantiveram-se dentro do limite estabelecido em legislação e classificadas como Mesotróficas. As concentrações de Clorofila *a* observadas ao longo do ano estiveram relacionadas com a densidade total de organismos fitoplanctônicos, influenciada principalmente pela densidade dos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas, Diatomáceas e Dinoflagelados. Segundo o IET, esse reservatório variou ao longo do ano, de Oligotrófico e Mesotrófico, com média anual, indicando classificação Mesotrófica, ou em processo de eutrofização, mantendo a condição observada no ano anterior.

Gráfico 7.20 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Atibainha - 2016 a 2021.

Esse reservatório exibiu, no período de 2016 a 2021 (Gráfico 7.20), classificação trófica, segundo o IET, de Oligotrófica a Mesotrófica. A maior concentração média anual para o Fósforo Total foi observada em 2020, indicando condição Eutrófica. Para a Clorofila *a*, a maior concentração foi em 2021, embora nesse período as concentrações de Clorofila *a* tenham se mantido na condição Mesotrófica, é possível observar um aumento significativo nas suas concentrações.

As densidades médias anuais da comunidade fitoplanctônica e sua composição apresentaram uma pequena elevação de 2020 para 2021 e a média anual de densidades de Células de Cianobactérias foi inferior à do ano anterior (Figura 7.10).

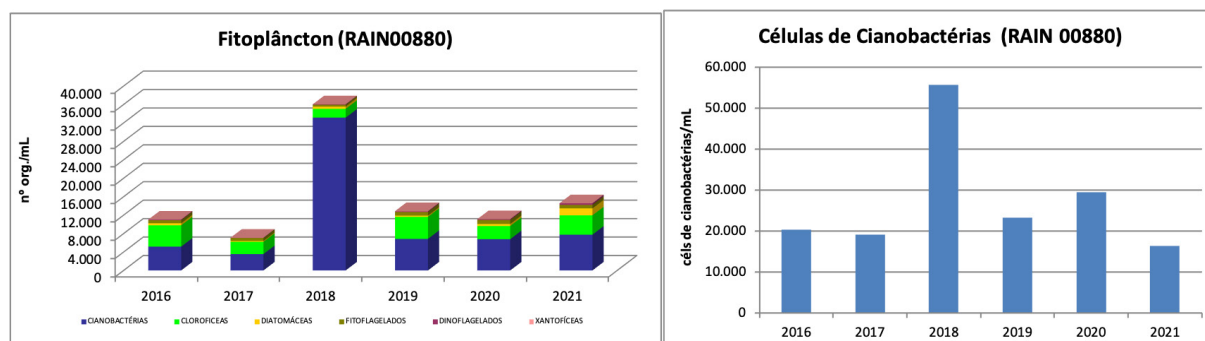
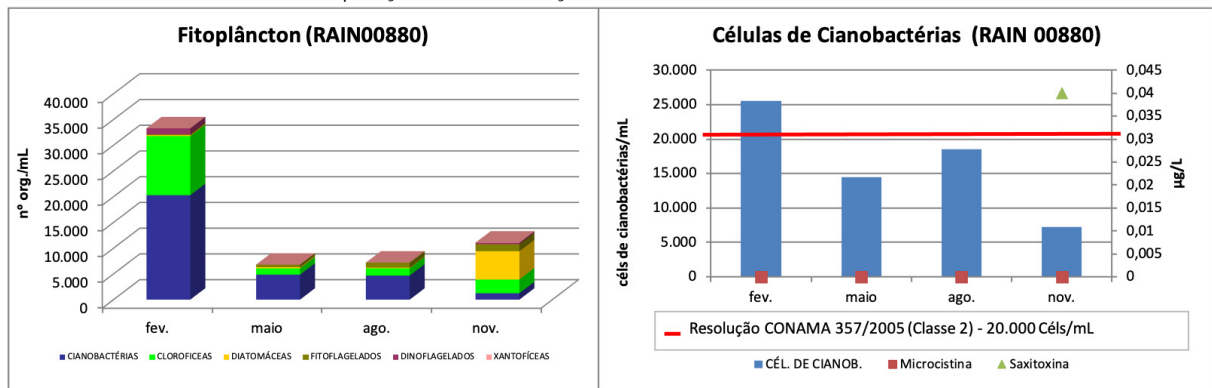
Figura 7.10 – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Atibainha – 2016 a 2021.

Figura 7.11 – Valores da Comunidade Fitoplanctônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentração de microcistina e saxitoxina e comparação com a Resolução CONAMA nº 357/2005 no reservatório Atibainha 2021



Demais dados relevantes são apresentados no Quadro 7.5.

Quadro 7.5 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (cél mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Atibainha (ponto RAIN 00880).

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél ^s mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél ^s mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	Ceratium	Considerações
RAIN 00880	2020						Melhora em relação à média anual e densidade máxima de NCC e atendimento à CONAMA. Em fevereiro de 2021, 77% das células pertenciam à uma Cianobactéria filamentosa não identificada. Durante o ano os gêneros que mais contribuíram foram <i>Cyanogranis</i> , <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> e <i>Pseudanabaena</i> (2).
	4	11.138	29.529	44.321 (setembro)	25	A	
	2021						
	4	15.162	86.591	128.662 (novembro)	25	A	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; cél mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ células mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório e o resumo dos dados foi inserido no Quadro 7.6.

Quadro 7.6 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2020 e 2021. Reservatório Atibainha (ponto RAIN 00880).

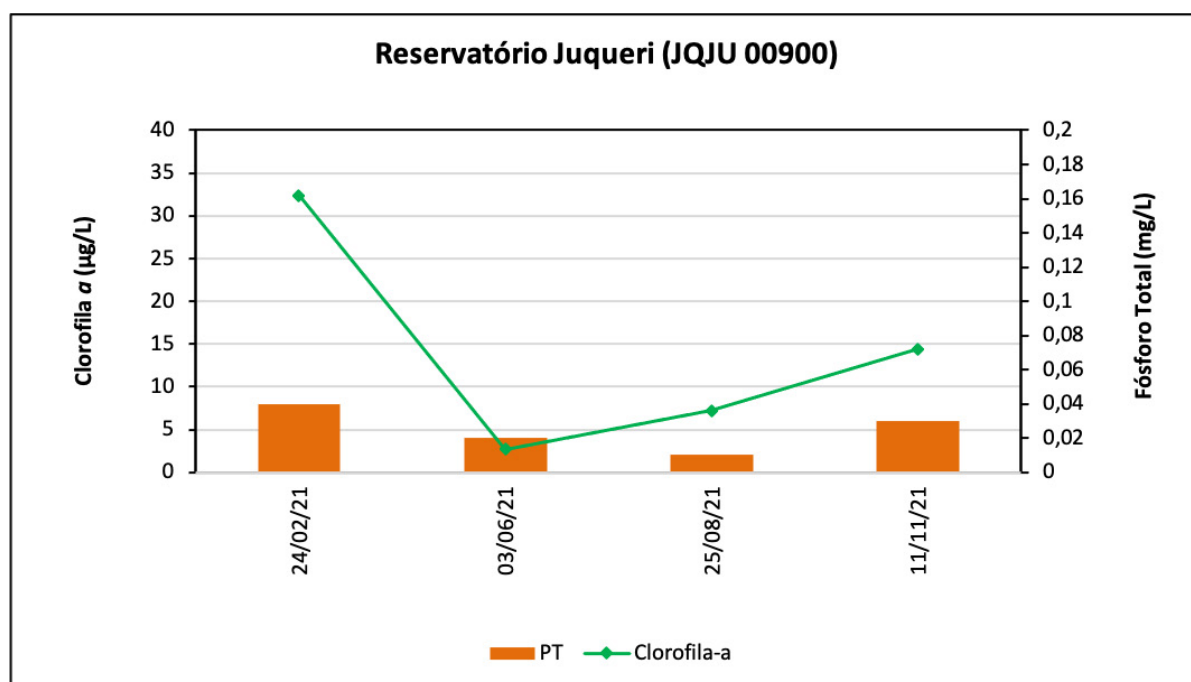
	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	4 (MC)/1 (SX)	Todas abaixo do limite de quantificação ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	0,04 (novembro)	(100 / 100)
2021	4 (MC)/1 (SX)	Todas abaixo do limite de quantificação ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	0,04 (novembro)	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

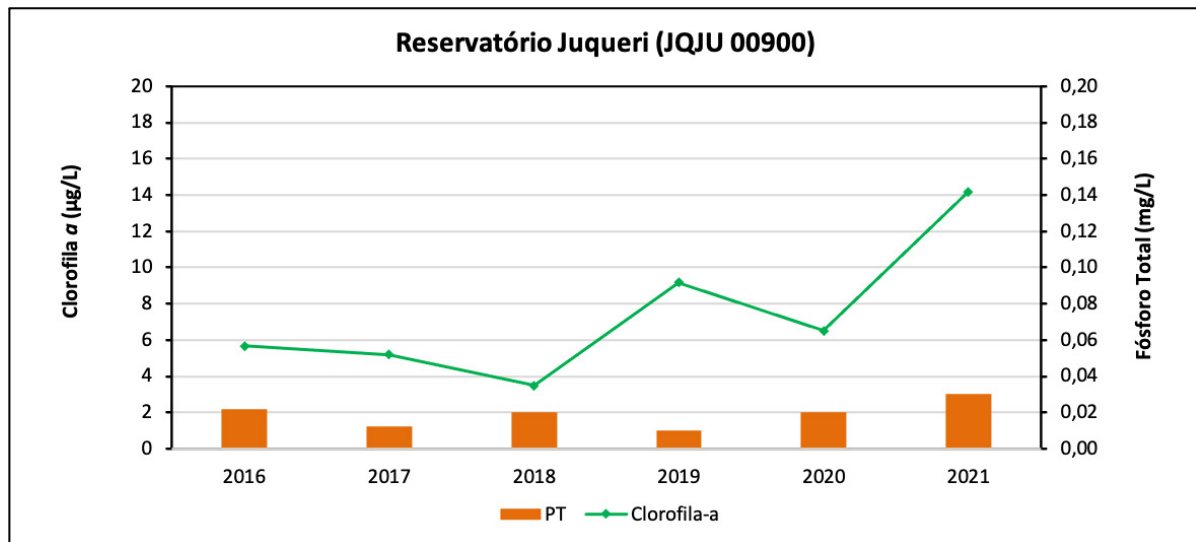
7.5.5 Reservatório Juqueri (Paiva Castro)

O Gráfico 7.21 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, no reservatório Juqueri (JQUJ 00900) ao longo de 2021.

Gráfico 7.21 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Juqueri em 2021.



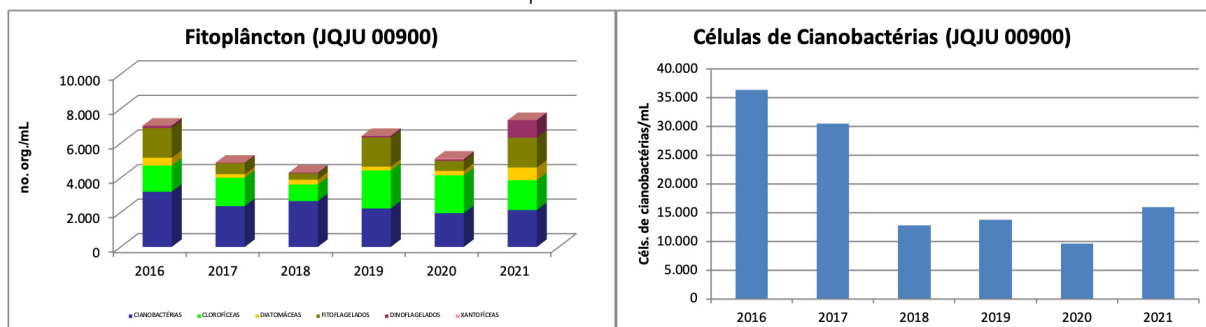
Ao longo de 2021 foram realizadas quatro campanhas no reservatório Juqueri. Em fevereiro e novembro, tanto as concentrações de Fósforo Total quanto de Clorofila *a* ultrapassaram o limite da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas Classe Especial. Nesse reservatório a classificação trófica, pelo IET em 2021 variou, de Oligotrófica a Eutrófica e pela média anual classificou-se como Mesotrófica, ou seja, ambiente em processo de eutrofização, mantendo a condição trófica desde 2019.

Gráfico 7.22 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Juqueri - 2016 a 2021.

No histórico do reservatório Juqueri (Gráfico 7.22), foi possível observar que as concentrações médias anuais de Fósforo Total, embora ainda baixas, indicaram em 2016, 2018, 2020 e 2021 a classificação Mesotrófica. As concentrações médias anuais da Clorofila *a*, desde 2014 são indicativas da condição Mesotrófica, no entanto, nesse último ano exibiu aumento com alteração na classificação trófica para condição Eutrófica.

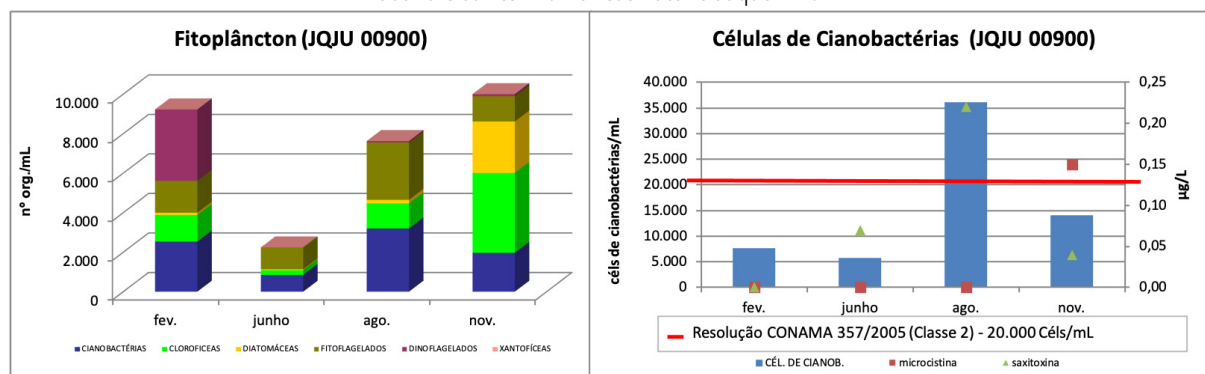
As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar as densidades totais de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas e Fitoflagelados e nesse último ano, também pelos Dinoflagelados.

Os valores da densidade média anual de organismos e de Células de Cianobactérias aumentaram de 2020 para 2021 (Figura 7.12). O grupo dos Fitoflagelados e Dinoflagelados foram os que mais representaram esse aumento para a comunidade fitoplanctônica.

Figura 7.12 – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Juqueri - 2016 a 2021.

Em 2021 as densidades mensais de organismos estiveram abaixo de 10.000 org mL⁻¹ ao longo do ano e a composição de grupos entre as amostragens variou amplamente (Figura 7.13).

Figura 7.13 – Valores da Comunidade Fitoplantônica, Contagem de Células de Cianobactérias e concentrações de microcistina e saxitoxina no reservatório Juqueri. 2021.



Demais dados relevantes são apresentados no Quadro 7.7.

Quadro 7.7 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (célis mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Juqueri (ponto JQU 00900).

	Coleta por ano	Média anual (org mL^{-1})	Média anual NCC (célis mL^{-1})	Maior valor NCC do ano (célis mL^{-1})	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
JQU 00900	2020						Piora. Em relação a todas as variáveis e presença de <i>Ceratium</i> . Em agosto de 2021, 70% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> . Durante o ano os gêneros que mais contribuíram foram <i>Cyanogranis</i> , <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> e <i>Aphanocapsa</i> . (2)
	4	5.103	9.605	13.300 (junho)	100	A	
	2021						
	4	7.339	15.923	36.130 (agosto)	75	P	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célis mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P - Presente; A - Ausente; NC - Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ células mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Os dados relevantes sobre cianotoxinas foram dispostos no Quadro 7.8.

Quadro 7.8 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada. Comparação 2020 e 2021. Reservatório Juqueri (ponto JQU 00900)

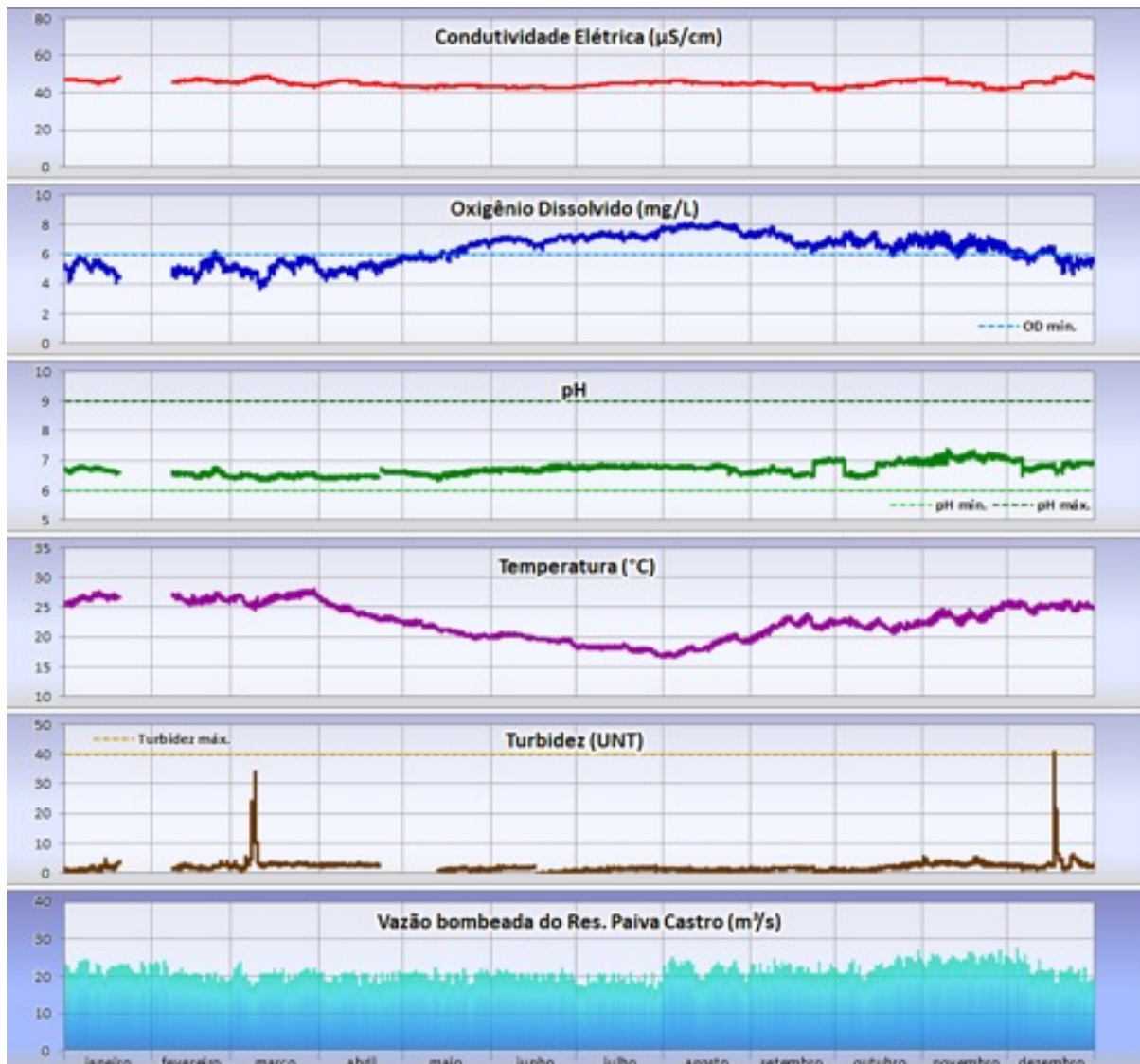
	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	1 (MC)/1 (SX)	Todas abaixo do limite de quantificação ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	Todas abaixo do limite de quantificação ($<0,02 \mu\text{g L}^{-1}$)	(100 / 100)
2021	4 (MC)/4 (SX)	0,15 (novembro)	0,22 (agosto)	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

7.5.6 Reservatório Águas Claras

A Figura 7.14 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Águas Claras em 2021.

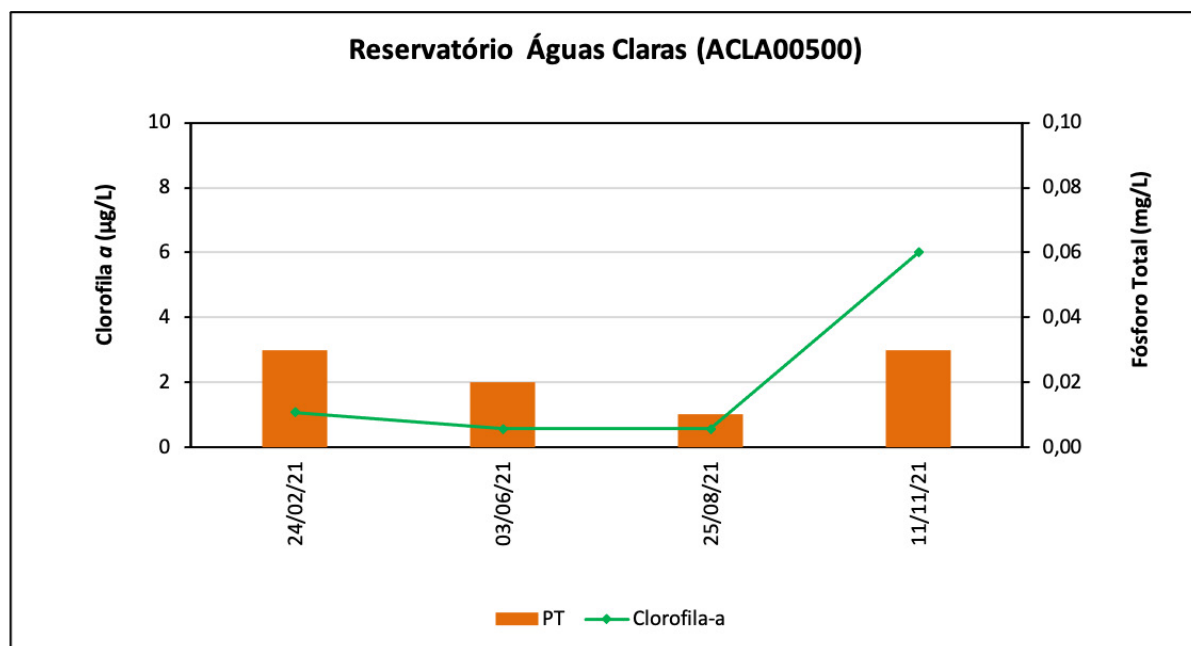
Figura 7.14 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Águas Claras de janeiro a dezembro de 2021



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 $22,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 2021. Esse reservatório recebe as águas bombeadas do reservatório Paiva Castro, que operou, em média, com 35% da sua capacidade durante o ano de 2021. A Condutividade Elétrica entre 40 e $50 \mu\text{S cm}^{-1}$ denota que as águas são pouco contaminadas por poluentes. Entretanto, o Oxigênio Dissolvido atendeu ao padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água Classe 1 em apenas 61% 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 ao padrão de qualidade ao longo de todo o ano.

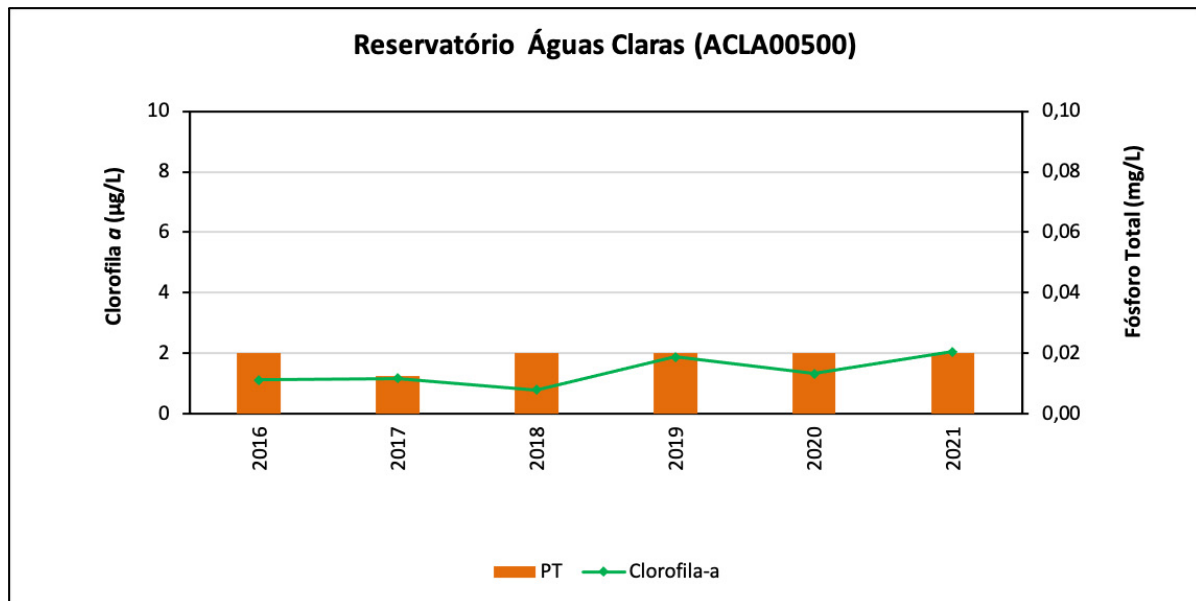
O Gráfico 7.23 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Águas Claras ao longo de 2021. Esse reservatório foi incluído na Rede de Monitoramento, a partir de maio de 2014 para Clorofila *a* e a partir de 2016 para a comunidade fitoplanctônica, por pertencer ao Sistema Cantareira, sendo o último antes do encaminhamento das águas para a Estação de Tratamento de Água do Guaraú.

Gráfico 7.23 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Águas Claras (ACLA 00500) em 2021.



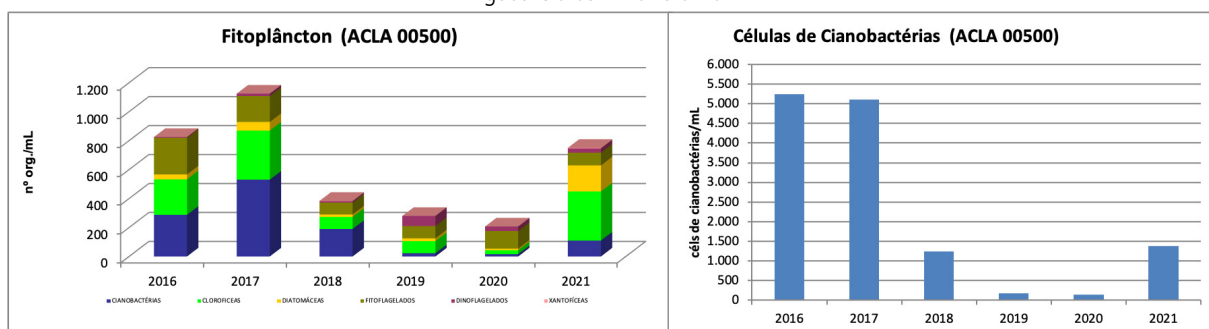
Em 2021, no reservatório Águas Claras (Gráfico 7.23), pode-se observar que as maiores concentrações de Fósforo Total foram em fevereiro e novembro, quando superaram limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando condição Mesotrófica. A maior concentração de Clorofila *a* ocorreu em novembro indicando condição Mesotrófica, porém assim como nos demais meses, em conformidade com o limite estabelecido em legislação. A variação das concentrações de Clorofila *a* durante o ano esteve relacionada com as baixas densidades totais de organismos fitoplanctônicos. Esse reservatório exibiu ao longo do ano, pelo IET, classificação trófica de Ultraoligotrófica a Mesotrófica e pela média anual classificou-se como Oligotrófica, ou seja, ambiente de baixa trofia, classificação essa, que vem se mantendo desde 2014.

No Sistema Cantareira, como um todo, nos últimos cinco anos, os reservatórios de um modo geral encontravam-se, segundo o IET, entre Oligotrófico e Mesotrófico. No entanto, em 2021, pela média anual, apenas o reservatório Águas Claras se manteve como Oligotrófico, ou seja, com o nível de trofia desejável.

Gráfico 7.24 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Águas Claras - 2016 a 2021.

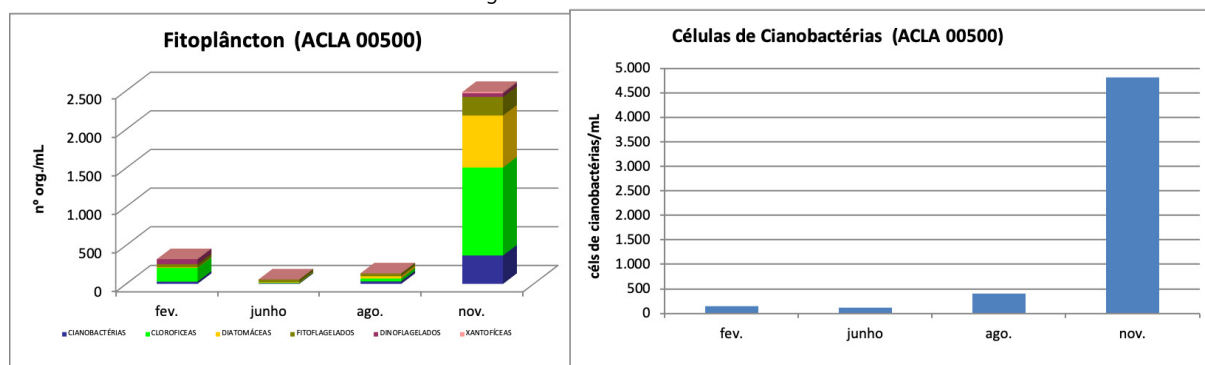
No período de 2016 a 2021, o reservatório Águas Claras exibiu (Gráfico 7.24) a menor concentração média anual de Fósforo Total em 2017, nos demais anos manteve os valores indicativos da condição Mesotrófica. A Clorofila *a* exibiu seu maior valor médio anual em 2021, porém com um valor ainda indicativo de condição Oligotrófica. As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar às baixas densidades totais de organismos fitoplanctônicos.

No entanto, a densidade média anual de organismos fitoplanctônicos e a densidade média anual de Células de Cianobactérias que estavam apresentando tendência de queda desde 2018, em 2021 apresentaram um aumento (Figura 7.15).

Figura 7.15 – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras – 2016 a 2021.

Os resultados de novembro de 2021 impactaram significativamente o resultado da média anual (Figura 7.16).

Figura 7.16 – Média anual da Comunidade Fitoplânctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Águas Claras – 2016 a 2021.



Demais dados relevantes são apresentados no Quadro 7.9.

Quadro 7.9 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (células mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Águas Claras (ponto ACLA 00500).

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél ^s mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél ^s mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
JQU 00600	2020						Piora. Embora a densidade possa ser considerada baixa, em novembro de 2021 houve um aumento significativo de NCC com, 47% das células pertenciam ao gênero <i>Aphanocapsa</i> . O gênero <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> foi quantificado em baixas densidades. (2)
	4	207	131	173 (fevereiro)	100	A	
	2021						
	4	750	1.369	4.812 (novembro)	100	A	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; células mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ células mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

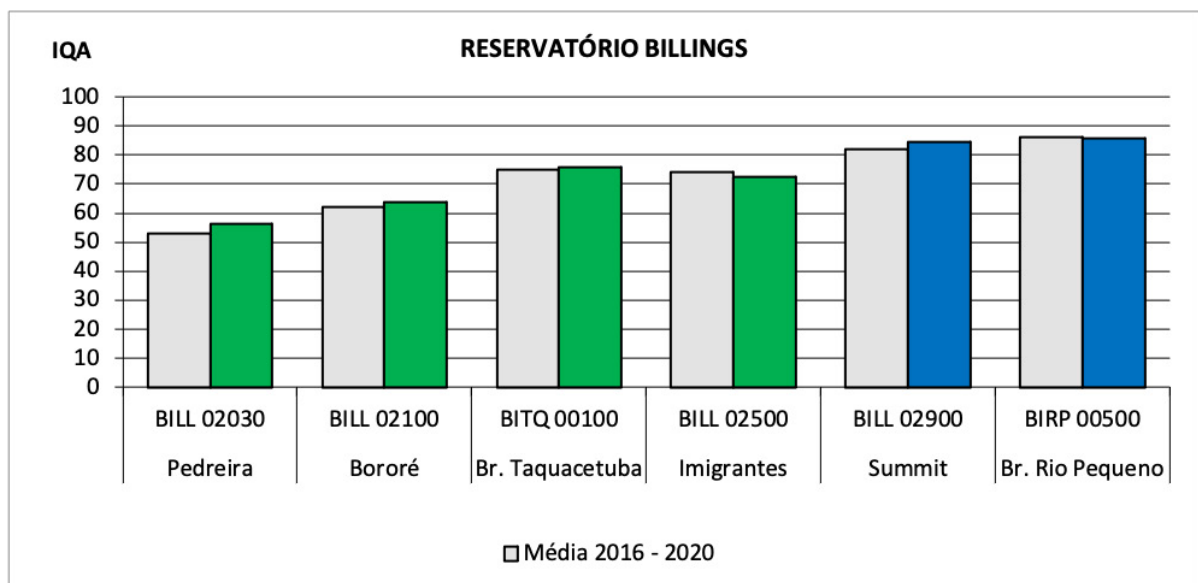
7.6 Reservatórios da UGRHI 6 - Alto Tietê

7.6.1 Reservatório Billings

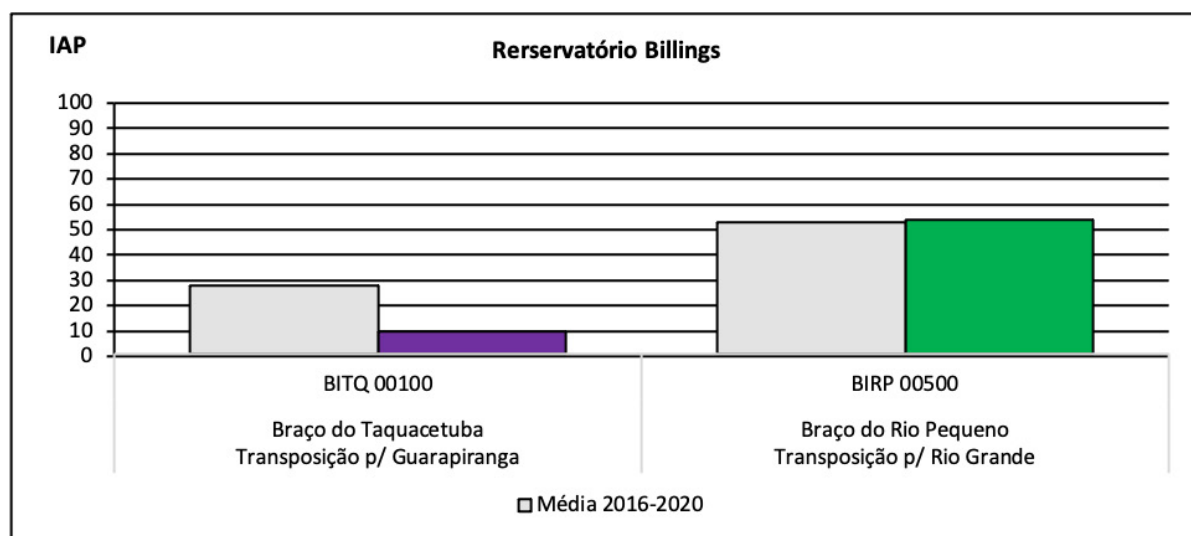
Existem seis pontos de amostragem no reservatório Billings: BILL 02030, BILL 02100; BILL 02500, BITQ 00100, BILL 02900 e BIRP00500. O ponto BILL 02030 indica a condição de qualidade da água na entrada do reservatório; o ponto seguinte BILL 02100, a aproximadamente 7 km da barragem de Pedreira, reflete 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 7.25 apresenta os valores do IQA em 2021, verificando-se manutenção da qualidade nas categorias Ótima e Boa na comparação com a média dos últimos 5 anos.

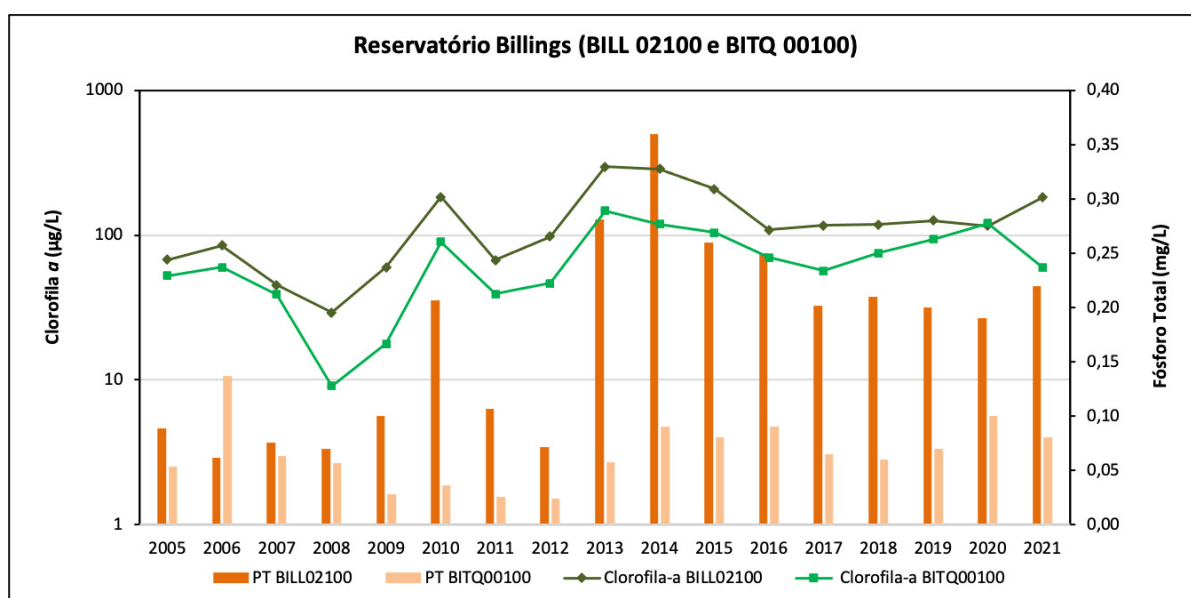
Gráfico 7.25 – Perfil do IQA – reservatório Billings em 2021 e nos últimos 5 anos



A classificação média do IAP em 2021 no ponto de transferência da água no braço do Taquacetuba e no braço do rio Pequeno pode ser visualizada no Gráfico 7.26. A qualidade da água para fins de abastecimento público posicionou-se abaixo da média histórica no braço do Taquacetuba, classificando-se na categoria Péssima. A piora da qualidade da água nesse ano foi influenciada pelos resultados elevados para a densidade de Cianobactérias (entre 250 e 418 mil céls mL⁻¹ nos meses de maio, setembro e dezembro) e para o Potencial de Formação de Trihalometanos (entre 470 e 700 µg L⁻¹ em todas as amostragens). Já no braço do rio Pequeno a qualidade foi classificada na categoria Boa, mantendo a média histórica.

Gráfico 7.26 – Perfil do IAP – reservatório Billings em 2021 e nos últimos 5 anos

A fim de se avaliar a evolução temporal do nível trófico no reservatório, são apresentadas, no Gráfico 7.27, as médias anuais de Fósforo Total e Clorofila *a* para os pontos BILL 02100 (corpo central em frente ao braço do Bororé) e BITQ 00100 (braço do Taquacetuba, na captação da SABESP) para os anos de 2011 a 2021.

Gráfico 7.27 – Média anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Billings (BILL 02100 e BITQ 00100) – 2011 a 2021.

A partir de 2012 até 2014, observa-se no reservatório Billings no braço do Bororé (BILL 02100) uma tendência de aumento para os valores de Fósforo Total, Clorofila *a*, assim como para as densidades da comunidade fitoplanctônica, em especial do grupo das Cianobactérias. A partir de 2016, observa-se uma tendência de diminuição nas concentrações de Fósforo, porém um discreto aumento nas concentrações de Clorofila *a*, bem como nas densidades totais de organismos fitoplanctônicos até 2020. No último ano, o aumento dessas variáveis foi mais acentuado.

Em 2021, segundo o IET, o ponto localizado no braço do Bororé (BILL 02100) foi classificado como Supereutrófico e embora no limite máximo dessa classe, manteve a classificação de 2020 apresentando uma ligeira melhora em relação aos anos anteriores. As concentrações de Clorofila *a* ao longo do ano variaram de forma similar a densidade de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelo grupo das Cianobactérias.

No braço do Taquacetuba (BITQ 00100), observa-se um aumento nas concentrações médias anuais de Fósforo Total, de 2018 a 2020 (Gráfico 7.27), e então uma queda, em 2021. Nesse período, as concentrações de Clorofila *a*, nesse ponto, exibiram diminuição gradativa de 2013 a 2017, um aumento de 2018 a 2020 e, assim como o Fósforo Total, uma queda nesse último ano. As concentrações de Clorofila *a*, nesse período, foram influenciadas pela densidade total de organismos fitoplanctônicos, em especial pelos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas e Diatomáceas. Segundo o IET, esse ponto exibiu classificações que variaram de Mesotrófico a Supereutrófico. Em 2021, observa-se no braço do Taquacetuba (BITQ00100), uma diminuição tanto nas concentrações mensais de Fósforo Total quanto nas de Clorofila *a*, embora ainda superando, em todas as campanhas, os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 1 ($10 \mu\text{g L}^{-1}$ de Clorofila *a* e $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ de Fósforo Total). As concentrações de Clorofila *a* foram influenciadas, principalmente pela densidade de organismos fitoplanctônicos do grupo das Cianobactérias, bem como pelo Número de Células de Cianobactérias. Segundo a média anual do IET, o braço do Taquacetuba foi classificado como Supereutrófico, mantendo a condição trófica em relação ao ano anterior.

A comunidade fitoplanctônica foi monitorada em seis pontos do reservatório Billings: Pedreira (BILL 02030), em frente ao braço do Bororé (BILL 02100), braço do Taquacetuba (BITQ 00100), braço do Rio Pequeno (BIRP 00500), sob a rodovia dos Imigrantes (BILL 02500) e no Summit Control (BILL 02900). A comparação dos resultados de 2020 e 2021 dos pontos localizados no braço do Bororé (BILL 02100), braço do Taquacetuba (BITQ 00100), foram sumarizados no Quadro 7.10.

Quadro 7.10 – Resultados de densidade de organismos (org mL⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium* por ponto. Comparação entre 2020 e 2021.

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
BILL 02030	2020						Não comparáveis, apenas uma coleta em 2020. Em julho de 2021, 95% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis</i> .(2)
	1	NC	NC	98.226 (março)	0**	P	
	2021						
	4	14.952	476.008	1.296.161 (julho)	0**	P	
BILL 02500	2020						Não comparáveis s, apenas uma coleta em 2020. Em dezembro de 2021, 88% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis</i> .(2)
	1	NC	NC	123.635 (março)	0**	P	
	2021						
	4	13.757	305.776	673.184 (dezembro)	0**	P	
BILL 02900	2020						Não comparáveis, apenas uma coleta em 2020. Em julho de 2021, 80% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis</i> .(2)
	1	NC	NC	85.989 (março)	0**	A	
	2021						
	4	13.757	305.776	673.184 (dezembro)	0**	P	

Legenda: org mL⁻¹ - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls mL⁻¹ - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A – Ausente; NC – Não Calculado.

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

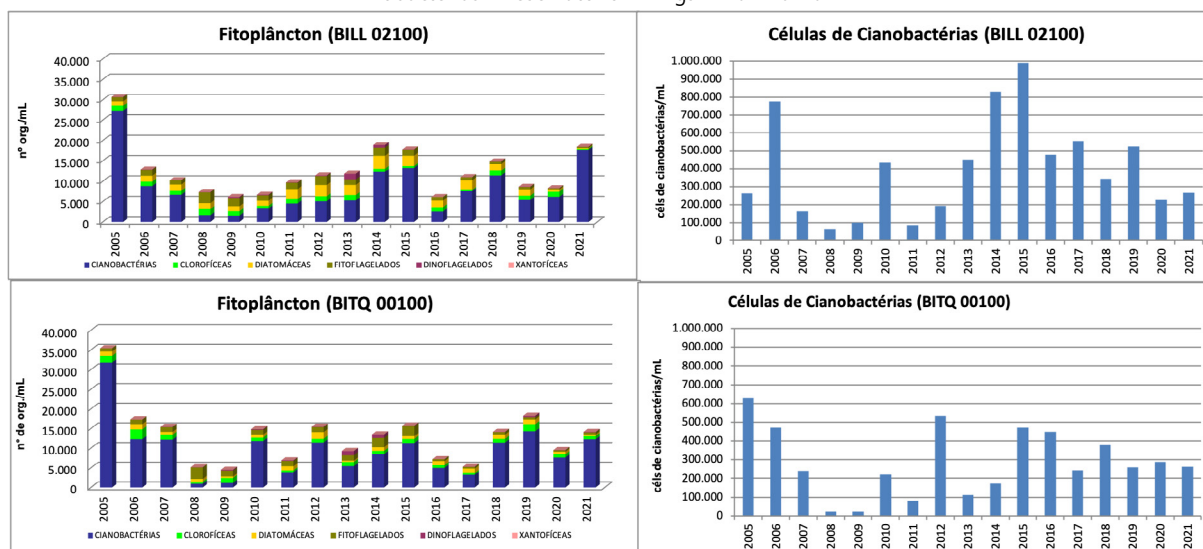
(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

No corpo central do reservatório Billings e nos braços do Bororé e Taquacetuba em diversos meses houve dominância do gênero *Microcystis*, não havendo atendimento aos limites de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005 em nenhuma das amostras coletadas, sendo o maior valor do ano registrado em julho no ponto de Pedreira (1.296.161 céls mL⁻¹). Já no braço do Rio Pequeno (BIRP 00500) o maior valor de NCC (101.677 céls mL⁻¹) foi registrado em maio, porém com dominância do gênero *Raphidiopsis*, sendo o único ponto em que não foi registrada a presença de *Ceratium*.

De modo geral, a condição do reservatório continua Ruim, com a presença de gêneros potencialmente tóxicos durante todo o ano. Os principais gêneros encontrados foram: *Raphidiopsis/Cylindrospermopsis*, *Aphanocapsa*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena* e *Cyanogranis*.

A Figura 7.17 apresenta o histórico das densidades médias anuais dos últimos 10 anos nos pontos Bororé (BILL 02100) e do braço do Taquacetuba (BITQ 00100) da comunidade fitoplanktônica e do Número de Células de Cianobactérias. Em ambos os pontos as médias anuais das concentrações de Células de Cianobactérias superaram o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL⁻¹) e para Classe 2 (50.000 céls mL⁻¹), respectivamente.

Figura 7.17 – Média anual da composição da Comunidade fitoplânctônica e média anual do Número de Células de Cianobactérias – reservatório Billings – 2011 a 2021.



Foram realizadas análises de cianotoxinas na água bruta do reservatório Billings, nos pontos BILL02030, BITQ00100 e BIRP00500. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.11.

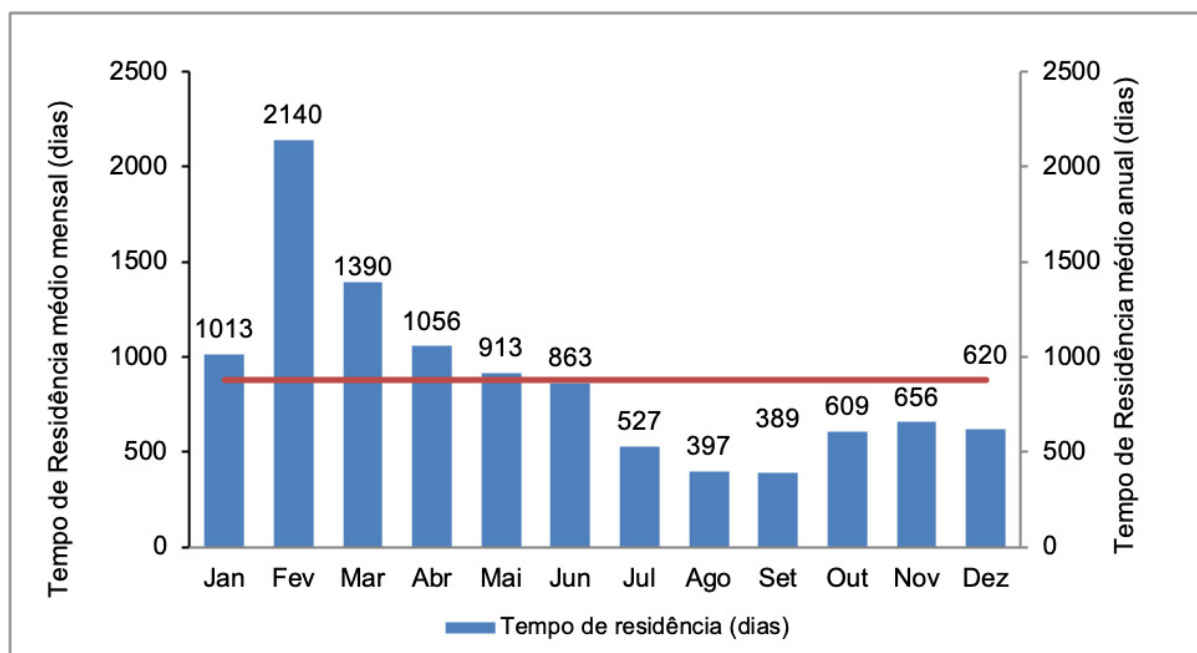
Quadro 7.11 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Billings. Comparação entre 2020 e 2021.

Pontos	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020				
BILL 02030	1	6,92	Não realizado	(0 / não realizado)
BITQ 00100	4	408 (julho)	0,1	(0 / 100)
BIRP 00500	1	Abaixo do limite de quantificação. ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	0,04	(25 / 100)
2021				
BILL 02030	4	117 (julho)	Não realizado	(0 / não realizado)
BITQ 00100	4	21 (dezembro)	0,16 (maio)	(75 / 100)
BIRP 00500	4 (MC) / 3 (SXT)	Todas abaixo do limite de quantificação. ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	0,3 (maio)	(100 / 100)

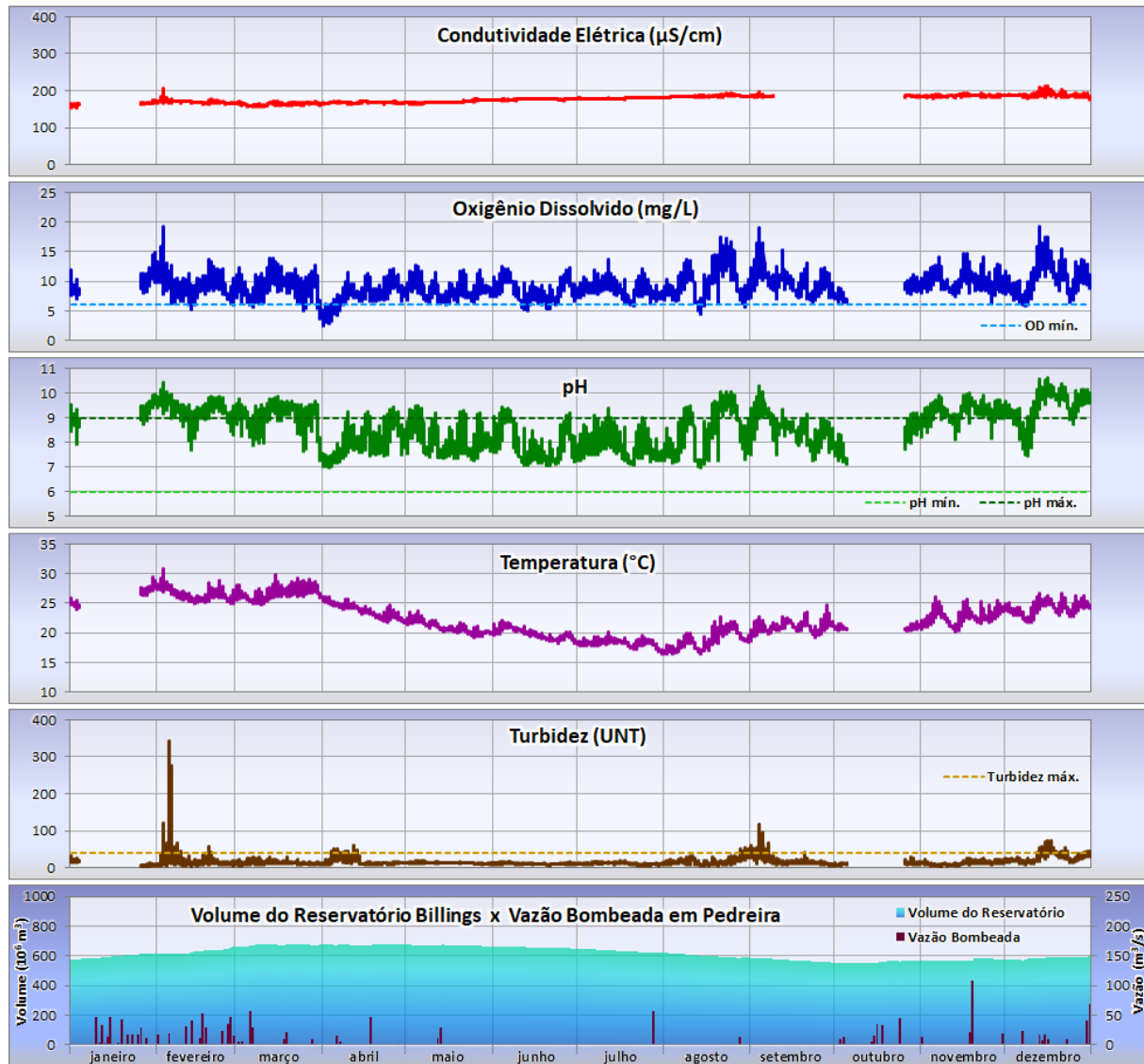
Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

No braço do Taquacetuba (BITQ 00100) foi encontrado o maior valor de microcistina em 2020. Já em 2021, o maior valor foi encontrado no ponto BILL 02030. Em ambos os cenários, os valores estiveram associados a uma floração de *Microcystis*. Vale destacar que os limites utilizados para comparação da Portaria GM/MS nº888/2021 são para água Potável.

O tempo de residência médio anual (Gráfico 7.28) foi de 881 dias, sendo superior aos registrados nos dois anos anteriores (2019 = 531 dias e 2020 = 575 dias), sobretudo devido ao maior tempo de retenção nos primeiros meses do ano (janeiro a junho).

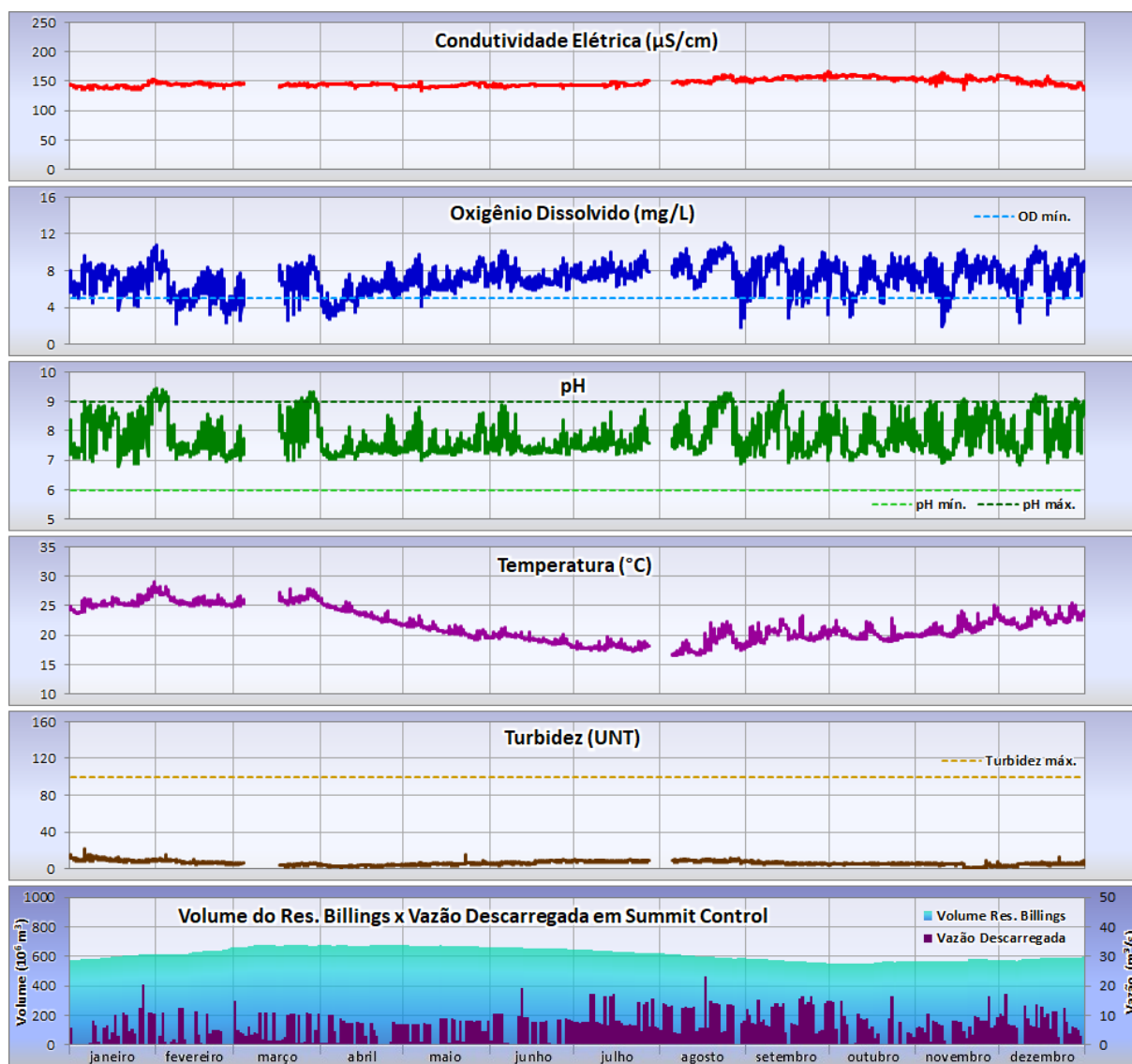
Gráfico 7.28 – Tempo de residência (dias) do reservatório Billings em 2021.

A qualidade da água no braço do Taquacetuba pode ser acompanhada através dos dados horários da Estação Automática Taquacetuba apresentados na Figura 7.18.

Figura 7.18 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taquacetuba de janeiro a dezembro de 2021

A Estação Automática Taquacetuba determina a qualidade das águas revertidas do reservatório Billings para o reservatório Guarapiranga. O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade em 97% do tempo, apresentando grande variabilidade e atingindo valores superiores a 15 mg L^{-1} . 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 apresentou valores que excedem o padrão de qualidade em 40% do tempo. A Turbidez atendeu o padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 95% do tempo.

A Figura 7.19 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Summit Control em 2021.

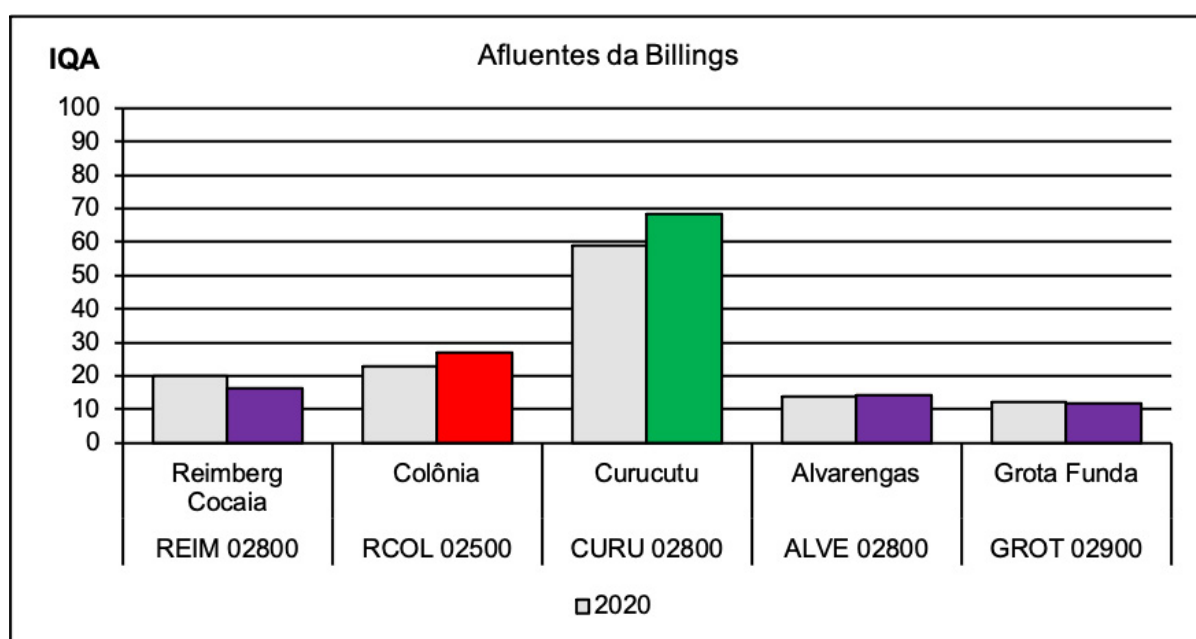
Figura 7.19 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Summit Control de janeiro a dezembro de 2021

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 $150 \mu\text{S cm}^{-1}$ durante todo o ano. O Oxigênio Dissolvido apresentou grande variabilidade, atingindo valores tanto acima de 10 mg L^{-1} , quanto abaixo do padrão (9% 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 5% 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 7.29. Dos 5 afluentes monitorados, apenas o córrego Curucutu manteve a classificação na categoria Boa do IQA, de forma semelhante à 2020. Os afluentes Colônia, Alvarengas e Grota Funda mantiveram a classificação Ruim e Péssima do ano anterior, sendo que o ribeirão Reimberg Cocaia piorou a sua média do IQA, passando para a categoria Péssima. Cabe reforçar que a classificação Ruim e Péssima do IQA foi influenciada por parâmetros associados a presença de matéria orgânica, a exemplo de concentrações elevadas de DBO, *E.coli* e Fósforo Total e baixos níveis de OD, indicando a necessidade de implementação de melhorias no saneamento, além de ações para gestão de uso e ocupação do solo, nas respectivas sub-bacias desse reservatório que possibilitem o atingimento das metas estabelecidas no Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica da Billings – PDPA Billings.

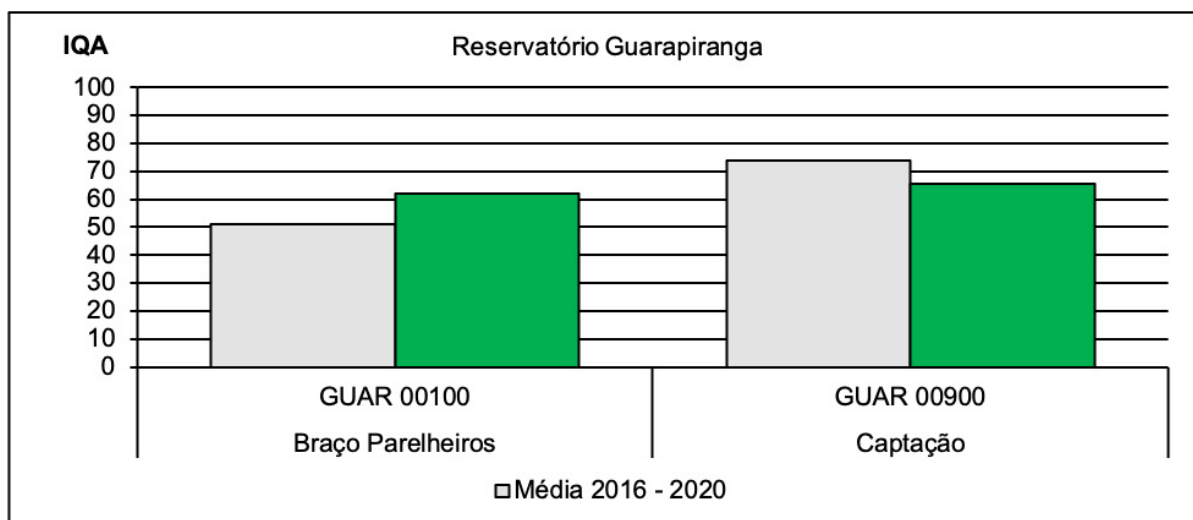
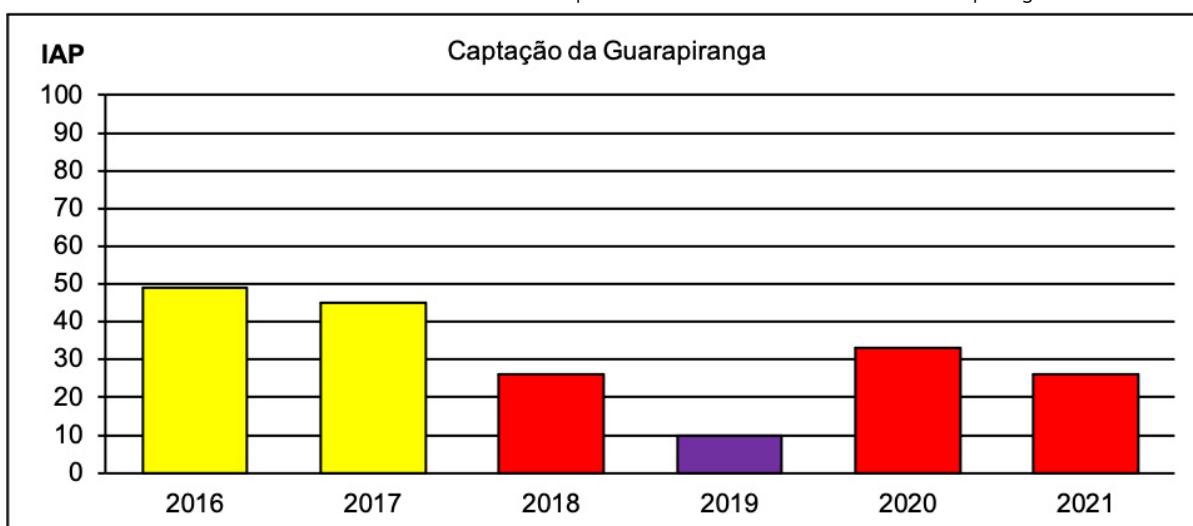
Gráfico 7.29 – IQA dos afluentes do reservatório Billings – 2021



7.6.2 Reservatório Guarapiranga

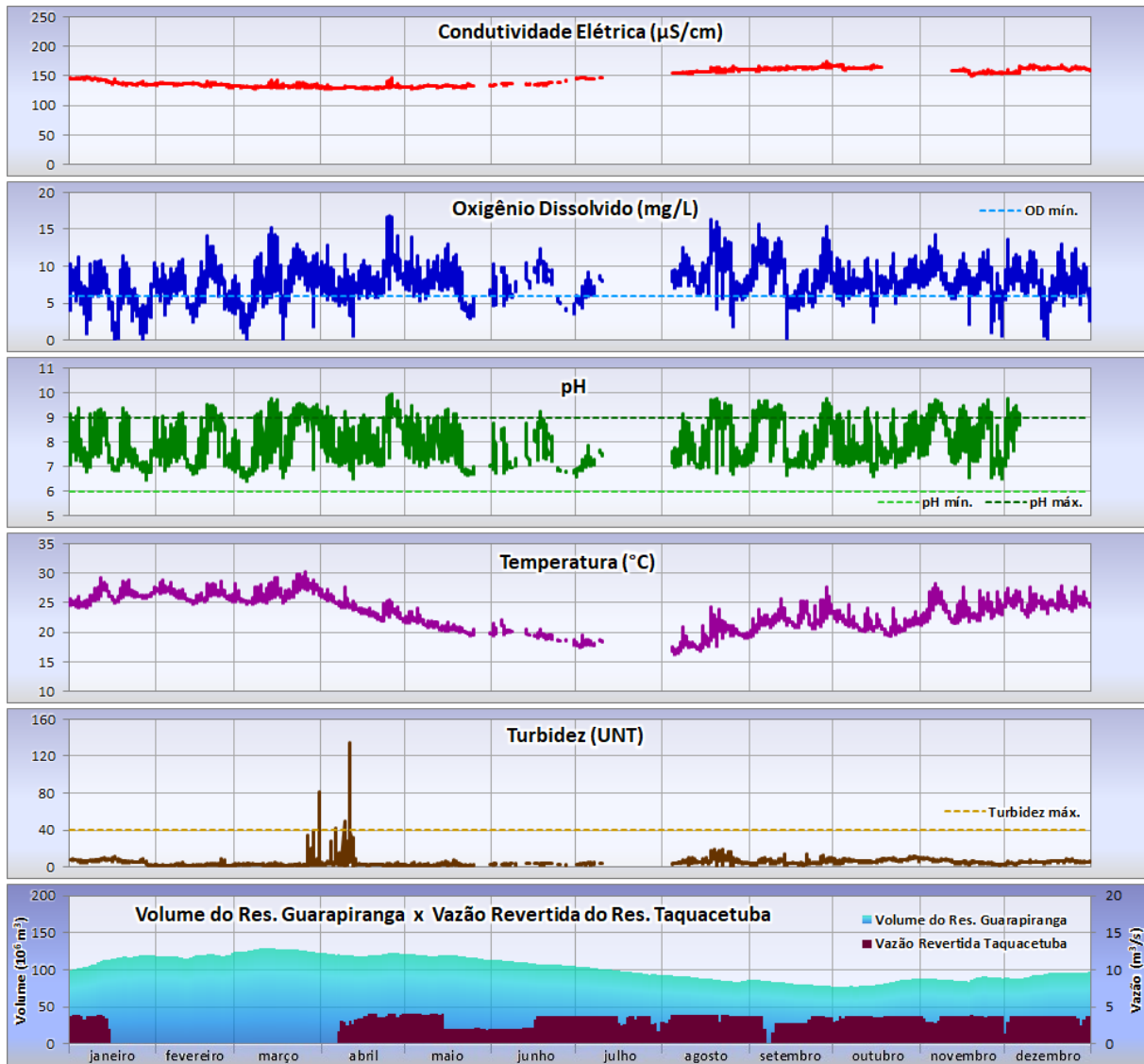
Existem 2 pontos de amostragem no reservatório Guarapiranga: o ponto GUAR 00900 indica a condição de qualidade da água próxima à barragem, local de captação; o outro ponto, GUAR 00100, reflete qualidade da água próxima à foz do rio Parelheiros, assim como a diluição da água bombeada do reservatório Billings (braço do Taquacetuba) para esse reservatório.

Em 2021, a qualidade das águas no braço de Parelheiros (GUAR 00100) melhorou passando da categoria Regular para a Boa, ficando acima da média histórica. É importante ressaltar que a qualidade das águas nesse ponto, 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. No entanto, foram registradas menores concentrações de COT e *E. coli* e maiores níveis de OD nesse ponto em 2021, o que influenciou a melhora do IQA. Já no ponto GUAR 00900, junto ao ponto de captação da SABESP, o IQA manteve-se na categoria Boa (Gráfico 7.30), embora abaixo da média histórica dos últimos 5 anos, influenciada principalmente por menores níveis de OD e maiores concentrações de COT no período seco.

Gráfico 7.30 – Perfil do IQA no reservatório Guarapiranga em 2021 e nos últimos 5 anos**Gráfico 7.31** – 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 2016 a 2021 é apresentada no Gráfico 7.31. Observa-se uma piora gradual na média anual do IAP até 2019. Em 2021, a qualidade manteve-se na categoria Ruim, igualmente a 2020 e 2018. A qualidade da água para fins de abastecimento público nesse 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 2021, foram registradas nesse ponto densidades de cianobactérias entre 17 e 82 mil céls/mL e de PFTHM entre 410 e 550 $\mu\text{g L}^{-1}$.

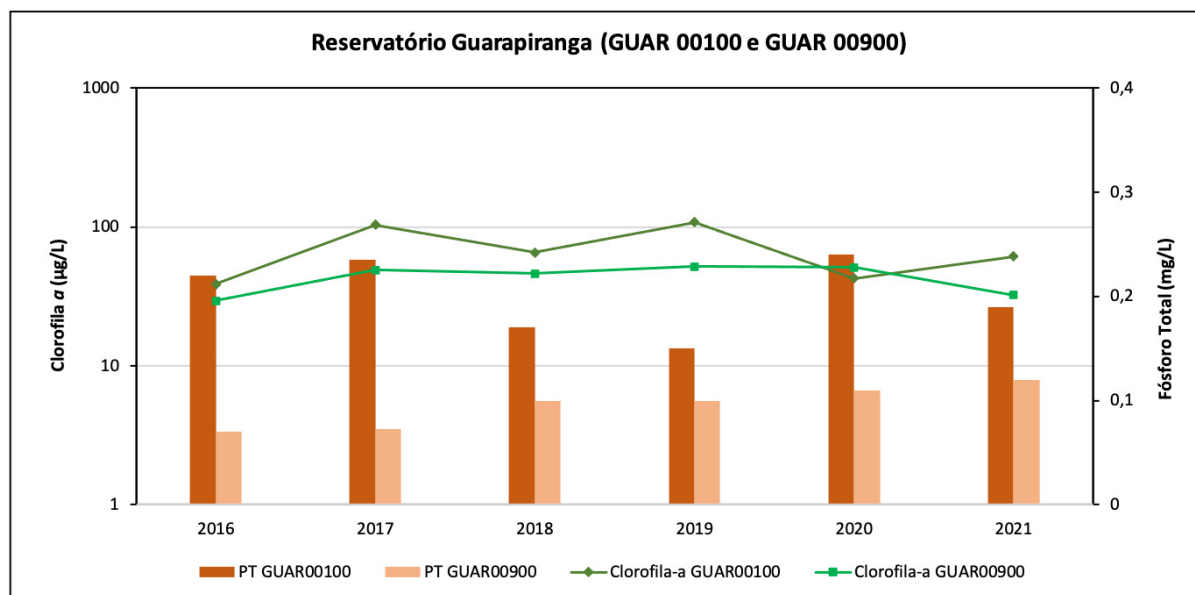
A Figura 7.20 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Guarapiranga em 2021.

Figura 7.20 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Guarapiranga de janeiro a dezembro de 2021

A Estação Automática Guarapiranga localiza-se junto à captação da SABESP para a ETA Rodolfo José da Costa e Silva localizada no Alto da Boa Vista, que tratou a vazão média de $13,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 2021. O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade para corpos de água Classe 1 em 80% do tempo e apresenta grande variabilidade, com eventos tanto de valores próximos de zero quanto acima de 15 mg L^{-1} . 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 18% 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.

As concentrações médias anuais de Fósforo Total e Clorofila *a* no braço do Parelheiros (GUAR 00100) foram consistentemente mais elevadas que as do ponto da captação (GUAR 00900) (Gráfico 7.32). Em 2021, em ambos os pontos, tanto Fósforo Total como Clorofila *a* superaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 nas 3 campanhas realizadas.

Gráfico 7.32 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Guarapiranga (GUAR 00100 e GUAR 00900) - 2016 a 2021.



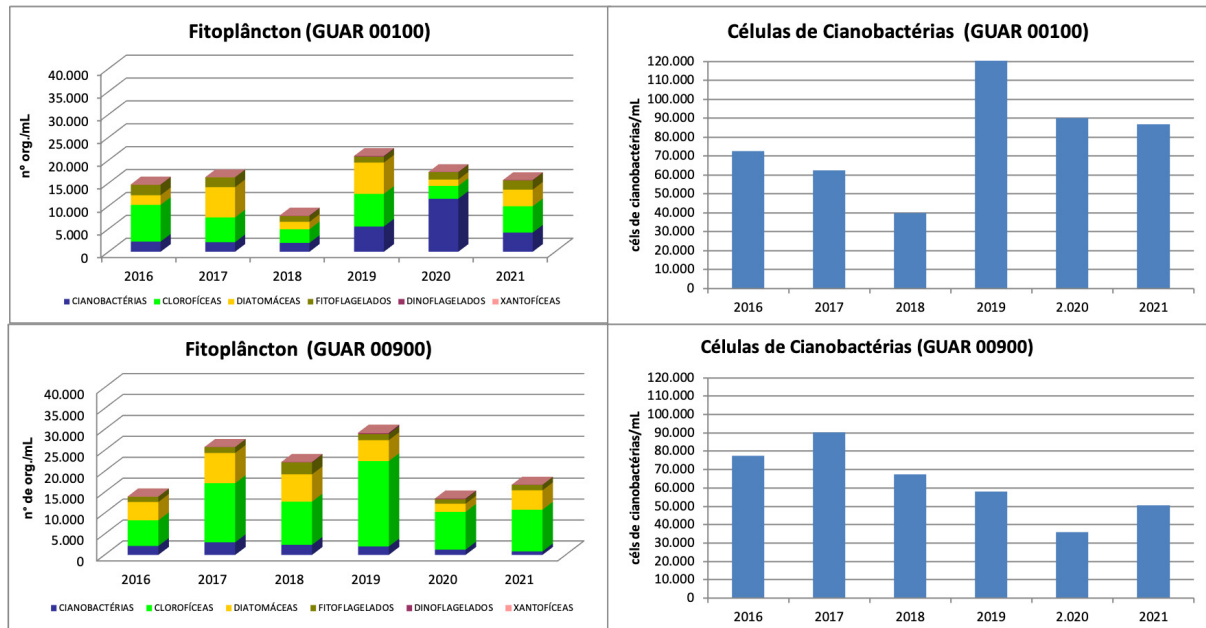
O ponto GUAR 00100 encontra-se extremamente eutrofizado desde 2016, exibindo condição trófica, segundo a média anual do IET, de Supereutrófica a Hipereutrófica. Em 2021, foi classificado como Supereutrófico, com indicativos de impactos relacionados ao lançamento de efluentes domésticos, visto que, foi observada presença de *E. coli* em não conformidade com a legislação em todas as campanhas.

O ponto da captação (GUAR 00900), encontra-se eutrofizado e também desde 2016, vem exibindo condição trófica, segundo o IET, de Eutrófica a Supereutrófica. Nesse ponto é possível observar, pelos dados históricos, que as médias anuais de Fósforo Total vêm exibindo uma elevação gradual a partir de 2016. Em 2021, as concentrações de Clorofila *a*, foram influenciadas principalmente pelos grupos das Clorofíceas, Diatomáceas e Fitoflagelados. A média anual de Clorofila *a*, nesse ponto, exibiu uma queda em relação aos últimos 4 anos. No entanto, cabe ressaltar que, foi observado, nesse período, a maior concentração de Feofitina *a*, produto da degradação da Clorofila *a*, indicativo do uso de algicida, fato esse corroborado com os valores de Cobre Dissolvido, observados acima do limite estabelecido para água bruta em todos os meses amostrados.

No período de 2016 a 2021, observa-se que ambos os pontos se encontram eutrofizados com as concentrações médias de Clorofila *a*, variando de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, sendo bastante influenciadas pelos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas, Diatomáceas e Fitoflagelados.

A (Figura 7.21) apresenta o histórico da média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias de 2016 a 2021. De 2020 para 2021, houve melhora sutil da qualidade de água no ponto GUAR 00100, em relação à composição da comunidade com diminuição da contribuição de Cianobactérias. As densidades médias do fitoplâncton e de células não tiveram alterações significativas. Já no ponto GUAR 00900, houve piora discreta, com aumento da densidade média anual da comunidade e da contagem de Células de Cianobactérias.

Figura 7.21 – Média anual da Comunidade Fitoplânctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Guarapiranga - 2016 a 2021



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias foram apontados no Quadro 7.12.

Quadro 7.12 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (células mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium* por ponto. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Guarapiranga (pontos GUAR 00100 e GUAR 00900).

	Coleta por ano	Média anual (org mL^{-1})	Média anual NCC (células mL^{-1})	Maior valor NCC do ano (células mL^{-1})	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
GUAR 00100	2020						Alterações pouco significativas. Em setembro de 2021, 37% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis/Woronichinia</i> e 28% de <i>Aphanocapsa</i> . (2)
	3	17.444	89.961	149.248 (dezembro)	0	P	
	2021						Piora sutil. Em junho de 2021, 95% das células pertenciam ao gênero <i>Woronichinia</i> . (2)
	3	15.682	86.666	137.099 (setembro)	0	P	
GUAR 00900	2020						
	4	13.495	35.790	74.062 (dezembro)	25	P	
	2021						
	3	16.782	50.531	82.394 (junho)	0	P	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; células mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A – Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ células mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Também foram encontrados organismos de uma cianobactéria filamentosa ainda não identificada, em ambos os pontos.

Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório Guarapiranga, no ponto GUAR 00900. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.13.

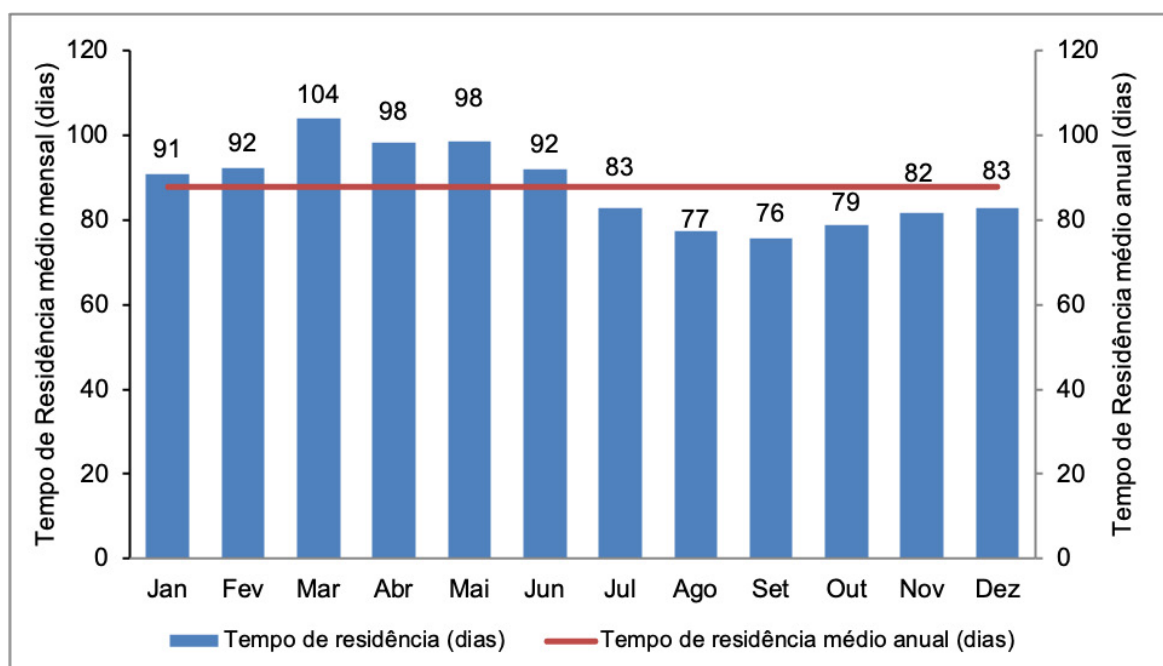
Quadro 7.13 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Guarapiranga no ponto situado próximo da captação (GUAR 00900).

Pontos	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	6 (MC)/ 5 (STX)	0,21 (março)	0,19 (dezembro)	(100 / 100)
2021	3	0,47 (junho)	0,08 (maio)	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

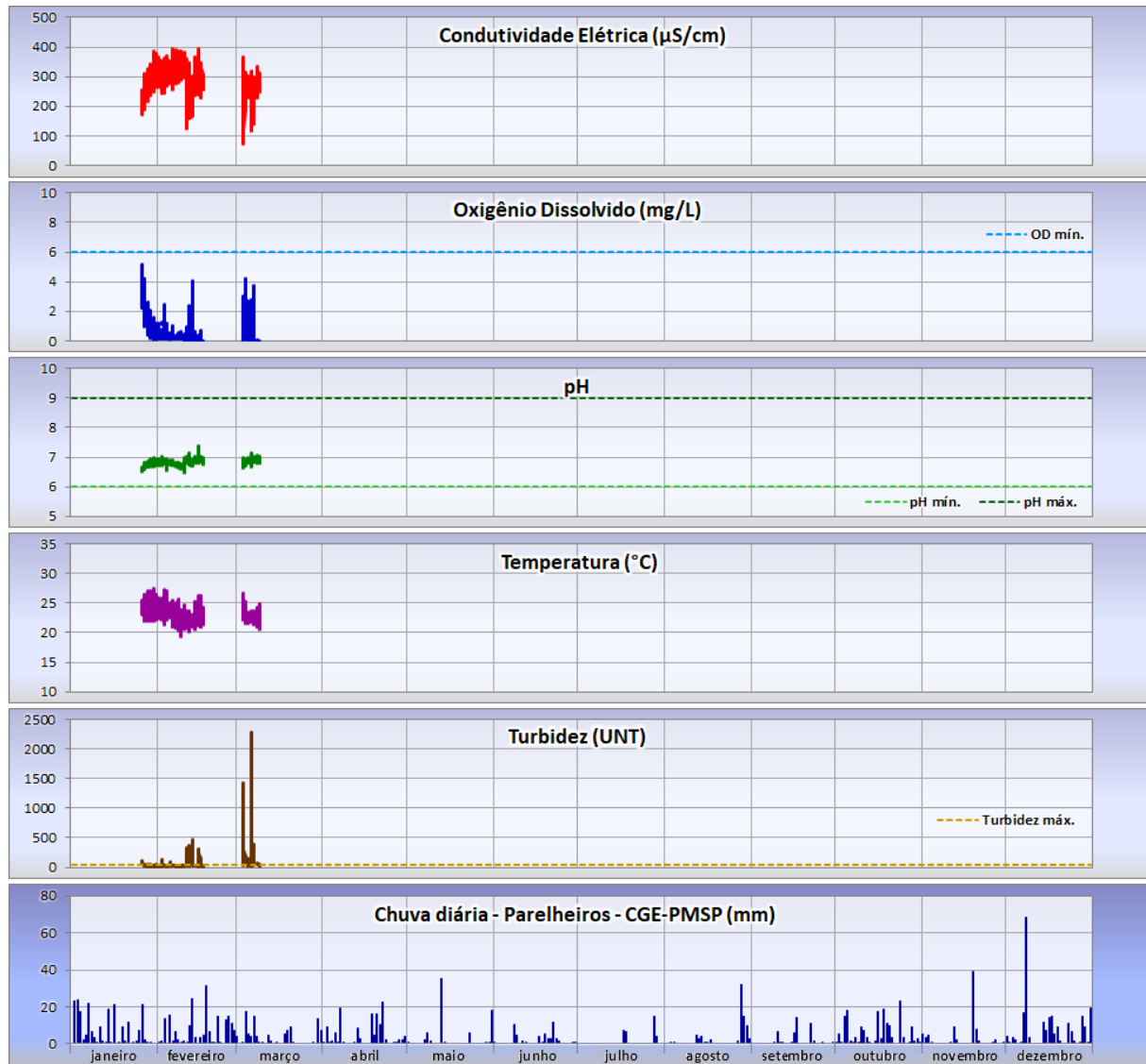
O tempo de residência médio em 2021 (Gráfico 7.33) foi de 88 dias, inferior ao de 2020, que foi de 96 dias.

Gráfico 7.33 – Tempo de residência médio mensal e anual em dias do reservatório Guarapiranga – 2021.



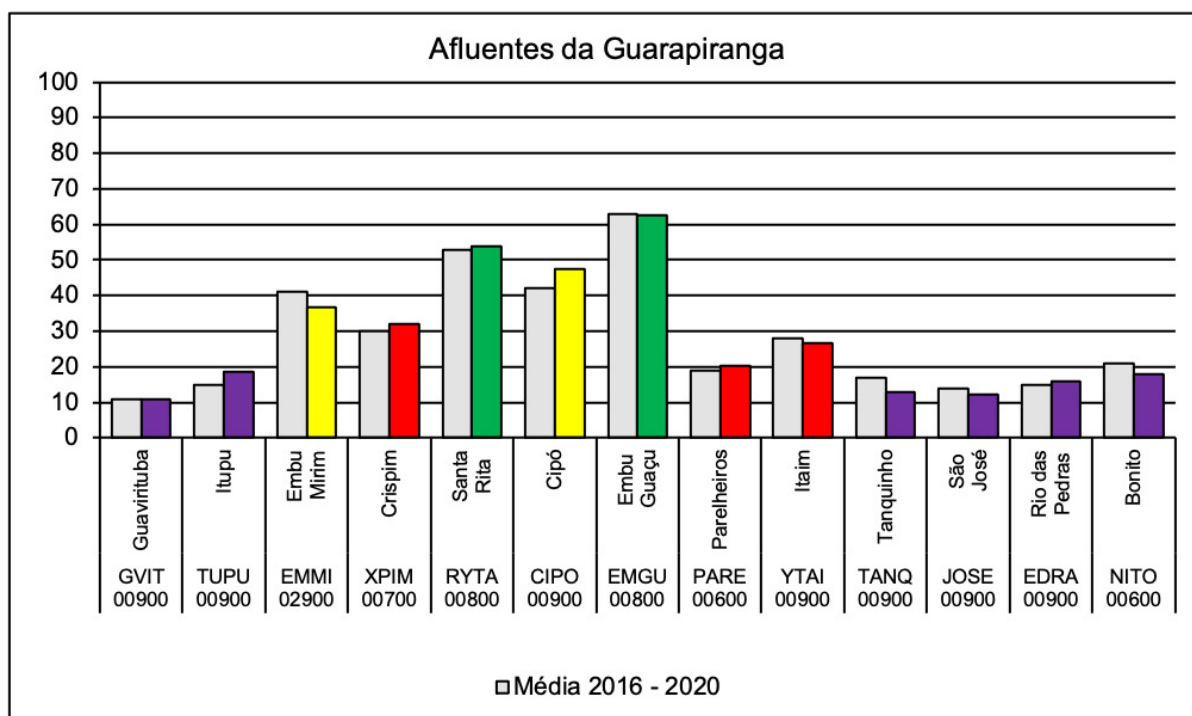
Para aprimoramento do diagnóstico da qualidade da represa Guarapiranga, são monitorados os afluentes desse reservatório: uma estação automática no ribeirão Caulim (Parelheiros) e 13 pontos pertencentes à Rede Básica realizados em conjunto com o Projeto FEHIDRO - Mananciais

A Figura 7.22 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Caulim em 2021.

Figura 7.22 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Caulim de janeiro a dezembro de 2021

A Estação Automática Caulim monitorava a qualidade das águas do rio Caulim, importante contribuinte do reservatório Guarapiranga. A estação estava localizada a montante do ponto de descarga das águas bombeadas do reservatório Billings, braço do Taquacetuba. Os altos valores de Condutividade Elétrica demonstram tratar-se de um curso de água impactado por cargas poluidoras. O Oxigênio Dissolvido encontra-se abaixo do padrão de qualidade para rios Classe 1 durante 100% do período medido. Apesar de atender ao padrão de Turbidez em 68% do tempo, houve picos superiores a 1000 UNT, geralmente coincidentes com eventos de chuva, o que indica que a lixiviação do solo da bacia contribui para o aporte de cargas difusas. A unidade foi desativada em março de 2021 devido à alteração da conformação da calha do rio imediatamente a jusante do equipamento medidor, o que implicou redução da velocidade do fluxo e intensificação do assoreamento, que, por sua vez, impediu a formação de lâmina de água mínima para medição da qualidade das águas.

O Gráfico 7.34 apresenta o IQA médio anual dos afluentes monitorados do reservatório Guarapiranga.

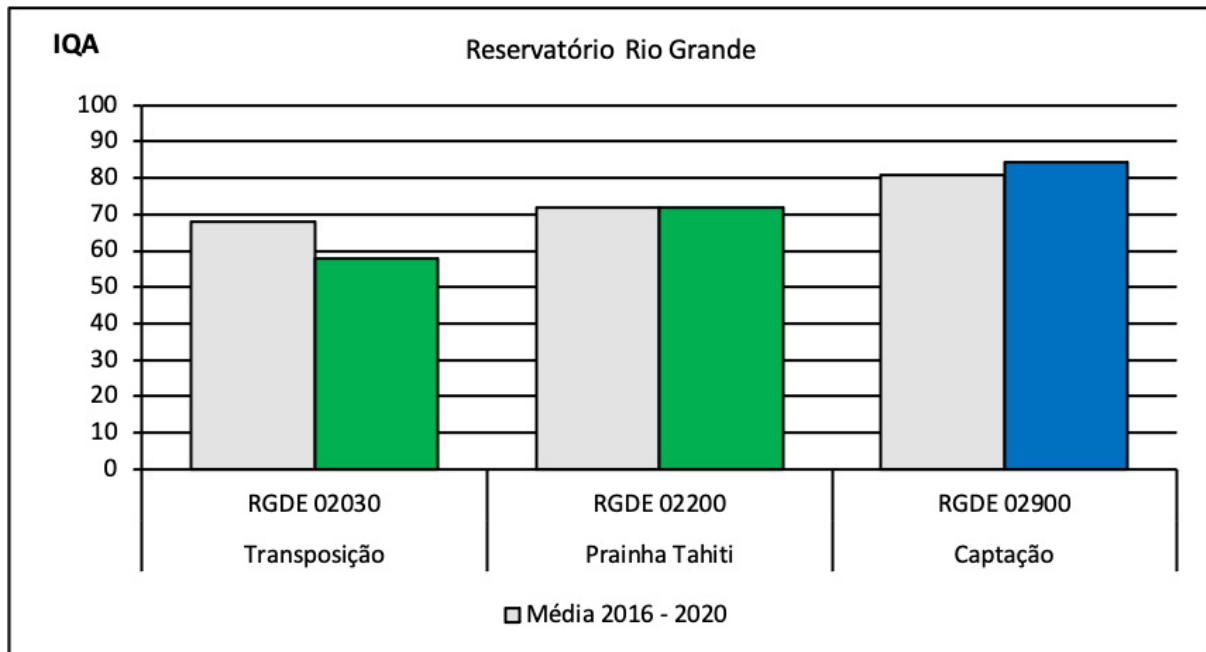
Gráfico 7.34 – IQA dos afluentes do reservatório Guarapiranga – 2021

Em 2021, 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, indicando preservação da qualidade da água na área de influência dessa bacia. Salienta-se a melhora do IQA médio do rio Embu-Mirim nesse ano, que passou da categoria Ruim para a Regular, influenciada por maiores níveis de OD e menores concentrações de *E. coli* no mês de dezembro. Os demais afluentes da represa Guarapiranga foram classificados nas categorias Ruim e Péssima do IQA, as quais foram influenciadas por parâmetros associados a presença de matéria orgânica nesses corpos de água, a exemplo de concentrações elevadas de DBO, *E. coli* e Fósforo Total e Turbidez e baixos níveis de OD, indicando a necessidade de implementação de melhorias no saneamento nas respectivas sub-bacias desse reservatório que possibilitem o atingimento das metas estabelecidas no Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga – PDPA Guarapiranga.

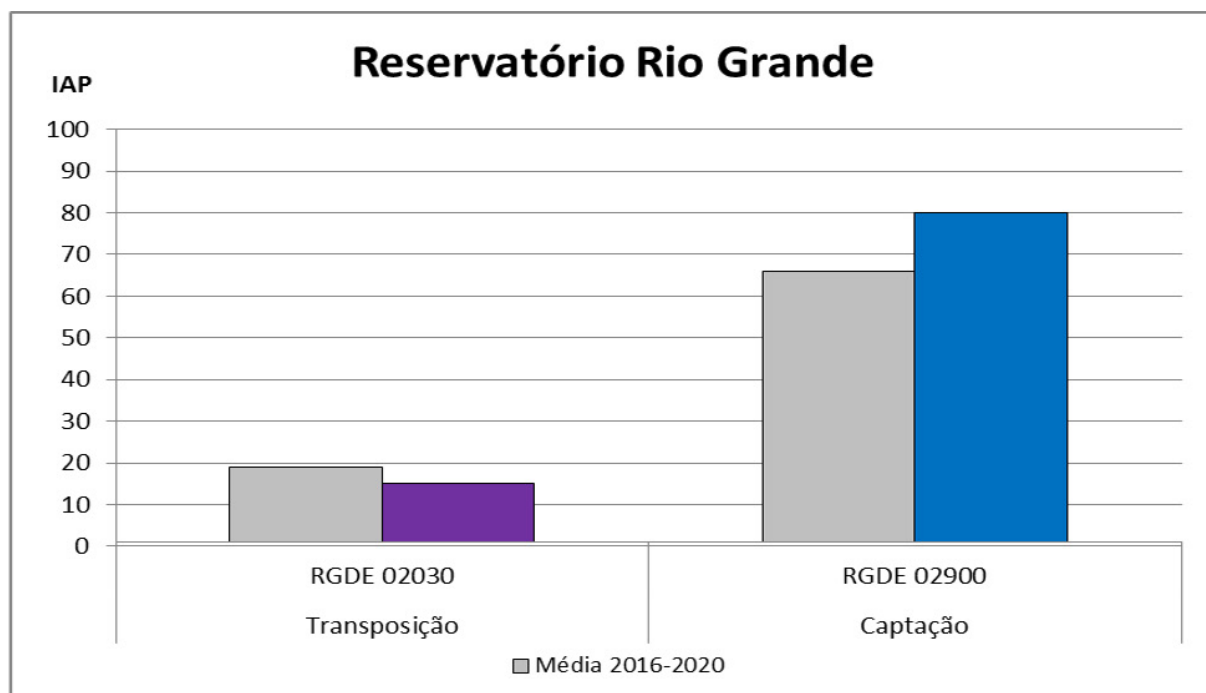
7.6.3 Reservatório Rio Grande

O reservatório Rio Grande foi monitorado em 3 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 Sistema Produtor do Alto Tietê.

Em 2021, a qualidade da água nesse reservatório, avaliada pelo IQA, manteve-se na categoria Boa e Ótima do IQA, igualmente a 2020 e nos mesmos patamares dos últimos 5 anos. No entanto, da mesma forma que em 2020, a média anual do IQA no ponto de transferência ficou sensivelmente abaixo da média histórica, influenciada negativamente por aumentos nas concentrações de Carbono Orgânico Total. (Gráfico 7.35).

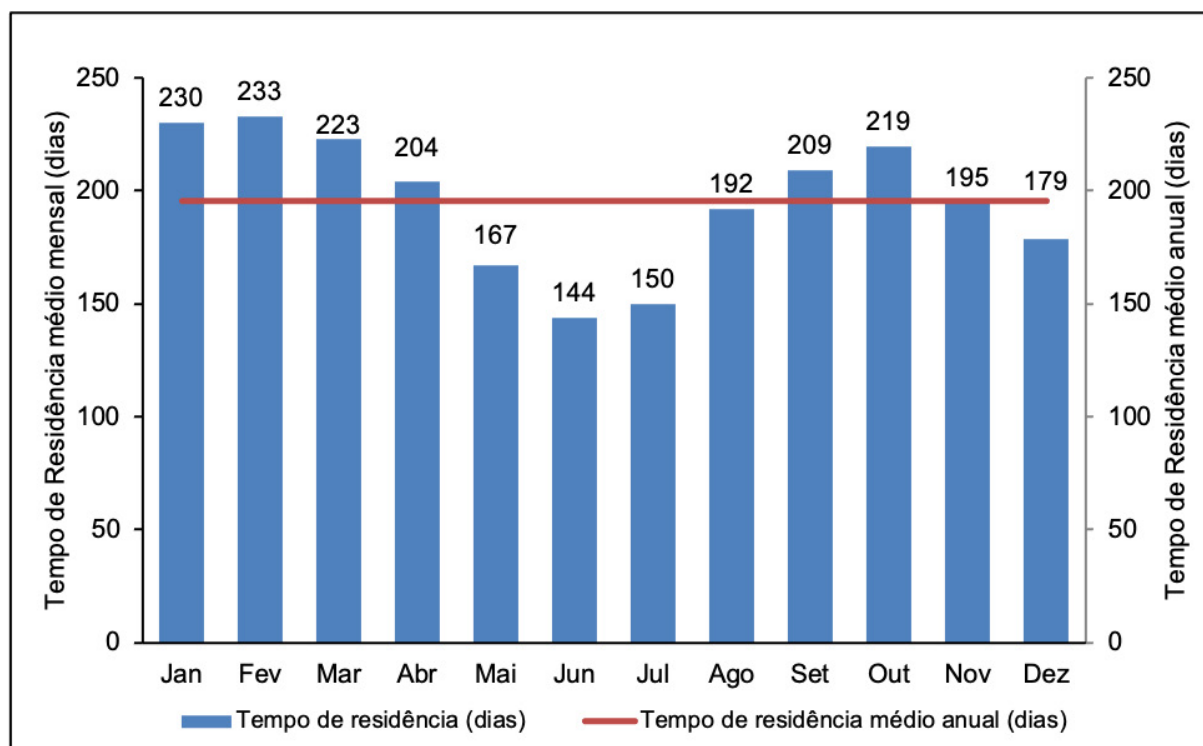
Gráfico 7.35 – Perfil do IQA no reservatório rio Grande em 2021 e nos últimos 5 anos

A classificação do índice que avalia a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público (IAP) manteve em 2021 a qualidade Péssima, no ponto de transferência, que foi inferior à média dos últimos 5 anos, sendo influenciada pelos valores elevados de PFTHM registrados em 75% das campanhas realizadas nesse ano. Já na captação da SABESP, houve melhora do IAP, que passou para a categoria Ótima (Gráfico 7.36), com pontuação anual acima da média histórica, influenciada por densidades menores de Cianobactérias (abaixo de 20.000 céls mL⁻¹) em março, abril e agosto.

Gráfico 7.36 – Perfil do IAP no reservatório rio Grande em 2021 e nos últimos 5 anos

O tempo médio de residência diminuiu de 277 dias em 2019, 237 dias em 2020 para 195 dias em 2021 (Gráfico 7.37).

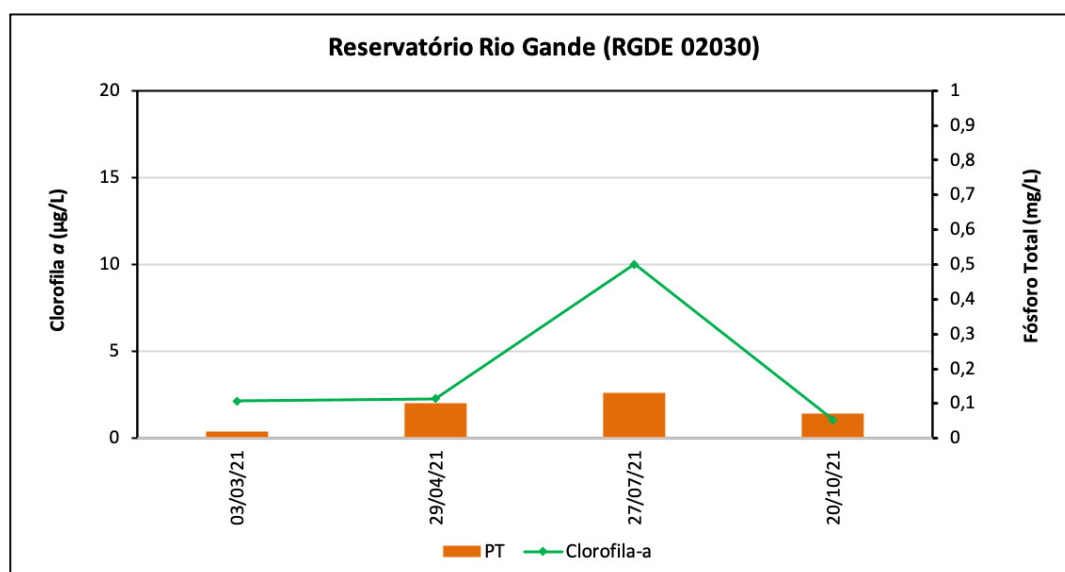
Gráfico 7.37 – Tempo de residência (dias) do reservatório Rio Grande – 2021



7.6.3.1 RGDE 02030 - Foz do rio Grande e transposição para o Taiaçupeba

O Gráfico 7.38 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total em 2021 no ponto (RGDE 02030) no local da transposição.

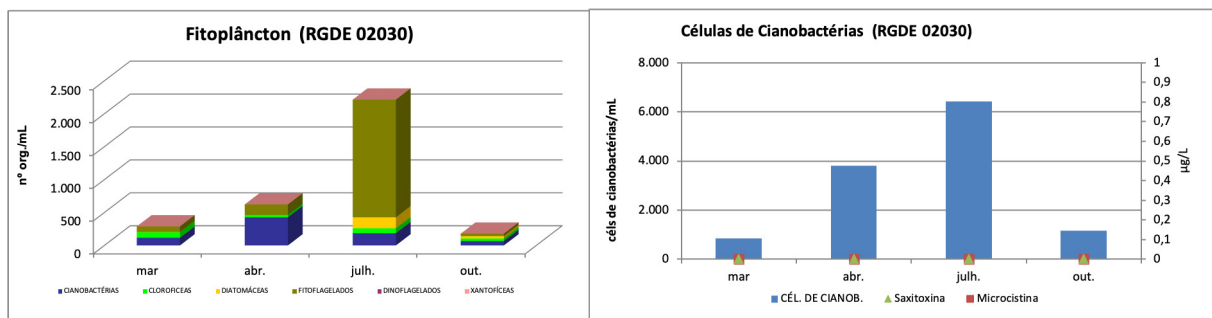
Gráfico 7.38 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Rio Grande (RGDE 02030) em 2021



No ponto RGDE 02030 (Gráfico 7.38), as concentrações de Fósforo Total ultrapassaram o limite de 0,03 mg L⁻¹ estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em abril, julho e outubro, indicando um ambiente Eutrófico a Supereutrófico, com indicativos de impactos relacionados ao lançamento de efluentes domésticos, visto que, foi observada presença de *E. coli* em não conformidade com a legislação em todas as campanhas. Já as concentrações de Clorofila *a* se mantiveram em conformidade com a legislação, com classificações tróficas de Ultraoligotrófica a Mesotrófica, tendo no mês de julho, exibido a maior concentração, influenciada pela dominância do grupo fitoplanctônico dos Fitoflagelados. As concentrações de Clorofila *a*, ao longo do ano, foram influenciadas principalmente, pelas densidades dos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas, Diatomáceas e Fitoflagelados. Em 2021, segundo o IET, a condição trófica nesse ponto variou de Oligotrófica a Mesotrófica, sendo classificado pela média anual como Mesotrófica mantendo a classificação em relação ao ano anterior. No período de 2016 a 2021, esse ponto foi classificado como Eutrófico apenas em 2018, nos demais manteve a classificação Mesotrófica, porém próxima ao limite máximo dessa classe.

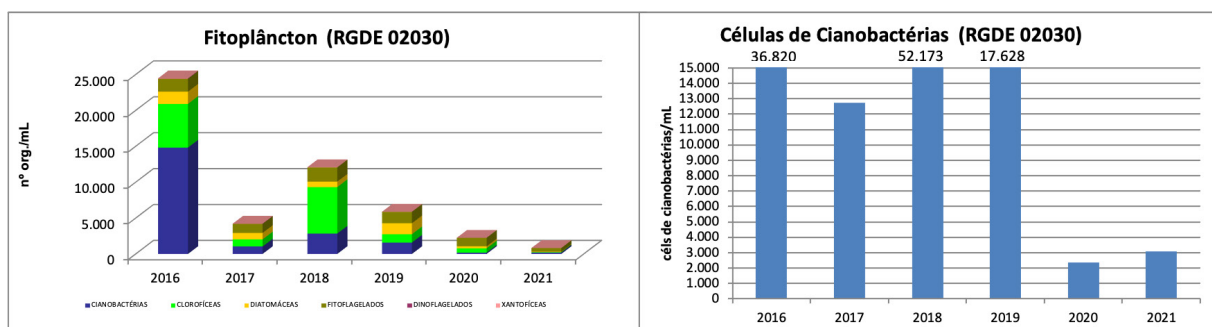
Em relação à comunidade fitoplanctônica, verifica-se queda da densidade média anual desde 2018. Em relação à Células de Cianobactérias (Figura 7.23), houve uma queda abrupta de 2019 para 2020 e um aumento sutil entre 2020 e 2021.

Figura 7.23 – Médias anuais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande, corpo central (RGDE 02030) 2021



Os resultados mensais evidenciaram variações na densidade e composição da comunidade, com os resultados mais expressivos obtidos em julho (Figura 7.24).

Figura 7.24 – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02030) 2021



Demais dados relevantes foram incluídos no Quadro 7.14

Quadro 7.14 – Resultados de densidade de organismos (org mL⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02030)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
RGDE 02030	2020						Piora sutil de NCC. Em julho de 2021, 82% das células pertenciam a uma cianobactéria filamentosa não identificada.(2)
	4	2.252	2.374	4.792 (junho)	100	A	
	2021						
	3	827	3.063	6.437 (julho)	100	A	

Legenda: org mL⁻¹ - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls mL⁻¹ - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

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

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

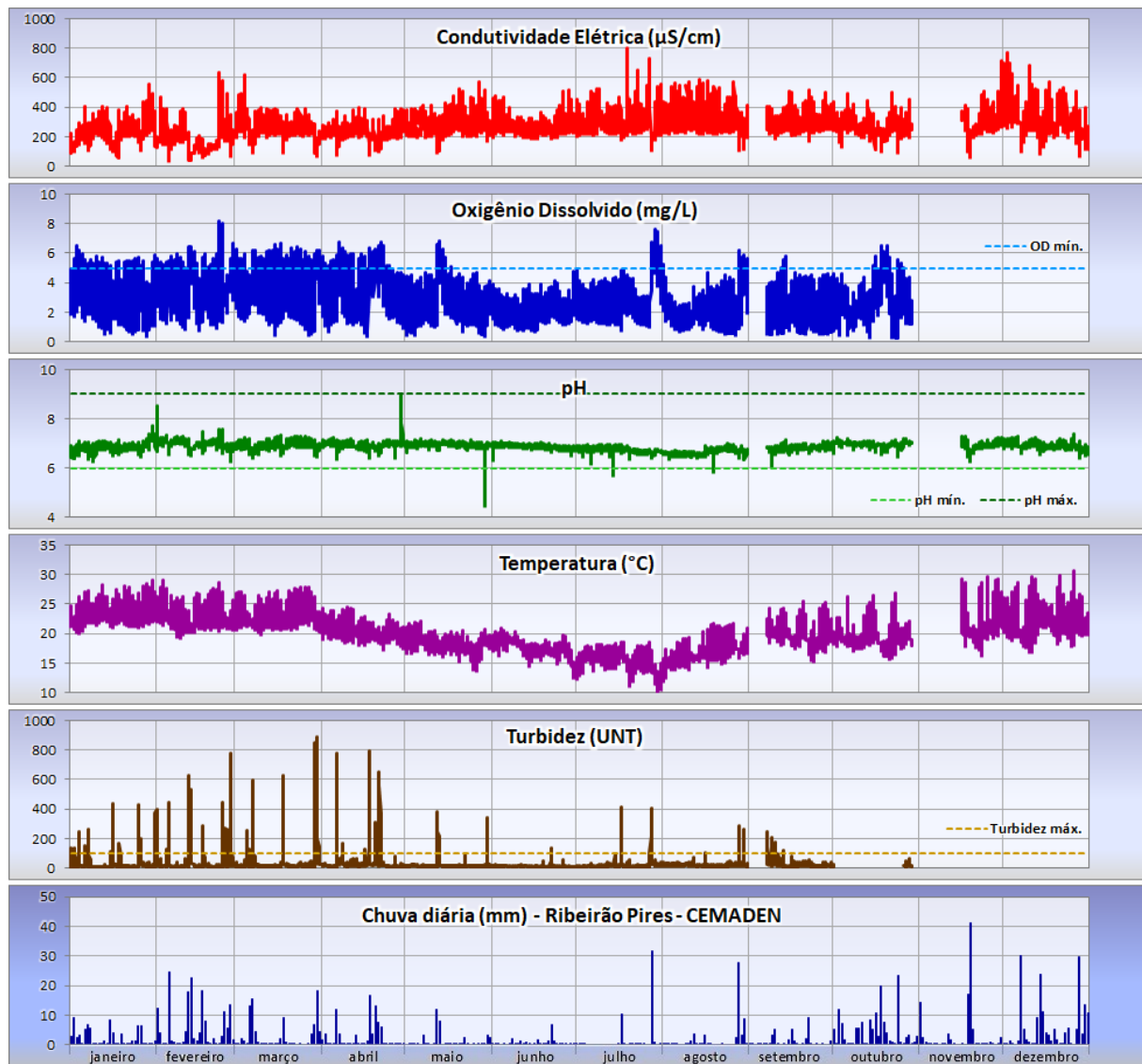
Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.15.

Quadro 7.15 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02030). Comparação entre 2020 e 2021

Pontos	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)(µg L ⁻¹)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)(µg L ⁻¹)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	4	0,17 (agosto)	Todos abaixo do limite de quantificação (<0,02 µg L ⁻¹)	(100 / 100)
2021	4	Todos abaixo do limite de quantificação (<0,15 µg L ⁻¹)	Todos abaixo do limite de quantificação (<0,02 µg L ⁻¹)	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - 1,0 µg.L⁻¹ e Saxitoxina (STX) - 3,0 µg.L⁻¹

A Figura 7.25 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Ribeirão Pires, em 2021, um dos principais formadores do reservatório Rio Grande, que deságua próximo ao ponto RGDE 02030.

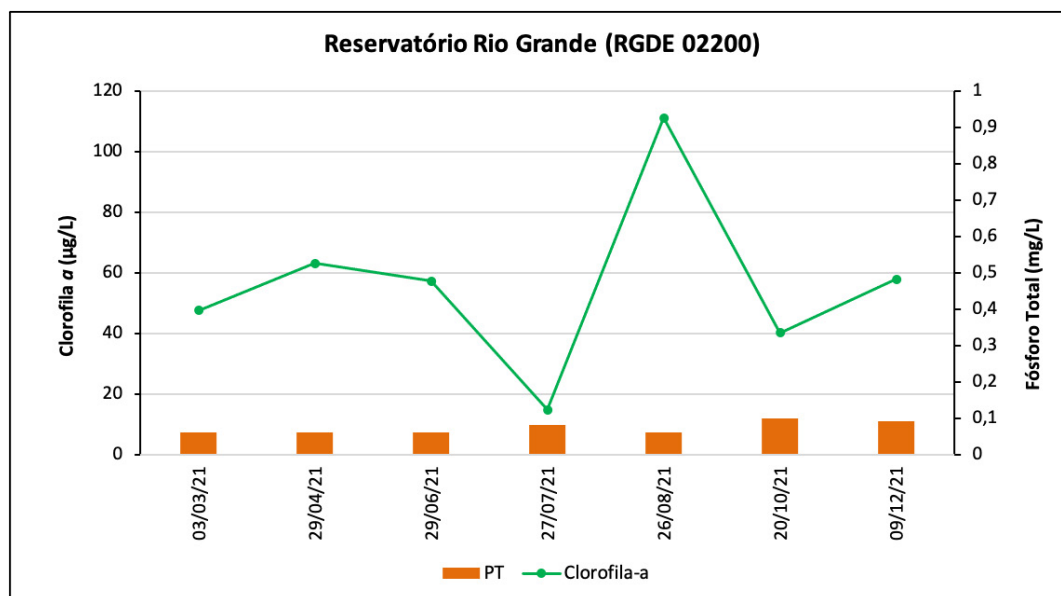
Figura 7.25 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Ribeirão Pires de janeiro a dezembro de 2021

A Estação Automática Ribeirão Pires monitora 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 de mais de $600 \mu\text{S cm}^{-1}$, 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 89% do tempo. A Turbidez atende ao padrão de qualidade durante 96% do ano, apesar dos picos acima de 400 UNT que coincidem com a ocorrência de chuvas, quando há maior aporte de cargas difusas.

7.6.3.2 RGDE 02200 – Prainha de Tahiti

O Gráfico 7.39 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2021, no reservatório rio Grande (RGDE 02200), localizado no corpo central.

Gráfico 7.39 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02200) em 2021

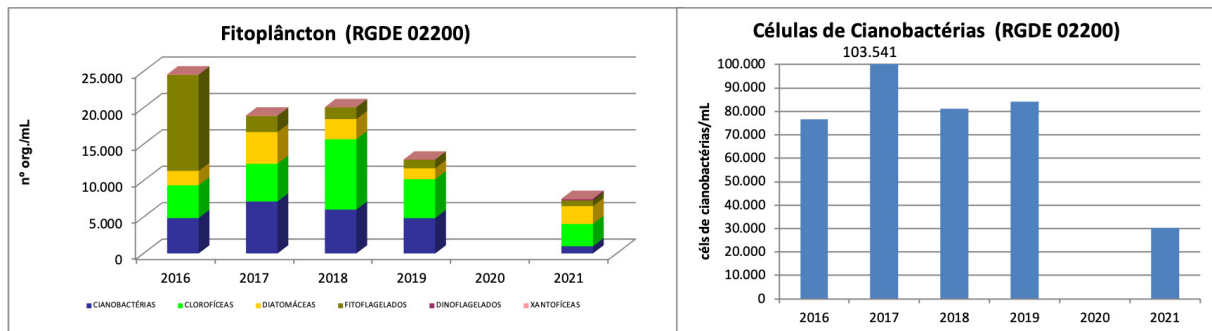


No ponto RGDE 02200 (Gráfico 7.39), as concentrações de Fósforo Total ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, em todas as campanhas, indicando um ambiente com condições tróficas variando de Mesotrófica a Eutrófica. As concentrações de Clorofila *a* em julho, indicaram classificação Eutrófica para esse ponto, ainda dentro do limite estabelecido em legislação. Nos demais meses amostrados, a classificação indicou condição de Supereutrófica a Hipereutrófica, tendo superado o padrão para águas Classe 2. As variações nas concentrações de Clorofila *a* ao longo do ano foram influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias, Diatomáceas e Fitoflagelados e em agosto também pelos Dinoflagelados.

Em 2021, pelo IET, nesse local, a condição trófica variou de Eutrófica a Supereutrófica, sendo classificada pela média anual como Eutrófica, já no limite máximo dessa classe. Cabe ressaltar que nesse ponto foram observadas, em algumas campanhas, concentrações elevadas de Feofitina *a* indicativos de uso de algicida, visto que as concentrações de Cobre Dissolvido nas mesmas campanhas, superaram limite estabelecido em legislação. Desde 2011, esse ponto, vem mantendo a classificação Eutrófica, com exceção de 2013 quando foi classificado como Supereutrófico, sendo o mais eutrofizado desse reservatório.

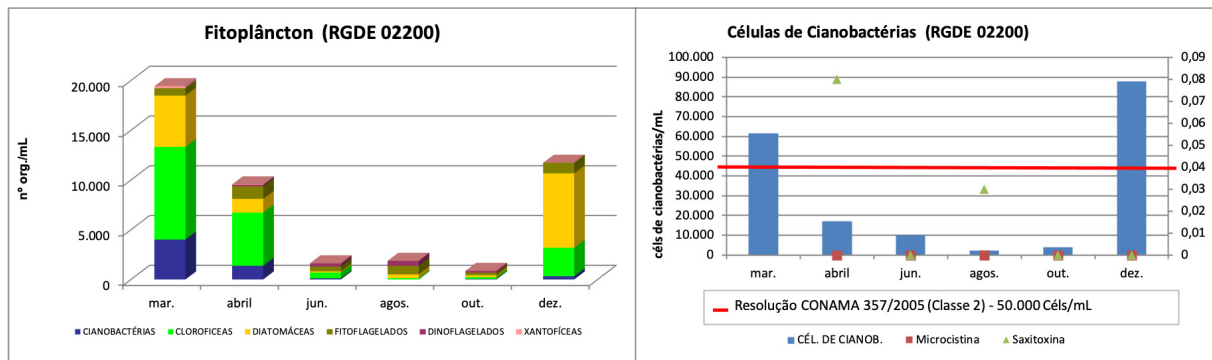
Nota-se que em 2021 houve melhora da qualidade da água quando comparado com os outros anos, com diminuição da densidade de organismos, principalmente em relação à Cianobactérias e diminuição da densidade média anual de Células de Cianobactérias (Figura 7.26). Em 2020, em função da pandemia de Covid 19 foi realizada apenas uma amostragem nesse ponto, por esse motivo o dado não foi incluído no gráfico das médias anuais.

Figura 7.26 – Média anual da Comunidade Fitoplantônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (RGDE 02200) - 2016 a 2021



Os dados mensais evidenciam maior densidade de organismos e de células de Cianobactérias nos meses de março e dezembro (Figura 7.27).

Figura 7.27 – Valores mensais da Comunidade Fitoplantônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02200). Dados de 2021



Demais dados relevantes foram sumarizados no Quadro 7.16.

Quadro 7.16 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (cél. mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02200)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél. mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél. mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
RGDE 02030	2020						Não comparáveis. Apenas uma coleta em 2020. Em dezembro de 2021, 98% das células pertenciam gênero <i>Woronichinia</i> . Ao longo do ano foi encontrado em baixas densidades o gênero <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> .(2)
	1 (out.)	N.C.	N.C	129.193 (outubro)	0	P	
	2021						
	6	7.507	30.413	87.724 (dezembro)	70	P	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; cél. mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A – Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ cél. mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Quadro 7.17 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02200). Dados de 2021

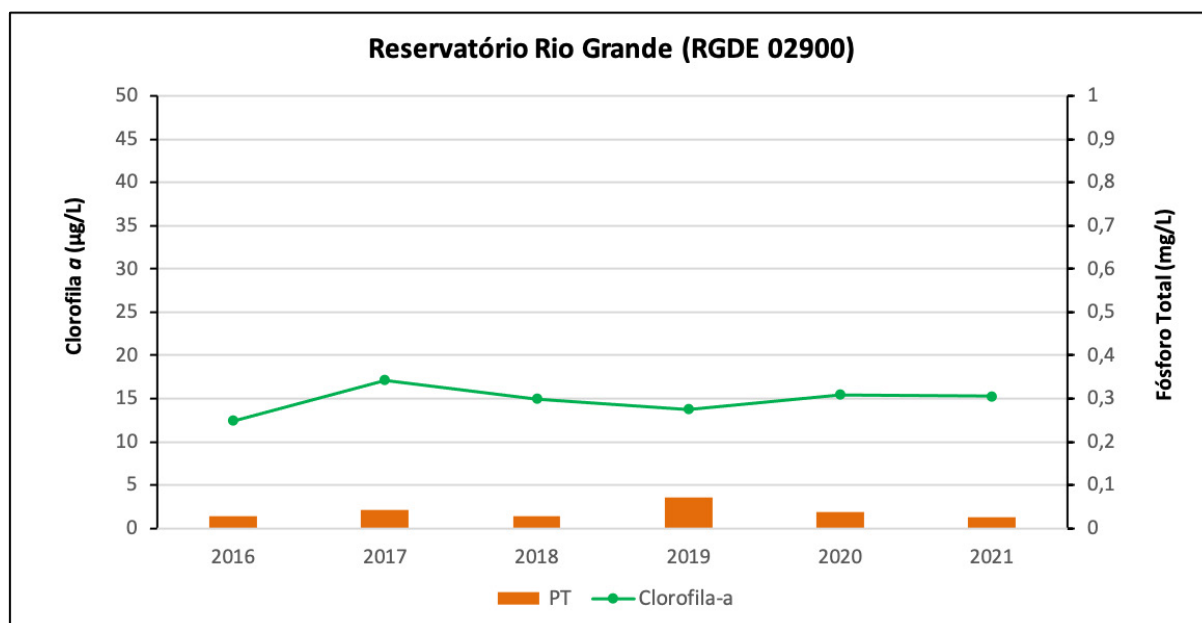
RGDE 02200	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
2021	5	Todos abaixo do limite de quantificação ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	0,08	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

7.6.3.3 RGDE 02900 – Captação para abastecimento público

O Gráfico 7.40 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, no período de 2016 a 2021, no reservatório rio Grande (RGDE 02900), localizado na captação.

Gráfico 7.40 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório rio Grande (RGDE 02900) - 2016 a 2021

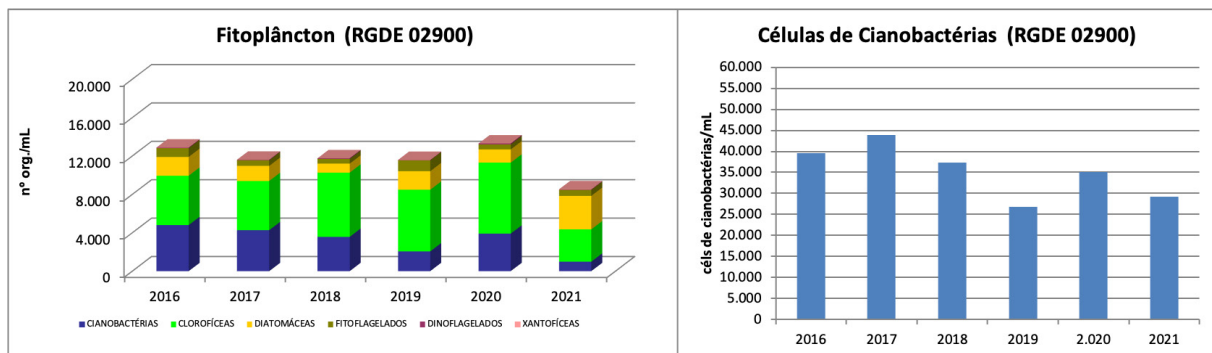


No ponto RGDE 02900 (Gráfico 7.40), considerando o período de 2016 a 2021, a média anual da concentração de Fósforo Total foi maior em 2019 e a de Clorofila *a* em 2017, no entanto, nesse período as variações nas concentrações de Clorofila *a* foram pequenas. As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar ao Número de Células de Cianobactérias. Esse ponto, segundo a média anual do IET, vem mantendo a condição Mesotrófica, observada desde 2011.

Em 2021, apenas em abril a concentração de Fósforo Total superou o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$), mantendo ao longo do ano a condição Mesotrófica. As concentrações mensais de Clorofila *a*, embora em conformidade com o padrão estabelecido, indicaram condição Eutrófica na maioria das campanhas, com a maior concentração em dezembro quando houve dominância do grupo das Diatomáceas. Ao longo do ano, as concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar as densidades de organismos fitoplanctônicos, sendo influenciadas pelos grupos das Clorófitas e Diatomáceas, e principalmente pelo Número de Células de Cianobactérias.

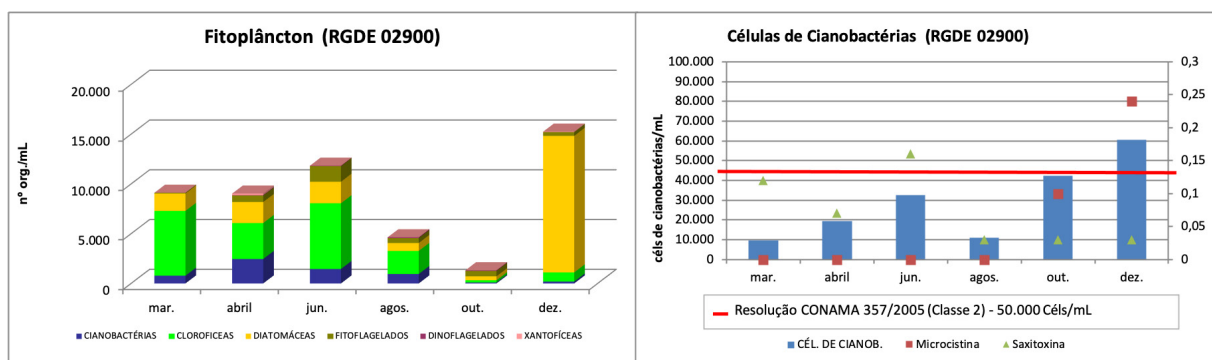
Com relação a comunidade fitoplanctônica houve uma melhora sutil na qualidade da água de 2020 para 2021, com diminuição da densidade média anual de organismos fitoplanctônicos e de Células de Cianobactérias (Figura 7.28).

Figura 7.28 – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório rio Grande próximo da Captação da SABESP (RGDE 02900) - 2016 a 2021



Em outubro, apesar da baixa densidade de organismos da comunidade, foi encontrada elevada densidade de células de Cianobactérias. Tal fato ocorreu em função da presença do gênero *Woronichinia* (potencialmente produtor de microcistina) que é colonial e apresenta agregado denso de células, e contribuiu com 97% das células. Em dezembro, o referido gênero contribuiu com 98% das células. Ainda em dezembro, foi constatada elevada densidade de Diatomácea do gênero *Asterionella*. Esse grupo é problemático, pois pode eventualmente entupir os filtros de uma estação de tratamento de água.

Figura 7.29 – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Densidade de Células de Cianobactérias no reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02900). Dados de 2021



Demais dados relevantes foram sumarizados no Quadro 7.18.

Quadro 7.18 – Resultados de densidade de organismos (org mL⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA n° 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Rio Grande (ponto RGDE 02900)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA n° 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
RGDE 02900	2020						Não comparáveis. Três coletas em 2020 e o dobro em 2021. Isso pode influir nas médias anuais. Em dezembro de 2021, 98% das células pertenciam gênero <i>Woronichinia</i> . Ao longo do ano foram quantificados organismos do gênero <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> (2)
	3	13.305	35.003	81.943 (agosto)	70	P	
	2021						
	6	8.532	29.253	60.620 (dezembro)	80	P	

Legenda: org mL⁻¹ - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls mL⁻¹ - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA n° 357/2005 para Classe Especial (20.000 céls mL⁻¹).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

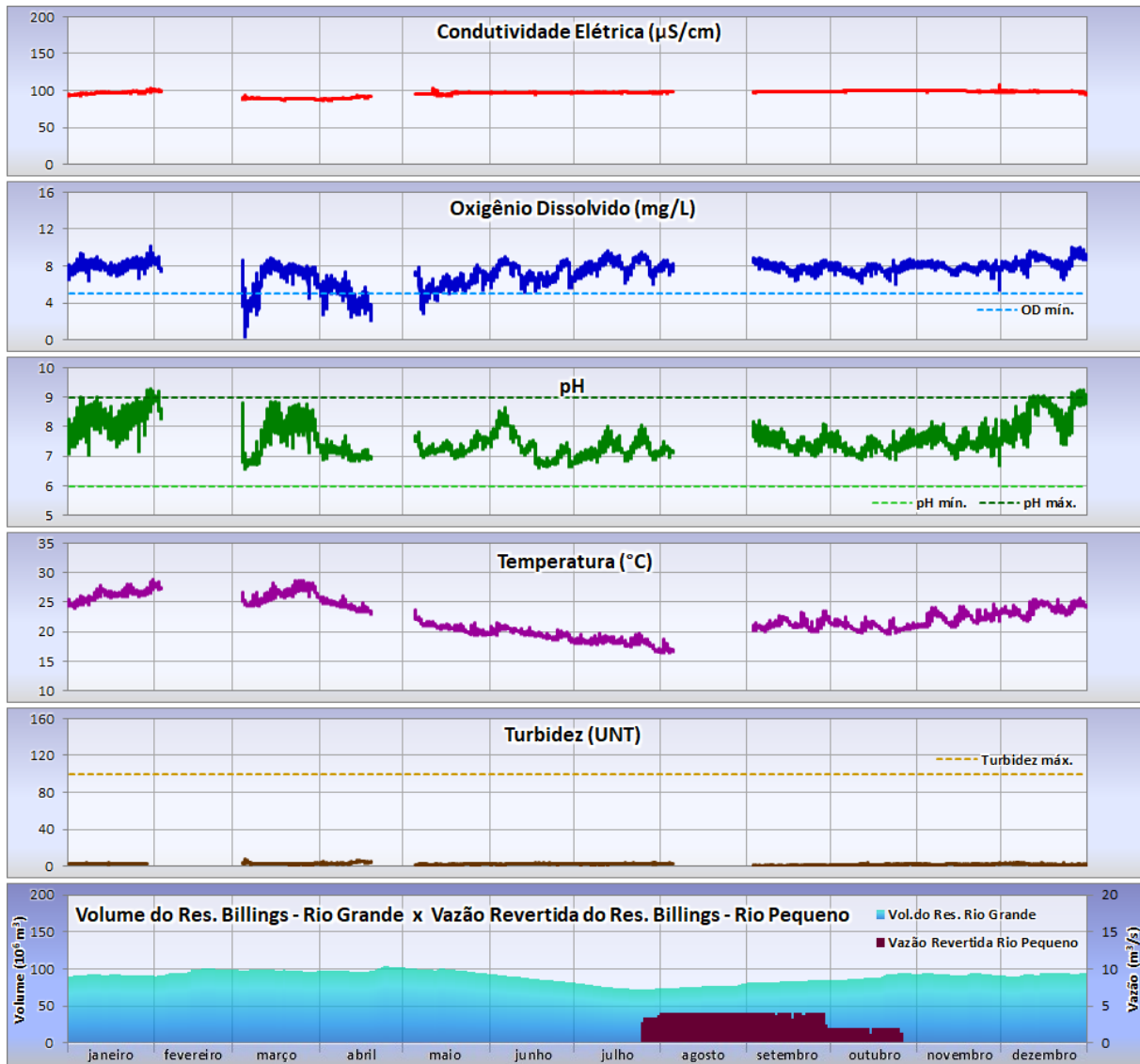
Análises de cianotoxinas foram realizadas na água bruta do reservatório. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.19.

Quadro 7.19 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS n°888/2021, para água tratada. Reservatório Rio Grande (RGDE 02900). Comparação entre 2020 e 2021

RGDE 02200	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)(µg L ⁻¹)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)(µg L ⁻¹)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS n°888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	3	0,18 (agosto)	Todos abaixo do limite de quantificação (< 0,02 µg L ⁻¹)	(100 / 100)
2021	7	0,24	0,16	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - 1,0 µg.L⁻¹ e Saxitoxina (STX) - 3,0 µg.L⁻¹

A Figura 7.30 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rio Grande, na captação, em 2021.

Figura 7.30 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rio Grande de janeiro a dezembro de 2021

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 $4,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 2021. O Oxigênio Dissolvido e o pH atenderam ao padrão de qualidade estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água Classe 2 em 95% e 98% 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. A reversão das águas do braço do Rio Pequeno ocorreu entre os meses de julho e outubro, contribuindo para a recuperação do volume do reservatório Rio Grande. A Condutividade Elétrica manteve-se em torno de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ ao longo de todo o ano.

7.6.4 Alto Tietê

Na cabeceira do rio Tietê, existem os reservatórios de Ponte Nova, Biritiba-Mirim, Jundiá e Taiaçupeba, que são utilizados no suprimento do Sistema Produtor do Alto Tietê.

O Gráfico 7.41 apresenta o perfil do IQA em 2021 para o trecho da nascente do rio Tietê e para os pontos localizados nos reservatórios Jundiá e Taiaçupeba, onde é feita a adução da água bruta para a ETA do SPAT. A qualidade da água foi classificada na categoria Boa do IQA nos trechos de Biritiba-Mirim e Mogi das Cruzes e na categoria Ótima nesses dois reservatórios, mantendo a média dos últimos 5 anos. Destaca-se um aumento da pontuação do IQA médio no rio Tietê a montante do Sistema Alto Tietê, na captação de Biritiba-Mirim (TIET 02050), em relação à média histórica, indicando melhora da qualidade influenciada por maiores níveis de OD e menores concentrações de COT e *E. Coli* em 75% do tempo monitorado.

Gráfico 7.41 – Perfil do IQA no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2021 e nos últimos 5 anos

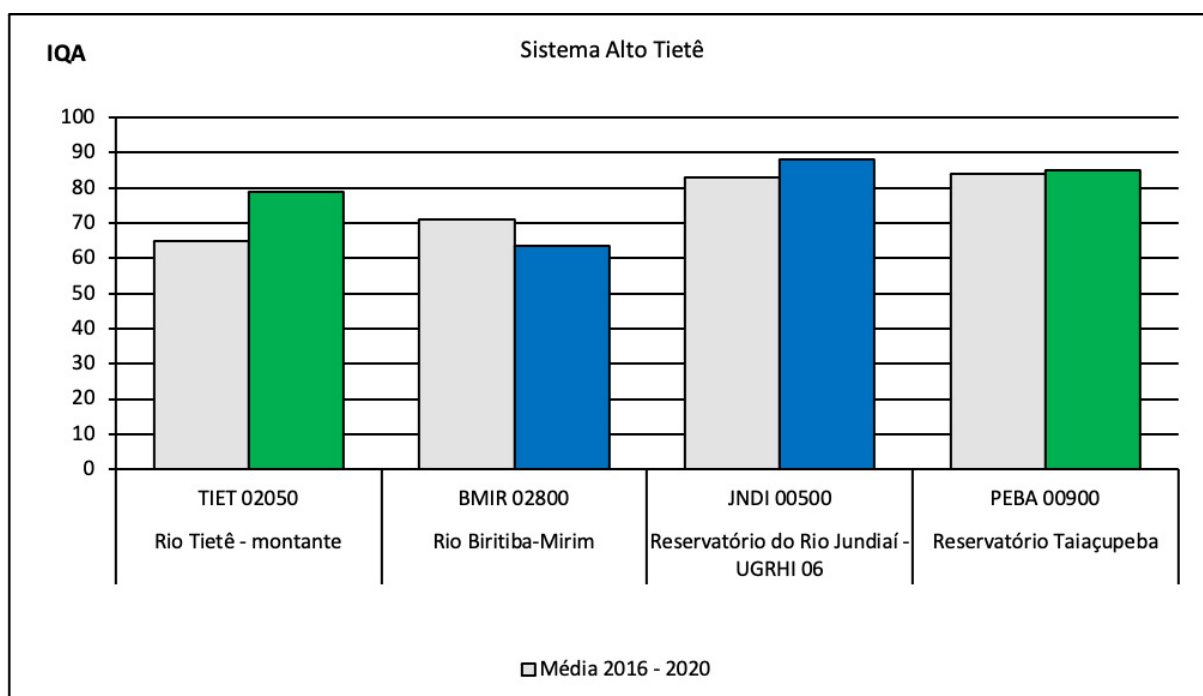
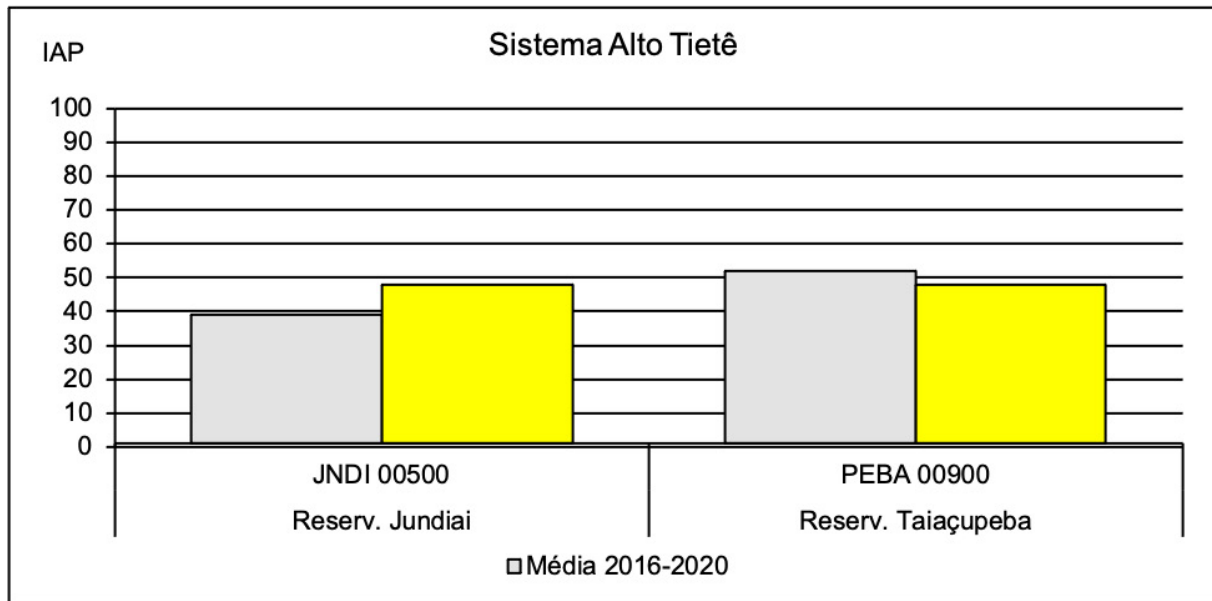
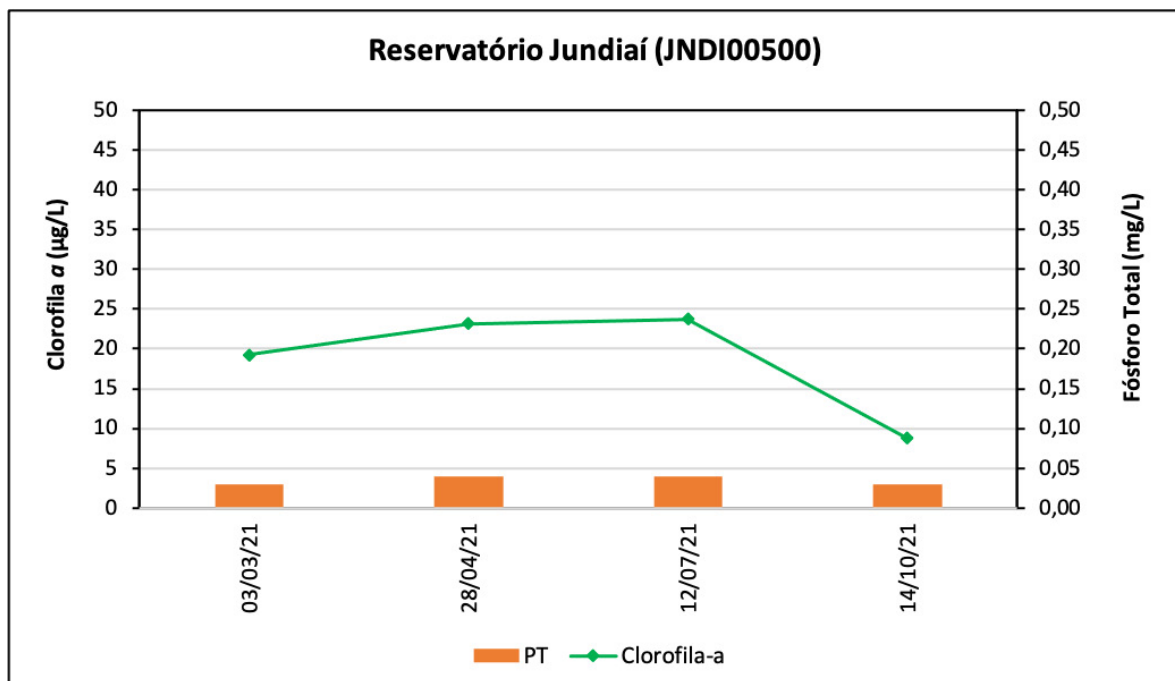


Gráfico 7.42 – Perfil do IAP no Sistema Alto Tietê e rios afluentes em 2021 e nos últimos 5 anos

A qualidade da água avaliada pelo IAP em ambos os reservatórios foi classificada na categoria Regular em 2021, mantendo a média dos últimos 5 anos. Essa classificação foi influenciada por concentrações elevadas de PFTHM em 50% das campanhas realizadas nesse ano (Gráfico 7.42).

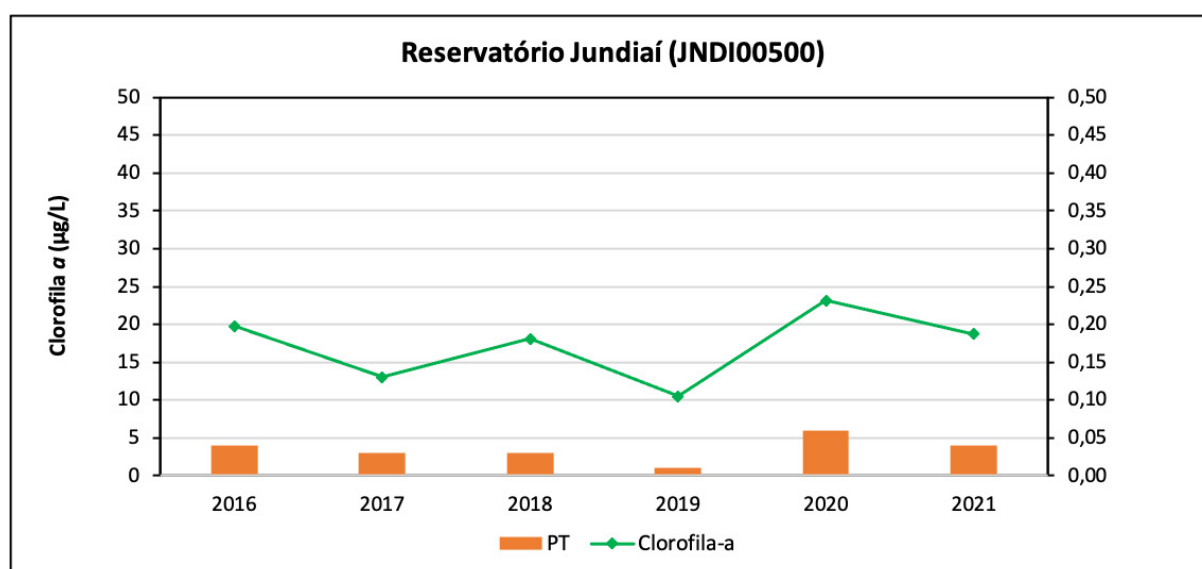
7.6.4.1 Reservatório Jundiaí

O Gráfico 7.43, apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Jundiaí ao longo de 2021.

Gráfico 7.43 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiaí em 2021

Em 2021, esse reservatório exibiu, em todas as campanhas, concentrações mensais de Fósforo Total que superaram os limites de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando condição trófica Mesotrófica. Quanto as concentrações de Clorofila *a*, com exceção de outubro (Mesotrófica), nos demais meses amostrados também superaram o limite de $10 \mu\text{g L}^{-1}$, estabelecido em legislação, indicando condição Eutrófica, e com exceção de outubro, variaram de forma similar às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, influenciadas principalmente pelos grupos das Clorofíceas e Diatomáceas. O valor elevado nas concentrações de Feofitina *a* em abril e outubro são indicativos do uso de algicida nesse reservatório. Pelo IET, considerando o Fósforo Total e a Clorofila *a*, esse reservatório foi classificado apenas em julho como Eutrófico e nos demais meses, bem como na média, como Mesotrófico, exibindo uma discreta melhora em relação ao ano anterior (Gráfico 7.44).

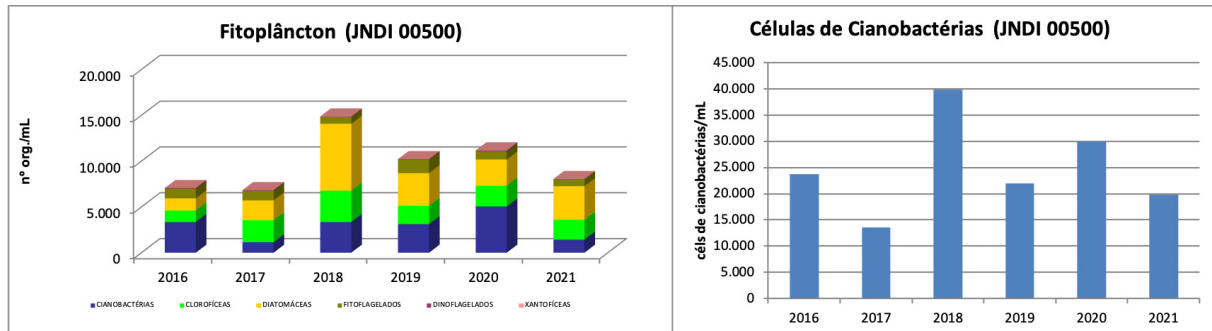
Gráfico 7.44 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Jundiá - 2016 a 2021



No período de 2016 a 2021, com exceção de 2020, esse reservatório foi classificado segundo o IET, como Mesotrófico. Na avaliação dos dados históricos do reservatório Jundiá, pode-se observar que, as concentrações médias anuais de Fósforo Total e Clorofila *a* variaram de forma similar, ambas, exibindo as maiores concentrações em 2020. As concentrações médias anuais de Clorofila *a* podem ser consideradas elevadas para um reservatório enquadrado na Classe Especial e variaram nesse período, de forma similar à densidade de organismos fitoplanctônicos, do grupo das Cianobactérias.

Em relação à comunidade fitoplanctônica, em 2021 houve melhora da qualidade da água, com diminuição da densidade média anual de organismos e menor contribuição de Cianobactérias. A densidade média anual de Células de Cianobactérias também diminuiu (Figura 7.31).

Figura 7.31 – Média anual da Comunidade Fitoplânctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Jundiá - 2016 a 2021



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias foram colocados no Quadro 7.20.

Quadro 7.20 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (células mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Jundiá (ponto JNDI 00500)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél ^s mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél ^s mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
RGDE 02900	2020						Melhora. Em outubro de 2021, 54% das células pertenciam gênero <i>Aphanocapsa</i> . (2)
	4	11.173	29.921	49.577 (julho)	25	A	
	2021						
	4	8.039	19.770	36.406 (Outubro)	75	A	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; células mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ células mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Os gêneros que mais contribuíram para a densidade de células de Cianobactérias durante o ano foram os gêneros picoplânctônicos, *Cyanogranis*, *Epigloeosphaera/Lemmermanniella*, e *Aphanocapsa*. Durante o ano também foram quantificados, em baixas densidades, os gêneros *Raphidiopsis/Cylindrospermopsis* e *Microcystis*. O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.21.

Quadro 7.21 – Concentrações máximas de microcistina e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Jundiá (Ponto JNDI 00500). 2021

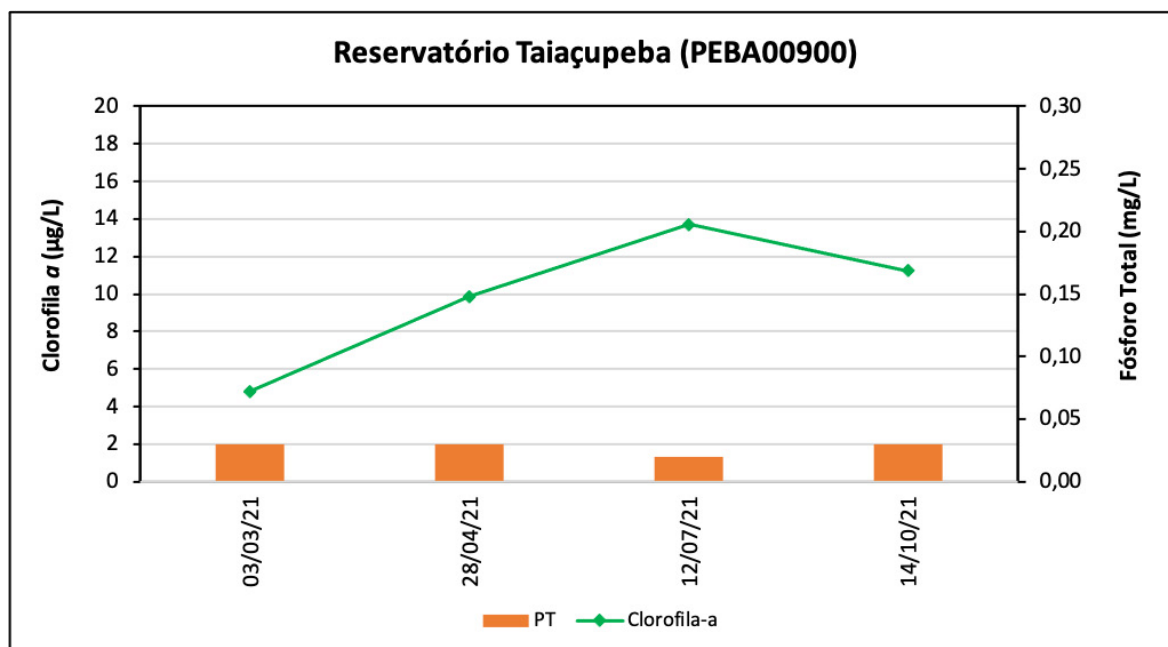
RGDE 02200	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC) ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	1	0,23	100
2021	3	Todos abaixo do limite de quantificação ($<0,15 \mu\text{g L}^{-1}$)	100

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

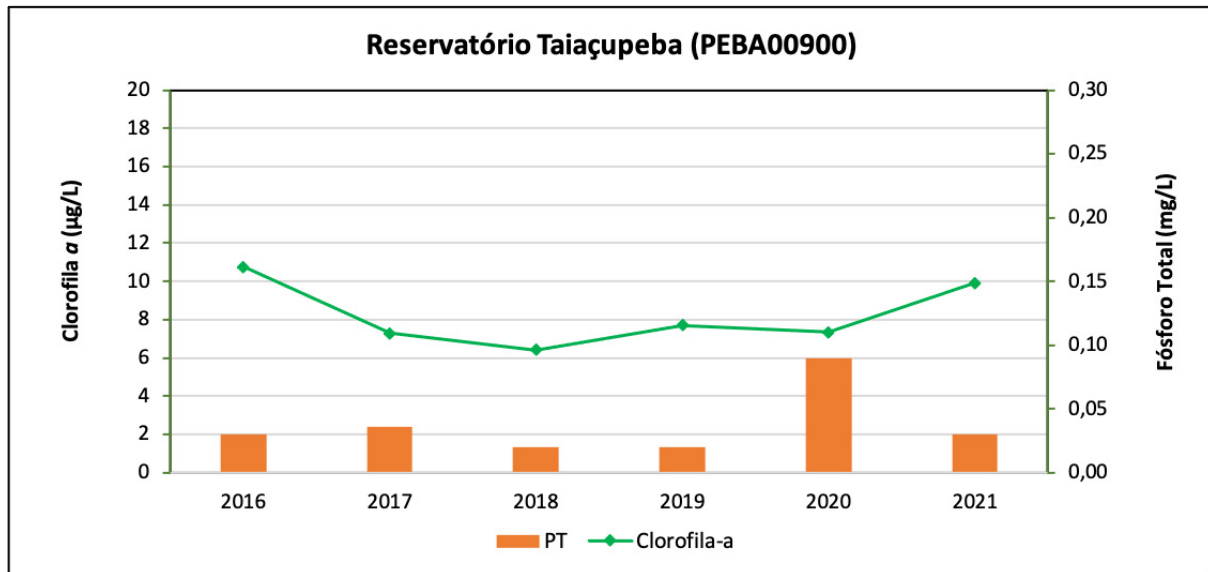
7.6.4.2 Reservatório Taiaçupeba

O Gráfico 7.45 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no reservatório Taiaçupeba ao longo de 2021.

Gráfico 7.45 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiaçupeba em 2021

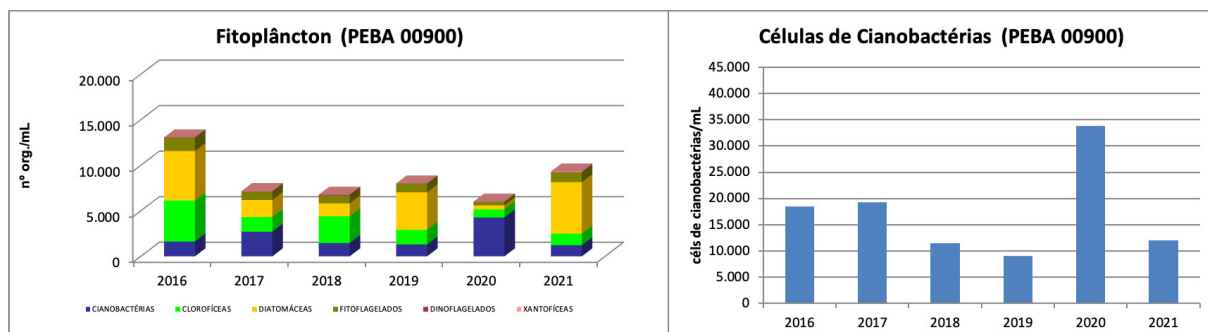


Em 2021, as concentrações de Fósforo Total, com exceção do mês de julho, ultrapassaram nas demais campanhas, o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, porém em todas as campanhas indicativas de condição Mesotrófica. Quanto as concentrações de Clorofila *a*, estiveram acima do limite estabelecido em legislação nos meses de julho e outubro e exibiram condição Mesotrófica a Eutrófica. As concentrações de Clorofila *a* variaram de acordo com a densidade total de organismos fitoplanctônicos, influenciados principalmente pelos grupos das Clorofíceas e Diatomáceas. Foram observadas concentrações elevadas de Feofitina *a*, produto da degradação da Clorofila *a*, em abril, julho e outubro, provavelmente relacionadas ao uso de algicidas nesse reservatório.

Gráfico 7.46 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Taiapuêba - 2016 a 2021

No reservatório Taiapuêba, observa-se pelos dados históricos (Gráfico 7.46) que as concentrações médias anuais de Fósforo Total se mantinham relativamente baixas, classificadas como Mesotróficas, no entanto, em 2020 foi observado um aumento expressivo atingindo a classificação Eutrófica. Já as concentrações médias de Clorofila *a*, que exibiam uma leve tendência de diminuição a partir de 2017, porém com valores ainda considerados elevados para um manancial enquadrado na Classe Especial, em 2021 voltaram a aumentar, no entanto, ainda indicativas da condição Mesotrófica. As concentrações de Clorofila *a* foram influenciadas, principalmente, pelas densidades dos grupos das Cianobactérias, Clorófitas, Diatomáceas e Fitoflagelados. Pelo IET esse reservatório vem mantendo desde 2013 a condição Mesotrófica, ou seja, ambiente em processo de eutrofização.

Houve melhora da qualidade da água em relação à comunidade fitoplanctônica. Apesar do aumento da densidade média anual de organismos fitoplanctônicos, em 2021 o grupo das Diatomáceas voltou a ser dominante quando comparado a anos anteriores. Já o grupo das Cianobactérias diminuiu em relação a 2020 (Figura 7.32). A média anual de Número de Células de Cianobactérias diminuiu consideravelmente em relação a 2020, voltando a valores semelhantes a anos anteriores.

Figura 7.32 – Média anual da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Taiapuêba - 2016 a 2021

Os dados relevantes em relação às densidades de células de cianobactérias foram colocados no Quadro 7.22.

Quadro 7.20 – Resultados de densidade de organismos (org mL⁻¹), de Células de Cianobactérias (céls mL⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Taiaçupeba (ponto PEBA 00900)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
PEBA 00900	2020						Melhora em relação aos valores de NCC. Em novembro de 2021, 78% das células pertenciam ao gênero <i>Cyanogranis</i> .(2)
	4	6.005	33.808	118.358 (novembro)	75	A	
	2021						
	4	9.308	11.962	22.759 (outubro)	75	A	

Legenda: org mL⁻¹ - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; céls mL⁻¹ - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

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

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Ao longo do ano os gêneros de cianobactérias que mais contribuíram para a contagem de células foram: *Microcystis* (janeiro), *Epigloeosphaera/Lemmermanniella*, *Aphanocapsa* e *Cyanogranis*.

O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.23.

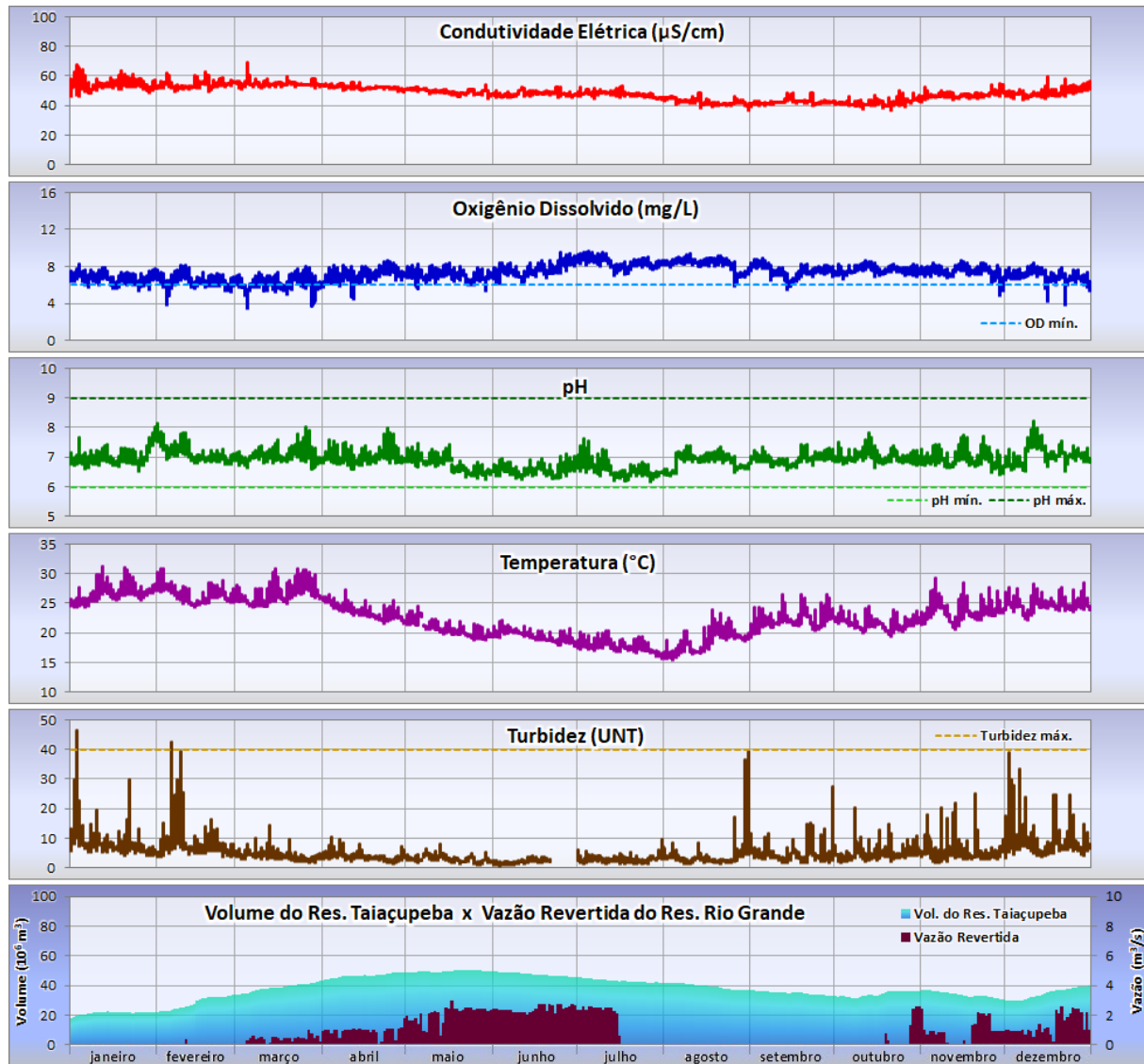
Quadro 7.23 – Concentrações máximas de microcistina e porcentagens de atendimento à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2019 e 2020. Reservatório Taiaçupeba

	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)(µg L ⁻¹)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)(µg L ⁻¹)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
2020	4	0,31 (julho)	Todos abaixo do limite de quantificação (< 0,02 µg L ⁻¹)	(100 / 100)
2021	4	0,24 (março)	0,02 (março)	(100 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - 1,0 µg.L⁻¹ e Saxitoxina (STX) - 3,0 µg.L⁻¹

Os valores de cianotoxinas (microcistina e saxitoxina) obtidos na água bruta do manancial, não ultrapassaram os limites estipulados pela Portaria GM/MS nº888/do Ministério da Saúde para água tratada.

A Figura 7.33 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Taiaçupeba em 2021.

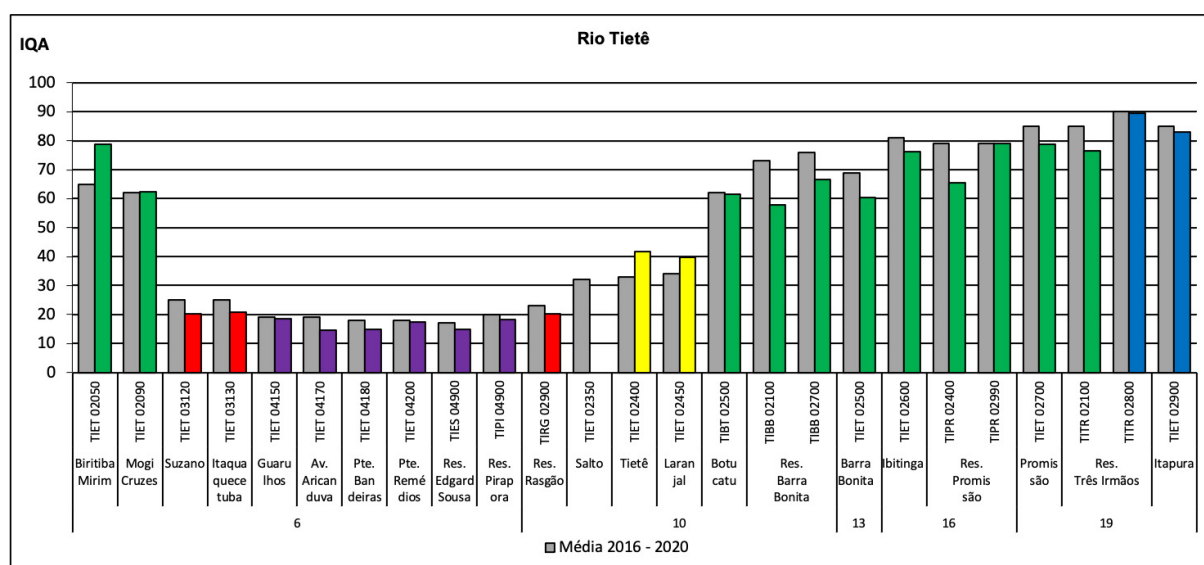
Figura 7.33 – Evolução dos parâmetros medidos na Estação Automática Taiapuêba de janeiro a dezembro de 2021

A Estação Automática Taiapuêba monitora a qualidade das águas do reservatório Taiapuêba, integrante do Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT, onde a SABESP captou uma vazão média de $13,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 2021. 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 94% do tempo. Além das águas provenientes do SPAT, o reservatório Taiapuêba pode receber as águas revertidas do reservatório Billings – Rio Grande, como observado nos períodos de março a julho e outubro a dezembro. 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.

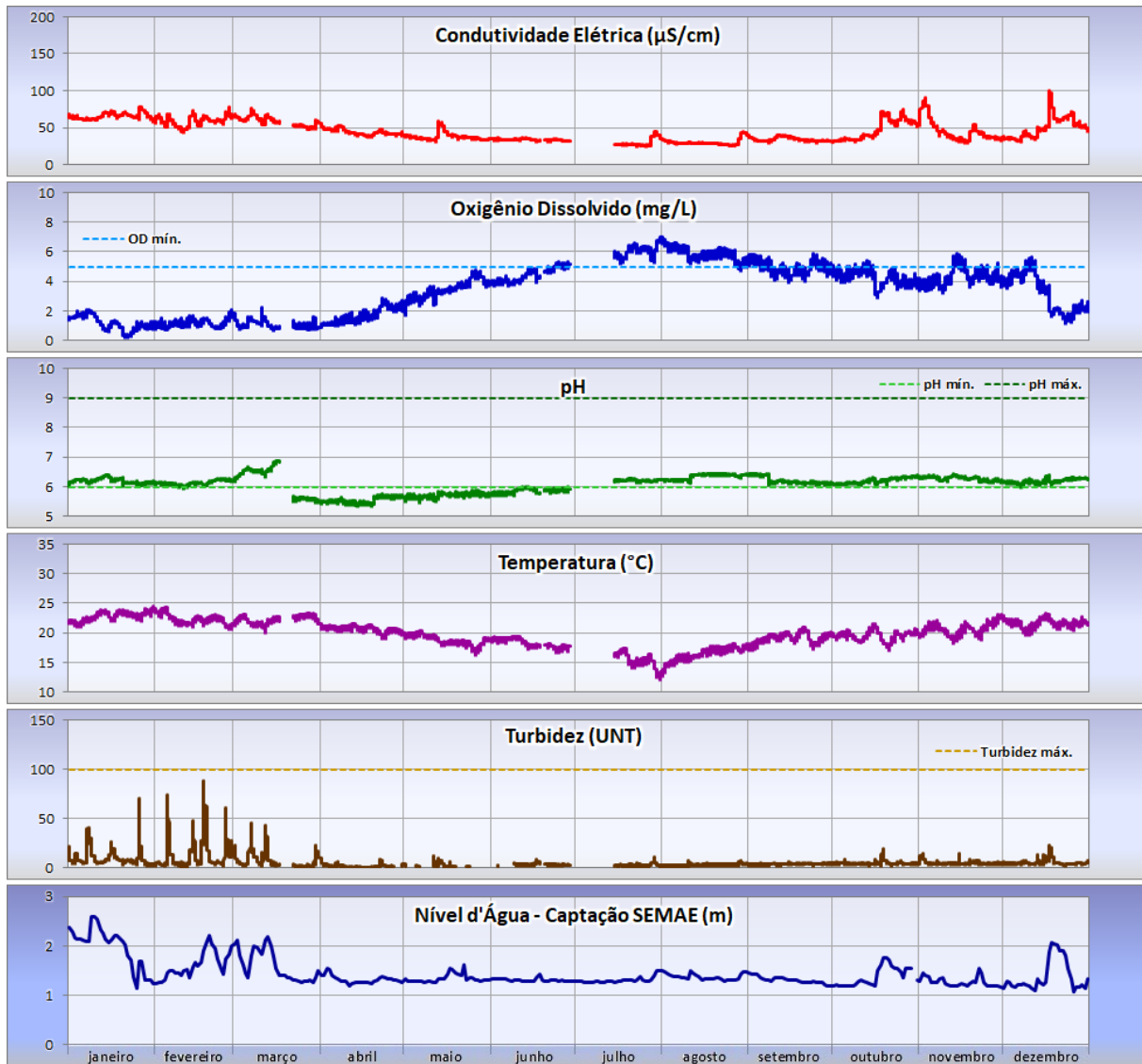
7.7 RIO TIETÊ – UGRHs 6, 10, 13, 16 e 19

O Gráfico 7.47, apresenta o perfil do IQA ao longo da calha do rio Tietê, que percorre todo o Estado de São Paulo e atravessa as UGRHs 6, 10, 13, 16 e 19. Em 2021, esse rio foi avaliado em praticamente 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 nascente, aonde o rio Tietê manteve a qualidade Boa, registrou-se melhora em Biritiba-Mirim, com IQA bem acima da média histórica. No trecho que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo até Pirapora do Bom Jesus, que concentra a maior parcela da carga orgânica oriunda da RMS, a qualidade variou entre Ruim e Péssima, havendo piora do IQA em relação à média histórica em Suzano, Itaquaquecetuba, São Paulo e Pirapora. Os níveis de Oxigênio Dissolvido neste trecho ao longo do ano variaram entre 0,2 e 2,0 mg L⁻¹ ao passo que a DBO variou entre 8,0 e 97 mg L⁻¹. Houve melhora da qualidade da água em Tietê e Laranjal Paulista, que passou da categoria Ruim na média histórica para a Regular em 2021, com níveis de OD variando entre 2,6 e 4,6 mg L⁻¹, de DBO entre 4,0 e 12 mg L⁻¹. Nos trechos represados do rio Tietê, que abrangem os reservatórios de Barra Bonita e Promissão, a qualidade da água se manteve na categoria Boa, porém expressivamente abaixo da média histórica, influenciada por valores elevados de DBO (6,5 a 27 mg L⁻¹), Fósforo Total (0,1 a 0,55 mg L⁻¹) e Turbidez (31 a 81 mg L⁻¹) nas campanhas de janeiro, junho e agosto de 2021. A qualidade manteve-se na categoria Ótima com IQA próximo da média histórica a partir do reservatório Três Irmãos até a foz no rio Paraná.

Gráfico 7.47 – Perfil do IQA ao longo do rio Tietê em 2021 e nos últimos 5 anos

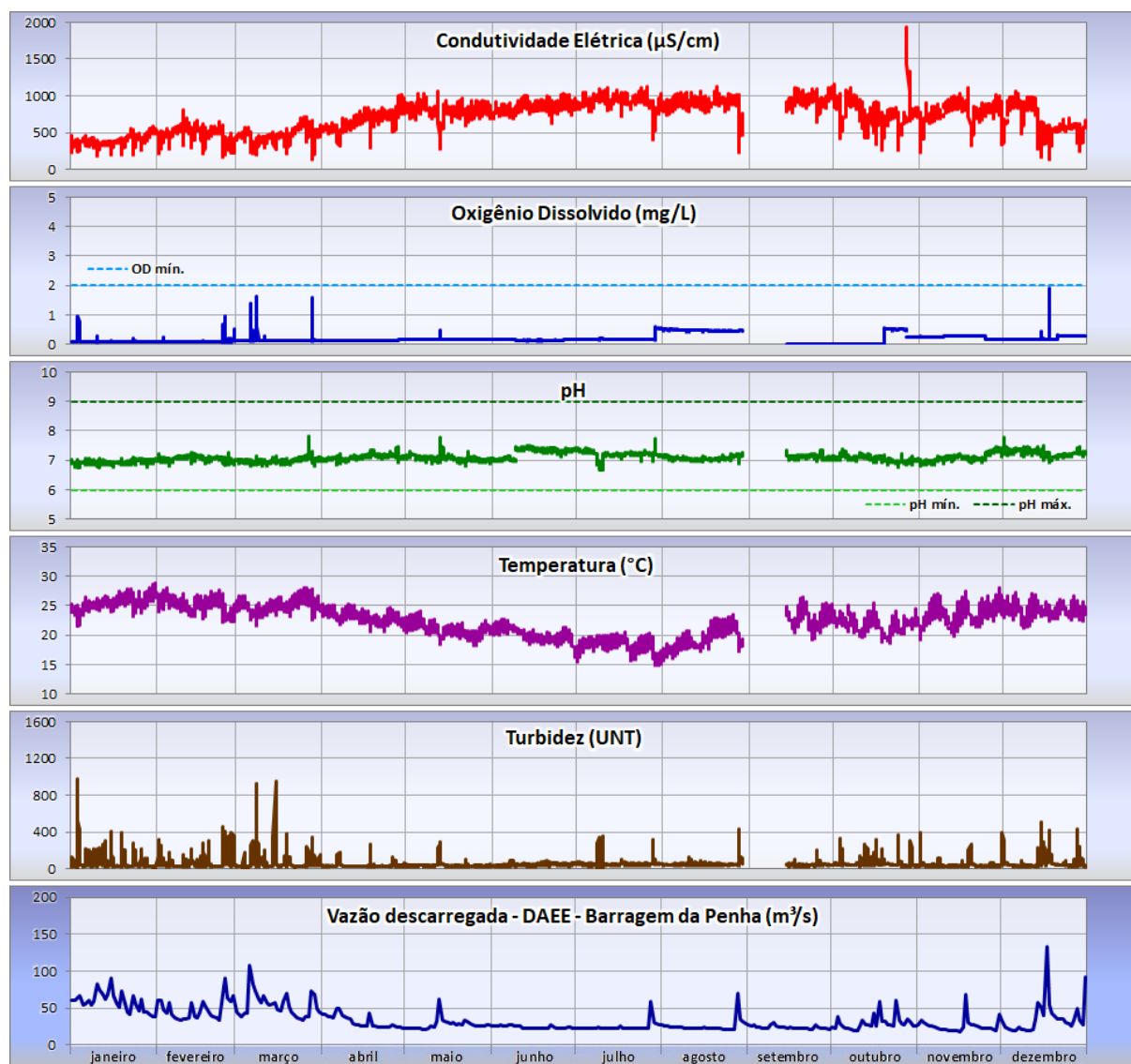


A Figura 7.34 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Mogi das Cruzes em 2021.

Figura 7.34 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Mogi das Cruzes de janeiro a dezembro de 2021

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 de a região ser pouco impactada por cargas poluidoras pontuais, trata-se de bacia agrícola 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 nº 357/2005 para rios Classe 2 em apenas 22% do tempo, justamente no período em que a vazão do rio é menor. O pH, tipicamente baixo, atende ao padrão de qualidade durante 72% do ano.

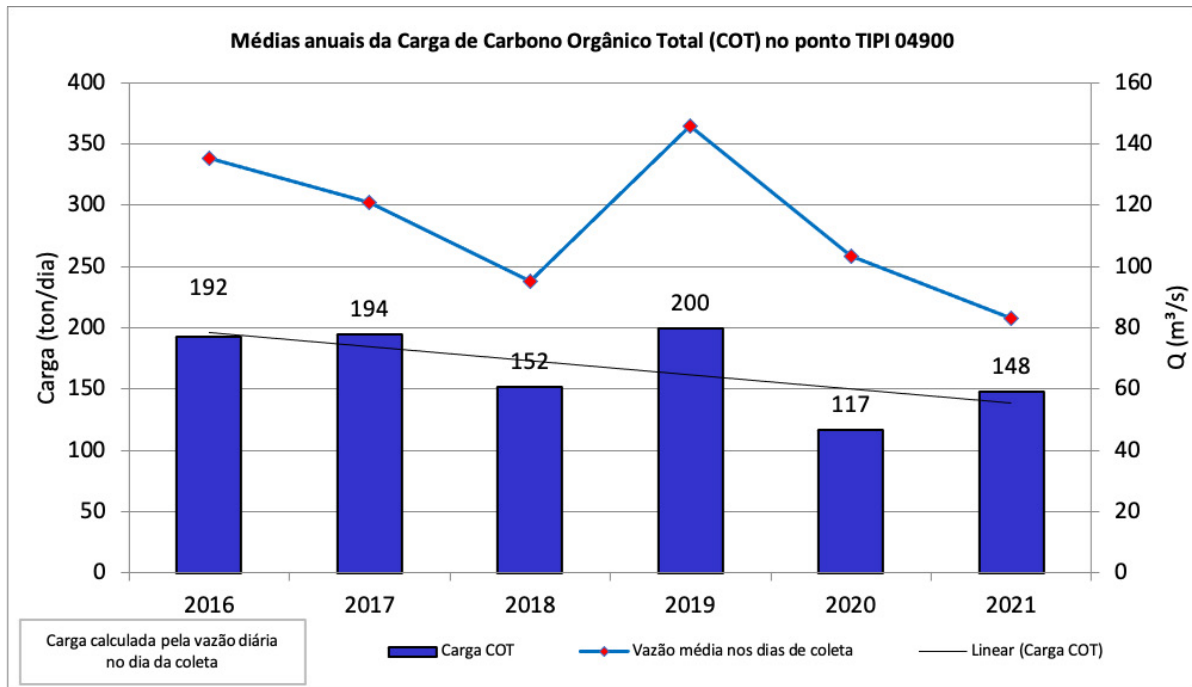
A Figura 7.35 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Penha em 2021.

Figura 7.35 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Penha de janeiro a dezembro de 2021

A Estação Automática Penha localiza-se no trecho de entrada do rio Tietê na capital paulista, onde já se verifica ausência de Oxigênio Dissolvido na água. A Condutividade Elétrica alcança valores da ordem de $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ no período de estiagem, 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.

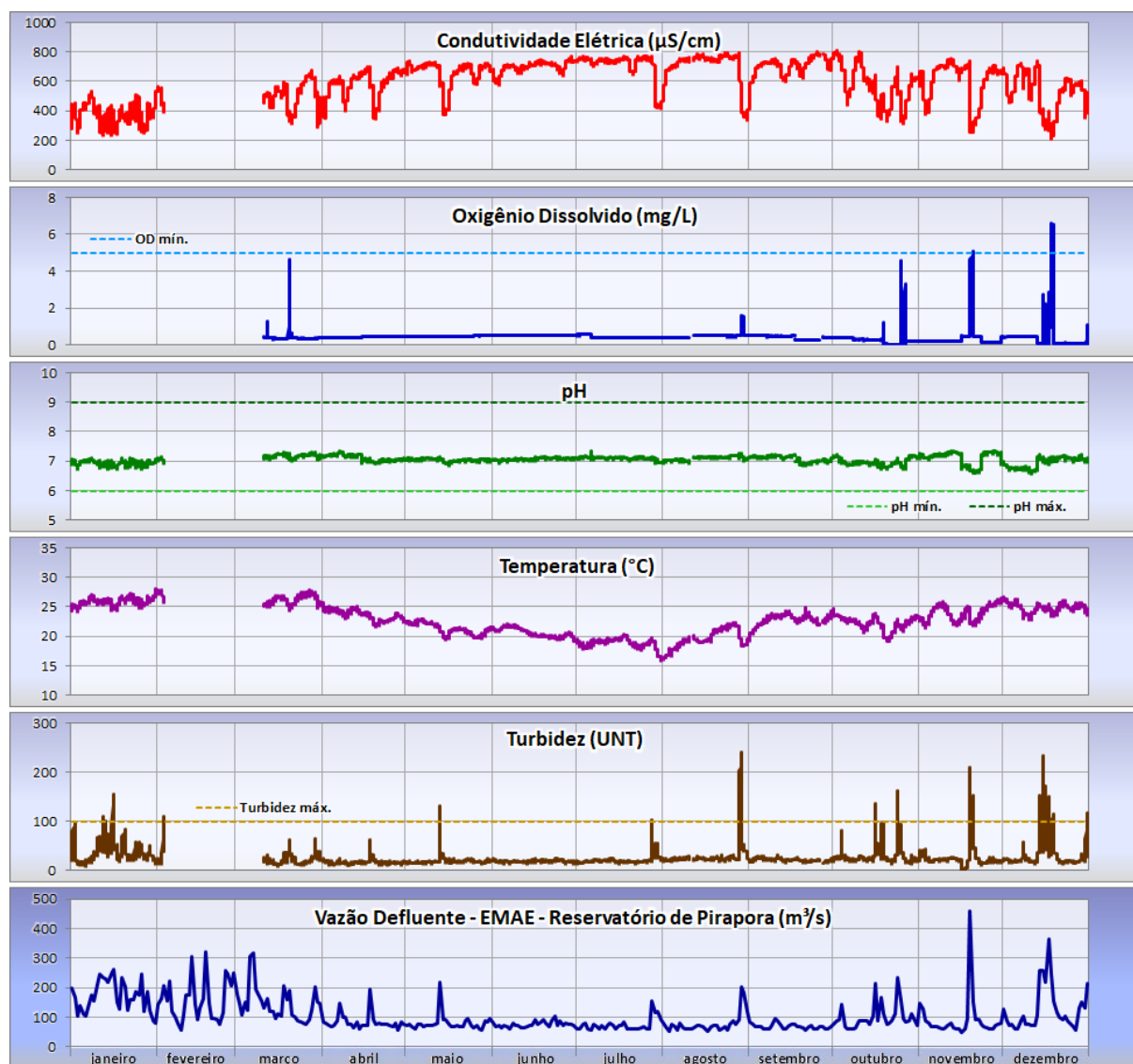
Uma vez que os trechos mais críticos do rio Tietê se situam a jusante da RMSP, selecionou-se o ponto da barragem de Pirapora (TIPI 04900) que recebe toda a contribuição da bacia hidrográfica do Alto Tietê, por ser o exutório dessa bacia. A fim de visualizar a evolução da carga de matéria orgânica medida no exutório da bacia do Alto Tietê entre 2016 e 2021, foi construído o Gráfico 7.48.

Gráfico 7.48 – Vazões médias de descarga e cargas de Carbono Orgânico Total, no ponto TIPI 04900



A carga orgânica média estimada em 2021 ficou abaixo de 150 ton dia⁻¹, mantendo uma tendência de queda no período, embora acima daquela estimada em 2020. Na comparação com a média do ano de 2016, a carga de COT média estimada em 2021 foi cerca de 23% menor. (Gráfico 7.48). Portanto, observa-se uma redução na carga exportada a partir do exutório da bacia do Alto Tietê, localizado em Pirapora, para a bacia do médio Tietê, indicando que melhorias no sistema de saneamento da RMSP, incluindo na bacia de drenagem do rio Pinheiros e de outros afluentes, podem estar contribuindo para reduzir a carga orgânica que aporta na calha do rio Tietê.

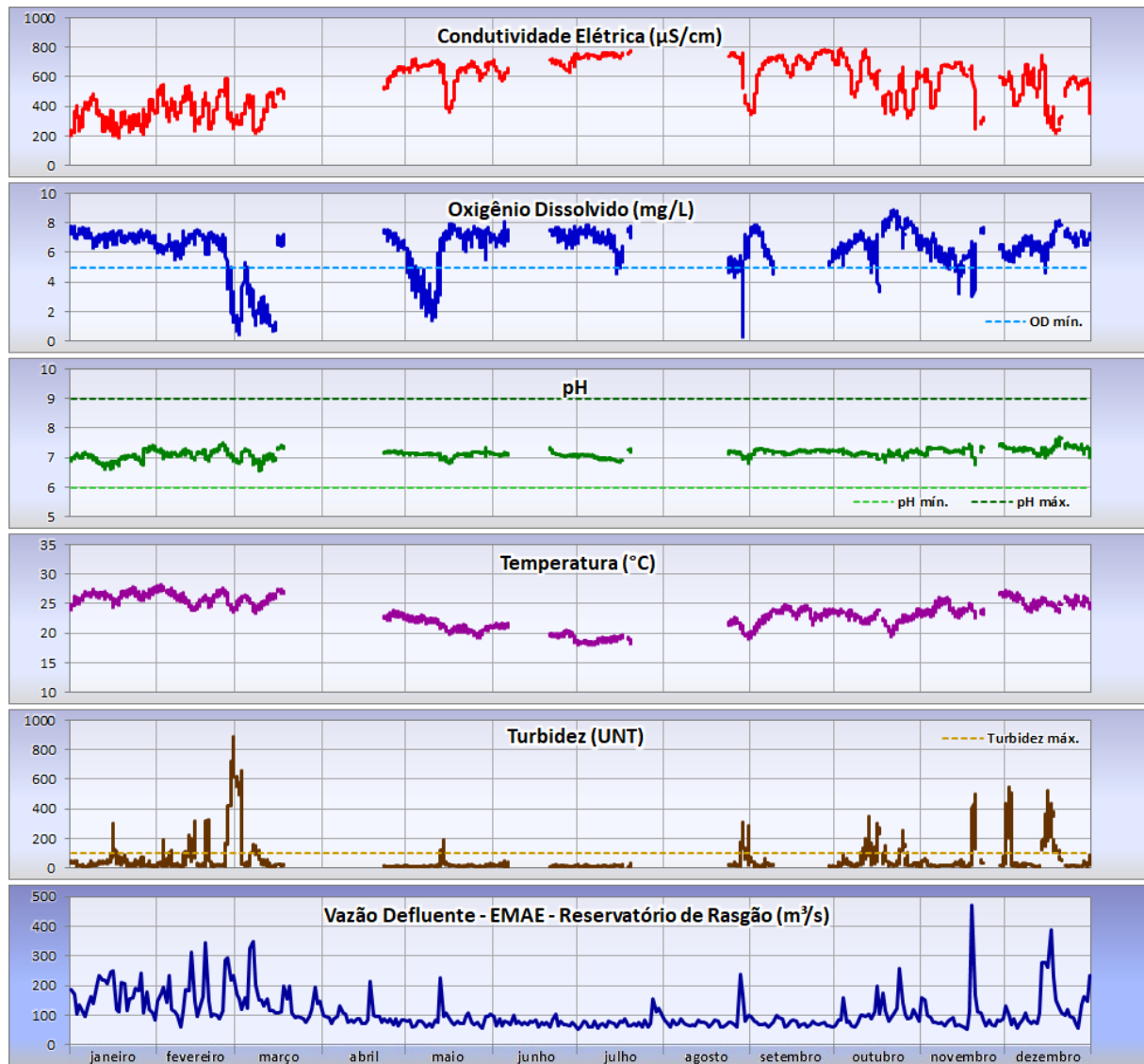
A Figura 7.36 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rasgão em 2021.

Figura 7.36 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Rasgão de janeiro a dezembro de 2021

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 Elétrica 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 atendam o padrão de qualidade em menos de 1% 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 nº 357/2005 para rios Classe 2 durante 98% e 100% do ano, respectivamente.

A Figura 7.37 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Itu em 2021.

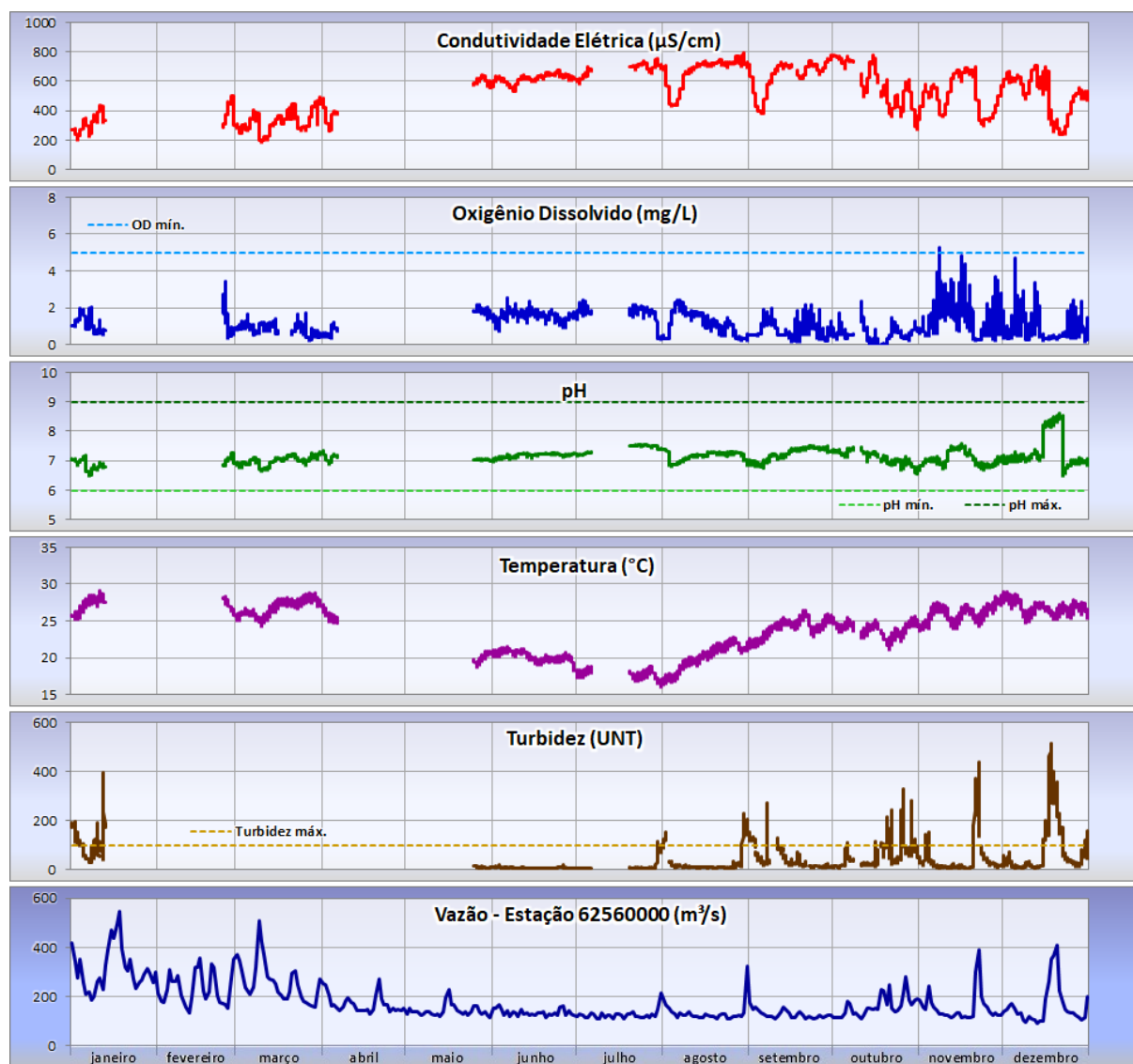
Figura 7.37 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Itu de janeiro a dezembro de 2021



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 ao limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 em 86% do tempo. O pH atendeu o padrão de qualidade em 100% do tempo. Os picos de Turbidez, parâmetro que atendeu ao 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 7.38 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Laranjal Paulista em 2021.

Figura 7.38 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Laranjal Paulista de janeiro a dezembro de 2021

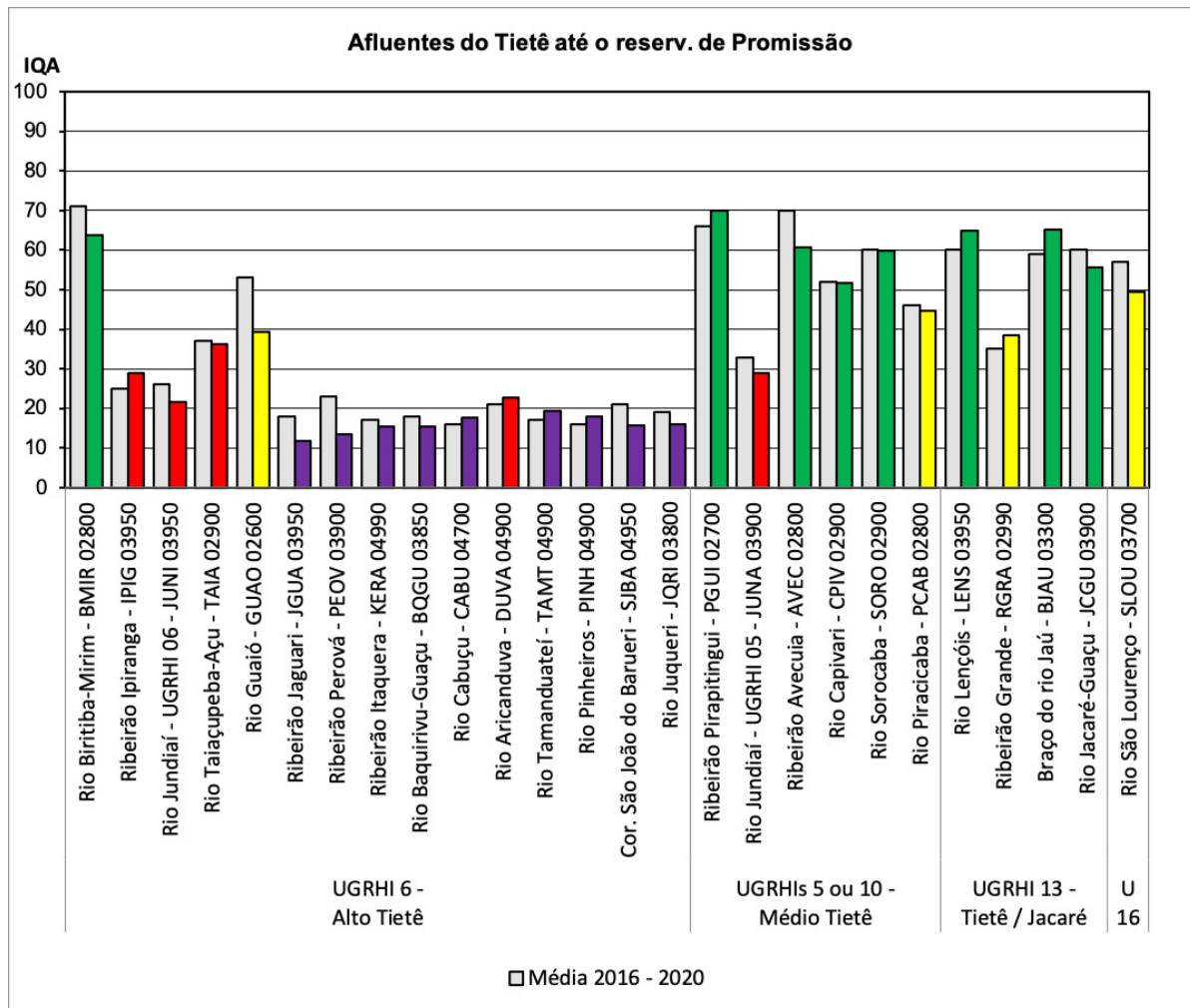


A Estação Automática Laranjal Paulista monitora a qualidade das águas do rio Tietê a montante do reservatório de Barra Bonita e a jusante da foz do rio Sorocaba. Nesse trecho, são observados sinais de recuperação desse corpo hídrico, como a diminuição dos valores de Condutividade Elétrica em relação aos observados na Estação Automática Itu. Entretanto, a concentração de Oxigênio Dissolvido manteve-se abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 durante praticamente todo o ano de 2021. Os valores de Turbidez ultrapassam o limite máximo de 100 UNT em 12% do tempo, predominantemente no período chuvoso, no qual se observam picos que superam 400 UNT e as maiores vazões, indicando aporte de cargas difusas.

7.7.1 Afluentes do rio Tietê – UGRHI 6 até Promissão

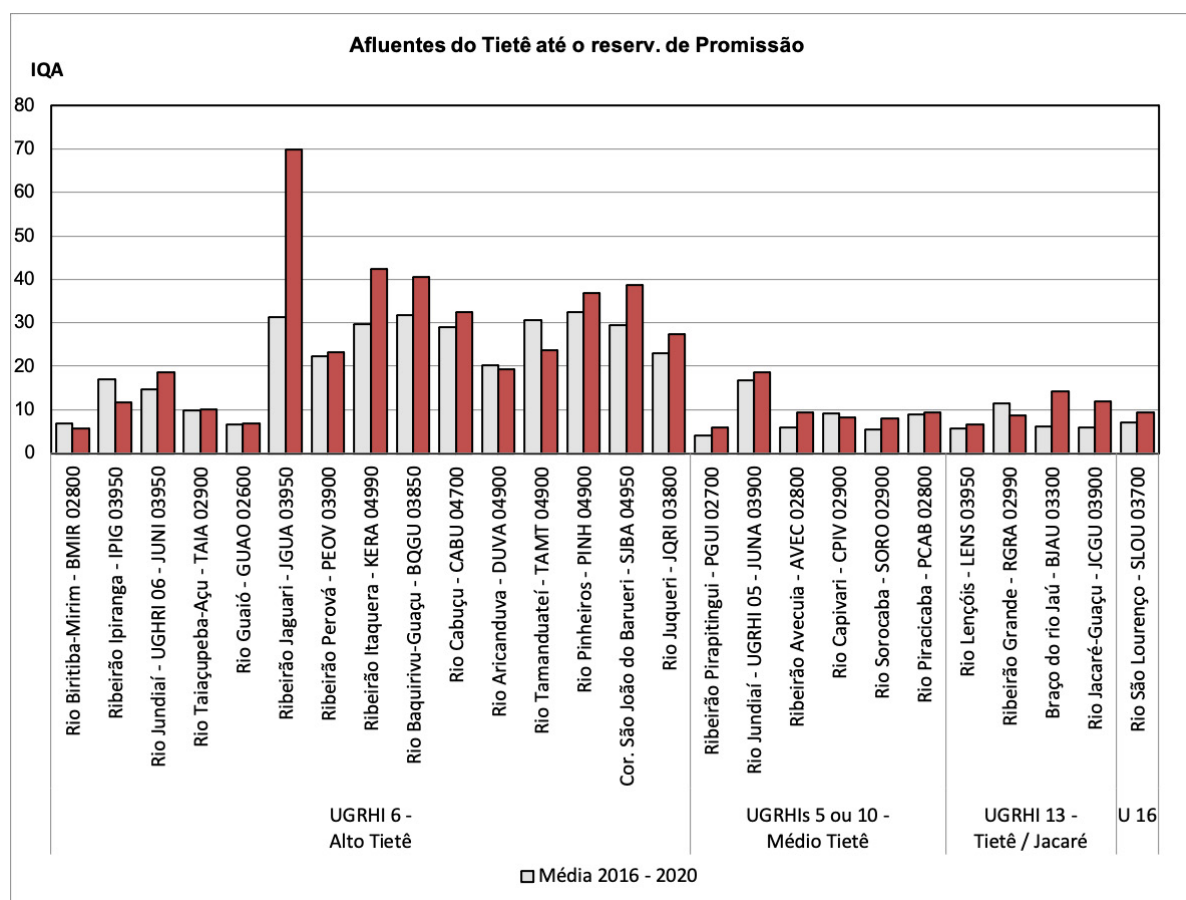
O rio Tietê recebe diversos afluentes que, por sua vez, recebem contribuições significativas de carga orgânica advindas de diversos municípios. Para avaliação dessa contribuição, foram elaborados o Gráfico 7.49, que apresenta o IQA dos afluentes monitorados pela CETESB próximos à foz no rio Tietê e o Gráfico 7.50, que apresenta a média anual de Carbono Orgânico Total em 2021 e nos últimos 5 anos.

Gráfico 7.49 – Perfil do IQA nos Afluentes do rio Tietê até o reservatório de Promissão em 2021 e nos últimos 5 anos



A qualidade da água dos afluentes do rio Tietê corrobora com qualidade observada ao longo da calha do rio Tietê, tendo Boa qualidade próximo à cabeceira, até Biritiba-Mirim. No trecho de Mogi das Cruzes a Suzano já apresenta comprometimento da qualidade, sendo os afluentes classificados na categoria Ruim do IQA.

Os afluentes localizados na Região Metropolitana de São Paulo têm os piores índices de qualidade, classificados predominantemente na categoria Péssima desde o Ribeirão Jaguari em Itaquaquecetuba até o rio Juqueri em Cajamar, com diferença acentuada em relação aos afluentes das UGRHIs a jusante (10-Médio Tietê, 5-PCJ e 13-Tietê/Jacaré), classificados nas categorias Boa e Regular, à exceção do rio Jundiá (JUNA 03900), que apresentou qualidade Ruim.

Gráfico 7.50 – Perfil de COT nos Afluentes do rio Tietê até o reservatório de Promissão em 2021 e nos últimos 5 anos

Os afluentes com maiores concentrações de COT e respectivos municípios que contribuem com lançamentos de esgoto na RMSP estão descritos a seguir:

- Ribeirão Jaguari e Perová – Itaquaquecetuba (ambos) e Suzano (apenas Jaguari);
- Cabuçu e Baquirivu – Guarulhos (ambos) e São Paulo (apenas Cabuçu);
- Tamanduateí – Mauá, Santo André, São Caetano e São Paulo;
- Pinheiros – São Paulo;
- Itaquera e Aricanduva – São Paulo (Zona Leste);
- São João do Barueri e Juqueri – São Paulo (Zona Oeste).

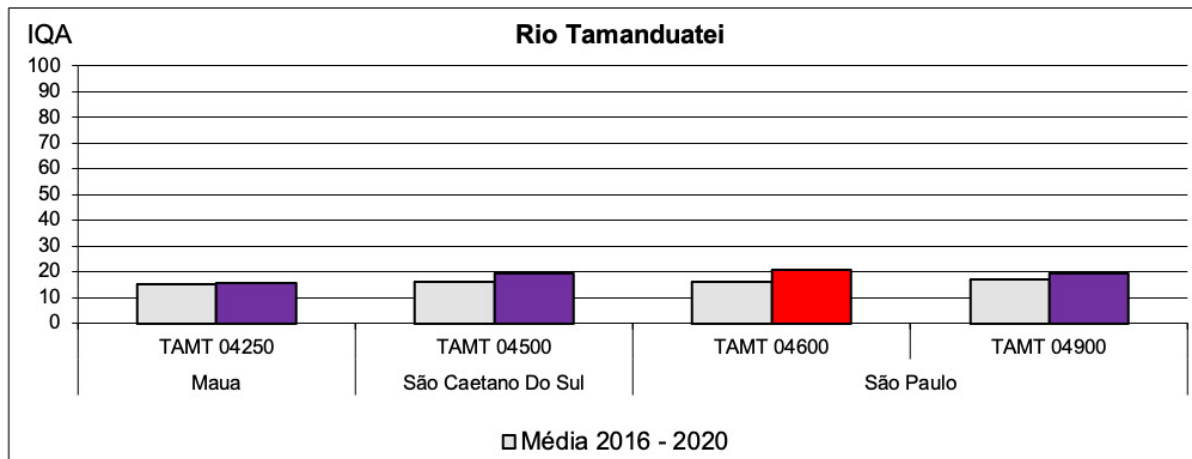
jusante da RMSP, o rio Jundiá contribui com elevada carga orgânica ao desaguar no rio Tietê. O rio Jundiá atravessa diversos municípios desde Campo Limpo Paulista até Salto.

É possível observar um acréscimo acentuado de matéria orgânica de contribuição do ribeirão Jaguari em 2021 em relação aos últimos anos. A maioria dos afluentes da RMSP tiveram maiores concentrações nesse ano, podendo ter havido menor diluição em razão da escassez de chuvas.

7.7.1.1 Rio Tamanduateí

O Gráfico 7.51 mostra o perfil do IQA no rio Tamanduateí em 2021. É possível observar ligeira melhora da qualidade em relação à média histórica no trecho do Central Plaza, que passou da categoria Péssima para a Ruim. Os demais trechos mantiveram a classificação histórica na categoria Péssima. A presença de elevada carga orgânica nesse rio é confirmada por concentrações de COT na faixa de 9,6 a 48 mg L⁻¹ ao longo do ano.

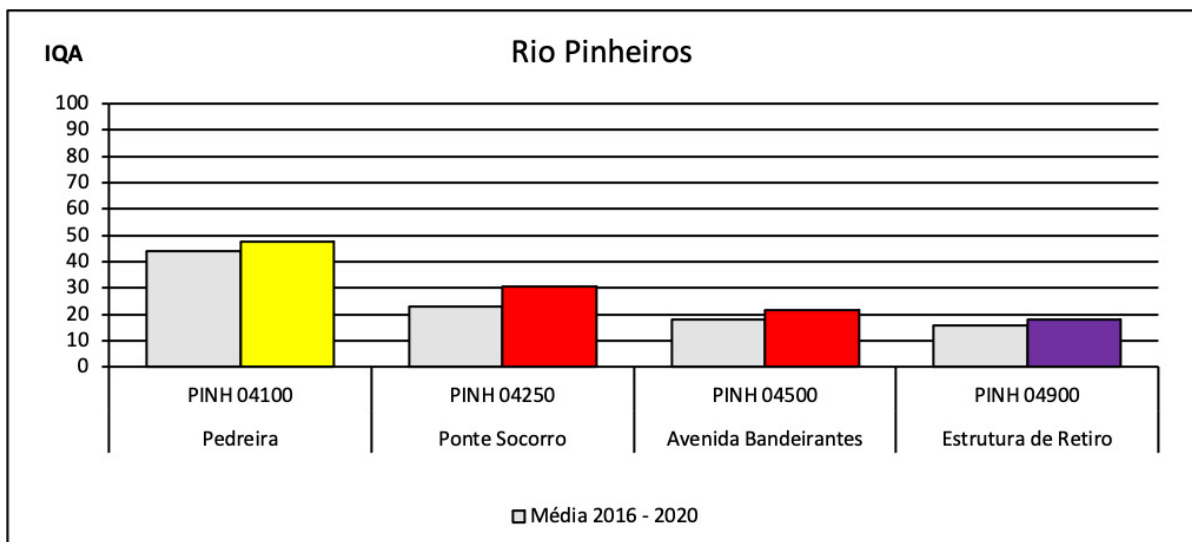
Gráfico 7.51 – Perfil do IQA no rio Tamanduateí em 2021 e nos últimos 5 anos



7.7.1.2 Rio Pinheiros - UGRHI 6

O Gráfico 7.52 apresenta o perfil do IQA nos quatros pontos de monitoramento na calha no rio Pinheiros.

Gráfico 7.52 – Perfil do IQA ao longo do rio Pinheiros em 2021 e nos últimos 5 anos



O IQA do rio Pinheiros, nos trechos de Pedreira, Ponte do Socorro e Av. Bandeirantes ficou acima da média histórica dos últimos cinco anos, indicando ligeira melhora da qualidade da água, principalmente no trecho Superior. Nesse trecho, que abrange as regiões de Pedreira e Ponte do Socorro, houve queda nas concentrações de COT e manutenção dos níveis de OD acima de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, que é o padrão de qualidade da Classe 4. No trecho da avenida Bandeirantes, houve mudança positiva da categoria do IQA em relação à média dos últimos 5 anos e manutenção dos níveis de OD e COT nos mesmos patamares daqueles registrados em 2020. Já na estrutura do Retiro, próximo da foz do rio Tietê, a qualidade manteve a classificação na categoria Péssima, similar aos últimos 5 anos. (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 – Concentrações médias de Oxigênio Dissolvido (OD) e de Carbono Orgânico Total (COT) no rio Pinheiros no período de 2020 e 2021

Ponto	OD (mg L^{-1})		COT (mg L^{-1})	
	2020	2021	2020	2021
PINH 04100	6,6	7,3	10,9	8,6
PINH 04250	4,7	3,3	21,2	15,2
PINH 04500	0,9	1,2	21,2	21,8
PINH 04900	0,7	0,8	28,1	37

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^{-1} (CONAMA, 2005). No caso da demanda bioquímica de oxigênio, não existe um padrão legal, mas a CETESB adotou como valor de referência o limite de 30 mg L^{-1} . No Gráfico 7.53 e Gráfico 7.54, é apresentada a evolução dos parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Dissolvido, respectivamente, no rio Pinheiros desde 2017.

Gráfico 7.53 – Evolução das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg L^{-1}) no rio Pinheiros entre 2017 e 2021

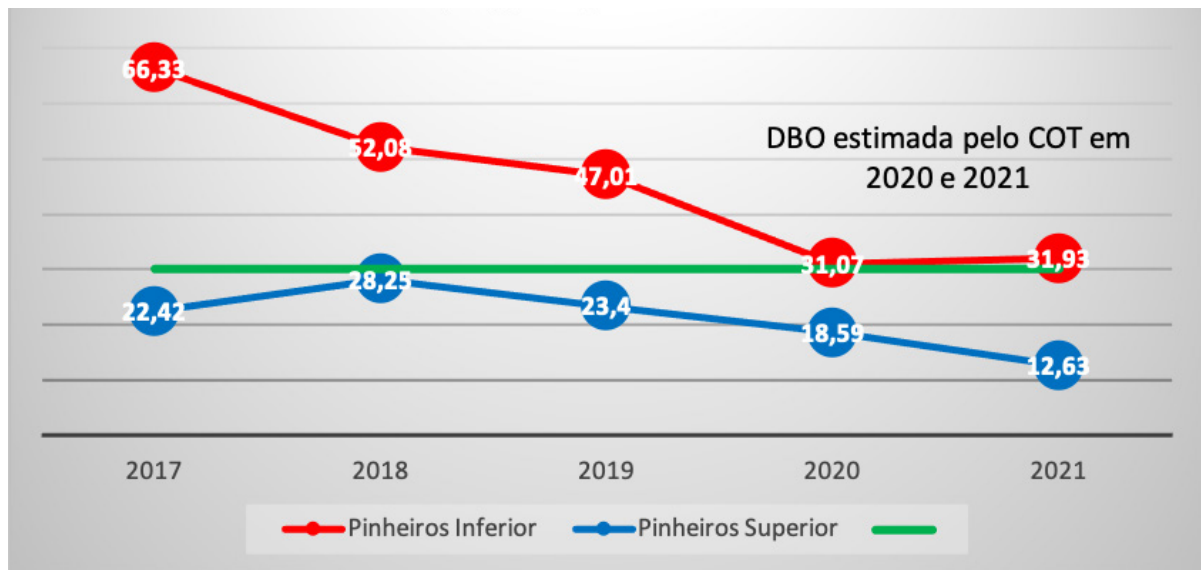
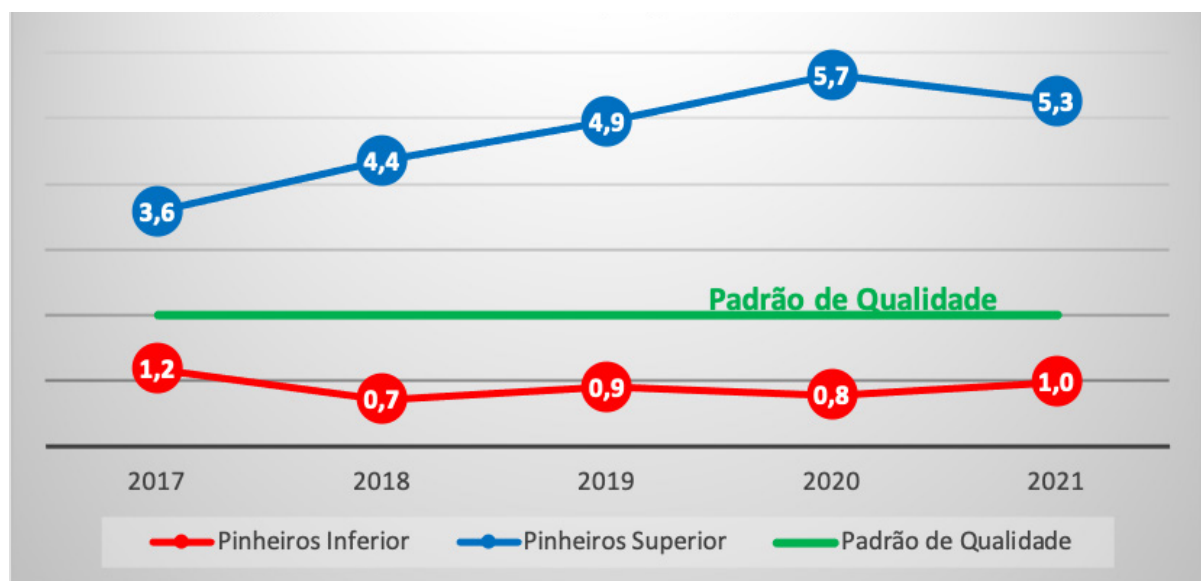


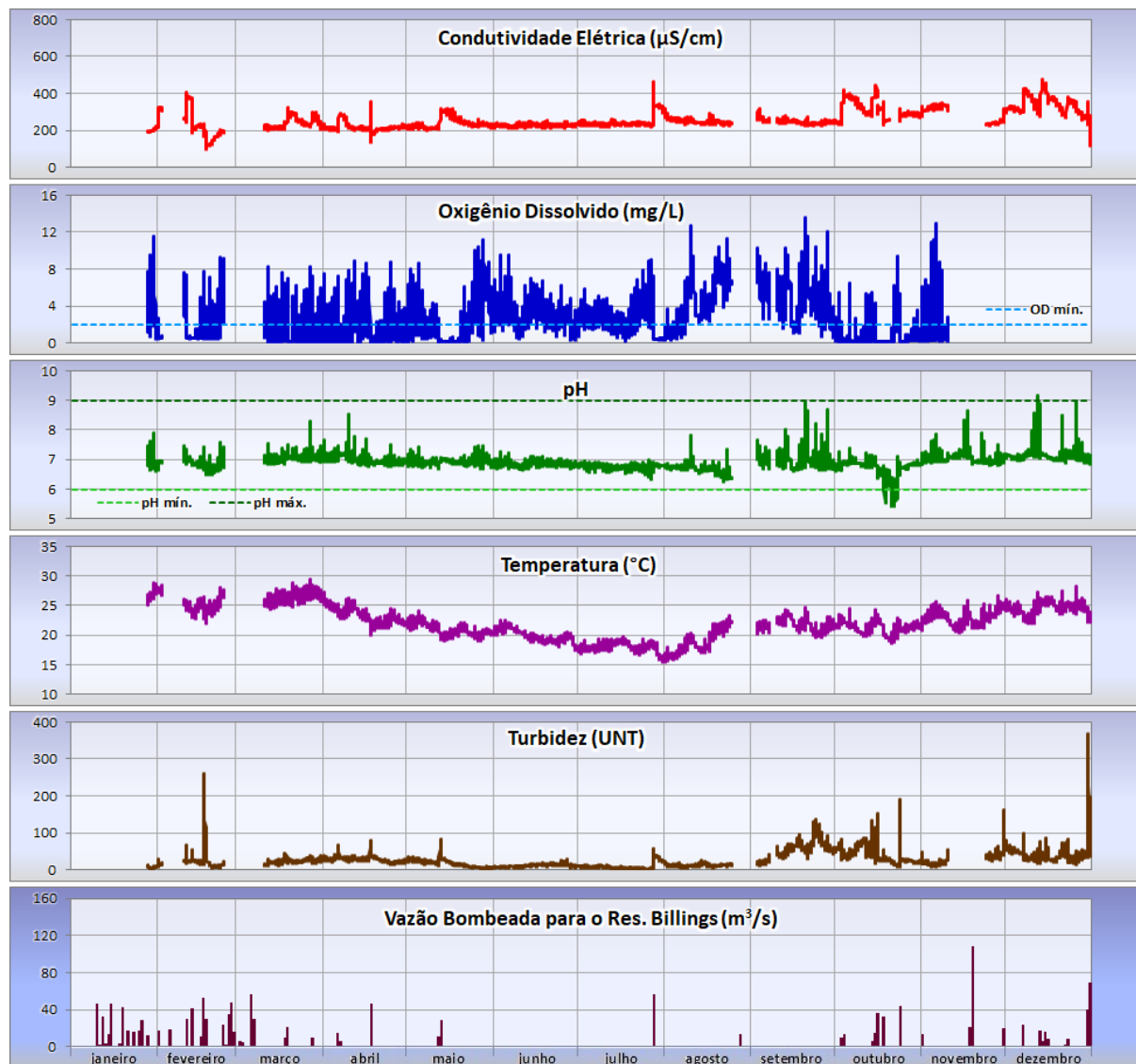
Gráfico 7.54 – Evolução da Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1}) no rio Pinheiros entre 2017 e 2021



Os dados de monitoramento, obtidos para o Oxigênio Dissolvido, indicaram uma melhora significativa no trecho superior do rio Pinheiros, principalmente, nos anos de 2019, 2020 e 2021. Os valores médios anuais da demanda bioquímica de oxigênio também mostraram uma melhora em toda extensão do rio Pinheiros neste mesmo período.

A Figura 7.39 apresenta a evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Pedreira em 2021.

Figura 7.39 – Evolução dos parâmetros medidos pela Estação Automática Pedreira de janeiro a dezembro de 2021



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 em torno de $200 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam que este corpo de água ainda recebe cargas poluidoras.

Nesse trecho do rio Pinheiros, tem-se um comportamento hidrodinâmico misto:

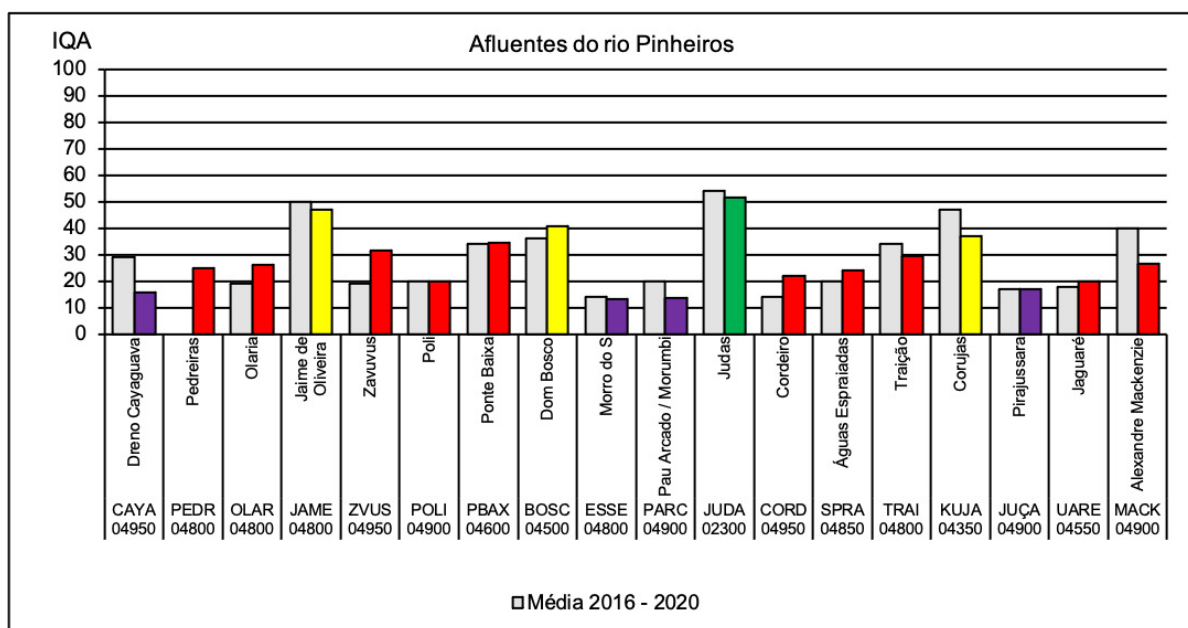
- Lótico, quando da ocorrência de eventos de bombeamento, com maior frequência no período chuvoso, quando há maior variabilidade da Turbidez, com picos superiores a 100 UNT. O Oxigênio Dissolvido varia tipicamente entre 0 e 10 mg L^{-1} ;

• 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^{-1} , explicadas pela ocorrência de bloom de algas, fenômeno indicativo da eutrofização do corpo de água.

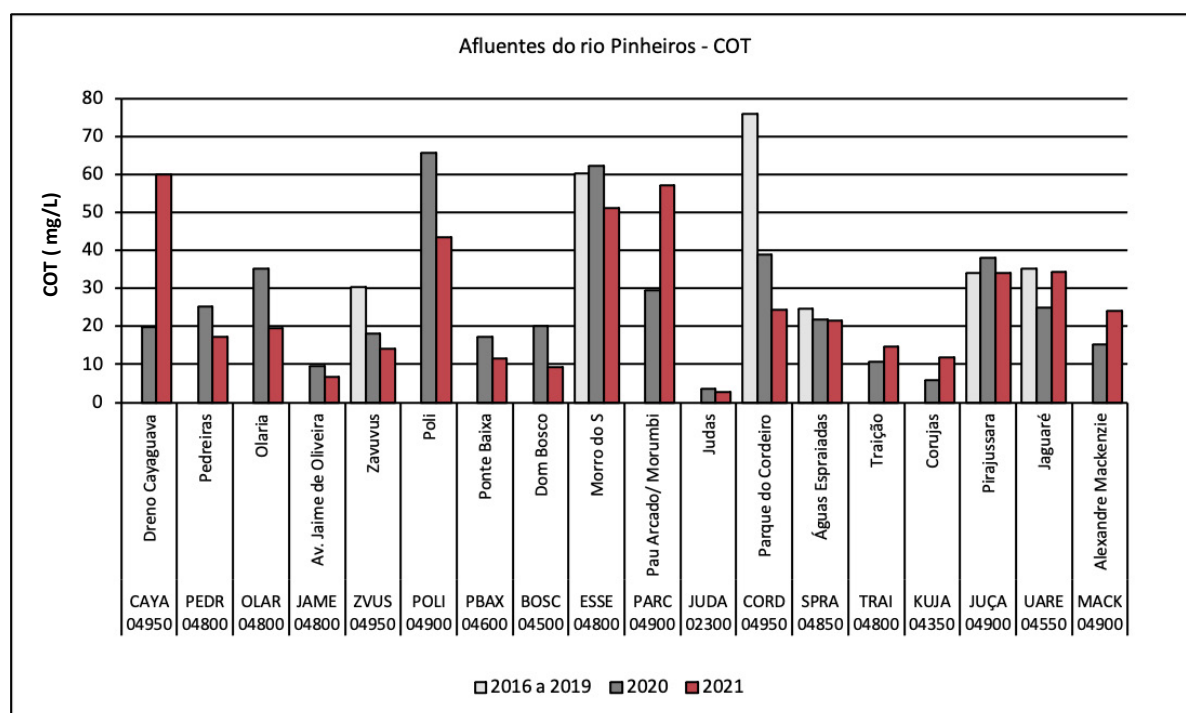
O Oxigênio Dissolvido atende ao padrão de qualidade em 52% do tempo e o pH em mais de 99%. Para rios Classe 4, como o Pinheiros, não há padrão de Turbidez estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

Para aprimoramento da avaliação da qualidade da água no rio Pinheiros, é apresentado no Gráfico 7.55 o IQA dos afluentes monitorados em 2021. O córrego Judas (afluente da margem direita), localizado no Parque Severo Gomes, manteve a classificação do ano passado, sendo o único afluente classificado na categoria Boa do IQA. Os córregos Corujas, Dom Bosco e Jaime de Oliveira (todos da margem direita) foram classificados na categoria Regular e os demais nas categorias Ruim e Péssima.

Gráfico 7.55 – IQA dos afluentes do rio Pinheiros em 2021 e nos últimos 5 anos.



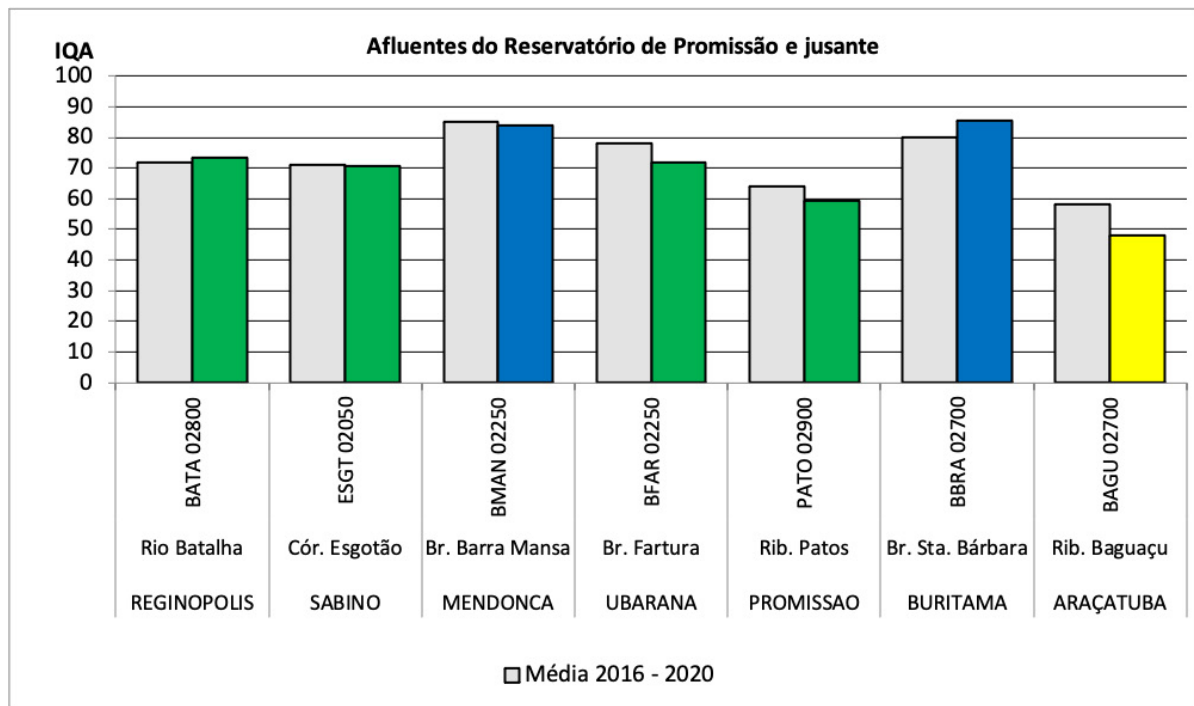
O Gráfico 7.56, apresenta as concentrações médias de Carbono Orgânico Total e de Oxigênio Dissolvido nos afluentes do rio Pinheiros em 2021. As maiores concentrações médias de COT foram quantificadas nos afluentes Dreno Cayaguava (60 mg L^{-1}), Pau Arcado (57 mg L^{-1}), Morro do "S" (51 mg L^{-1}), Poli (43 mg L^{-1}), Jaguaré ($34,5 \text{ mg L}^{-1}$) e Pirajussara (34 mg L^{-1}). Em relação ao Oxigênio Dissolvido, os córregos acima mencionados tiveram média variando entre $0,8$ e $2,6 \text{ mg L}^{-1}$, excetuando o córrego da avenida Alexandre Mackenzie ($4,0 \text{ mg L}^{-1}$) e o Jaguaré ($3,0 \text{ mg L}^{-1}$). As maiores concentrações médias foram registradas nos córregos Judas, Dom Bosco e Ponte Baixa, que variaram entre $5,3$ e $7,7 \text{ mg L}^{-1}$.

Gráfico 7.56 – Perfil de COT (mg/L) nos afluentes do rio Pinheiros em 2021 e nos últimos 5 anos.

7.7.2 Afluentes do rio Tietê - do reservatório de Promissão até entrada no reservatório Três Irmãos

O Gráfico 7.57 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 nas categorias Ótima e Boa do IQA, exceto no Ribeirão do Baguaçu, classificado na categoria Regular, a qual foi influenciada por baixos níveis de OD (1,9 a 2,4 mg L⁻¹), concentrações de Fósforo entre 0,12 e 0,3 mg L⁻¹ e de *E. coli* acima de 103 UFC 100 m L⁻¹, indicando contribuições oriundas de fontes difusas na bacia desse afluente.

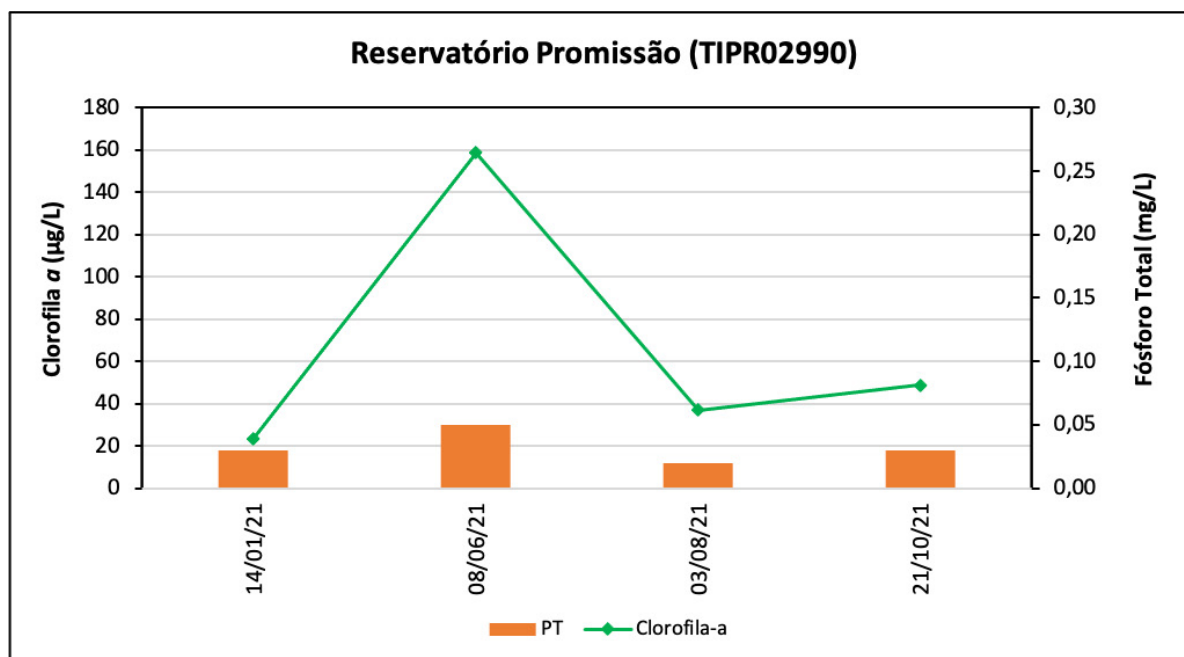
Gráfico 7.57 – IQA nos braços e afluentes do rio Tietê do reservatório de Promissão até a entrada no reservatório Três Irmãos.



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 7.58 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total ao longo de 2021, no ponto TIPR02990 localizado a montante da barragem de Promissão, próximo do vertedouro.

Gráfico 7.58 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total ao longo de 2021 no ponto TIPR02990

Em 2021, no ponto TIPR02990, pode-se observar que a maior concentração de Fósforo Total foi em junho quando superou o limite ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$) estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, porém em todas as campanhas o Fósforo Total indicou condição Mesotrófica, ou seja, em processo de eutrofização. Já as concentrações de Clorofila *a* superaram os limites estabelecidos em legislação nos meses de junho, agosto e outubro com indicativos de condições Eutrófica a Hipereutrófica. As concentrações de Clorofila *a* variaram de forma similar à densidade de organismos fitoplanctônicos do grupo das Cianobactérias bem como pelo Número de Células de Cianobactérias. Segundo o IET, esse ponto exibiu classificações tróficas de Mesotrófico a Supereutrófico e pela média anual classificou-se como Eutrófico.

Para a comunidade fitoplanctônica a comparação dos resultados de 2020 e 2021 está sumarizada no Quadro 7.24.

Quadro 7.24 – Resultados de densidade de organismos (org mL⁻¹), de Células de Cianobactérias (cél mL⁻¹), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Promissão (pontos TIPR 02990 e TIPR 02400)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
TIPR 02990	2020						Melhora em relação às médias anuais da comunidade e de NCC e maior valor de NCC. Entretanto, a qualidade continua Ruim. Em junho de 2021, 91% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis</i> (2).
	4	50.918	6.575.498	25.925.338 (agosto)	0	A	
	2021						
	4	9.504	344.763	592.471 (junho)	0	A	
TIPR 02400	2020						Não comparáveis, com apenas uma coleta em 2020. Em janeiro de 2021, 98% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis</i> (2).
	1 (jan.)	NC	NC	1.459.958	0	A	
	2021						
	4	6.977	530.464	1.658.640 (janeiro)	0	A	

Legenda: org mL⁻¹ - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célula mL⁻¹ - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

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

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

Informações sobre as concentrações de cianotoxinas foram sumarizadas no Quadro 7.25.

Quadro 7.25 – Concentrações máximas de cianotoxinas e porcentagens de atendimento a Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada. Reservatório Promissão (TIPR 02990) Comparação entre 2020 e 2021

Ponto	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)(µg L ⁻¹)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)(µg L ⁻¹)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº 888/2021, para água tratada (MC / STX)
TIPR 02990	4	404 (Agosto)	Todos abaixo do limite de quantificação (<0,02 µg L ⁻¹)	(25 / 100)
TIPR 02990	4	4 (Outubro)	0,03 (Junho e Outubro)	(25 / 100)

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - 1,0 µg L⁻¹ e Saxitoxina (STX) - 3,0 µg L⁻¹

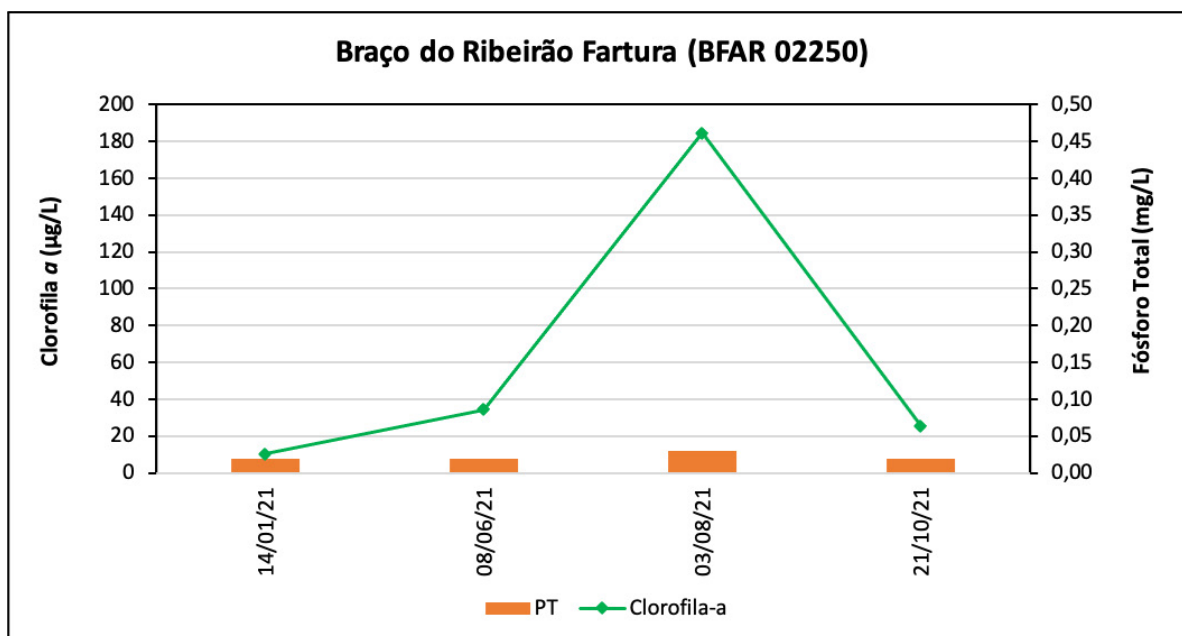
Embora não haja captação de água para abastecimento público no reservatório de Promissão, em ambos os anos (2020 e 2021) os valores máximos de microcistinas obtidos na água bruta ultrapassaram o limite estipulado Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde para água tratada. A saxitoxina foi quantificada em todas as amostragens neste reservatório em 2021, entretanto todos os valores foram inferiores o limite na Portaria GM/MS nº 888/2021.

Altas concentrações de microcistinas podem prejudicar outros usos da água, como dessedentação de animais e irrigação, bem como causar mortandades de peixes e de outros organismos aquáticos.

7.7.2.2 Braço do ribeirão Fartura

O Gráfico 7.59 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2021 no braço do ribeirão Fartura (BFAR 02250) - UGRHI 16.

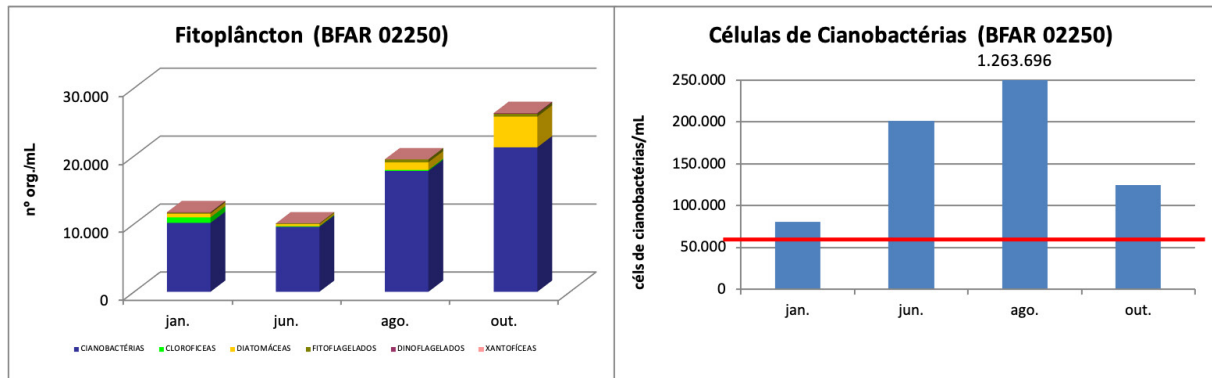
Gráfico 7.59 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total no braço do ribeirão Fartura (BFAR 02250) ao longo de 2021



Ao longo de 2021, no braço do ribeirão Fartura (Gráfico 7.59) as concentrações de Fósforo Total estiveram, em conformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe 2, todas indicativas de ambiente Mesotrófico. Já as concentrações de Clorofila *a*, variaram da condição Mesotrófica a Hipereutrófica, superando em junho (Supereutrófico) e agosto (Hipereutrófico) o limite estabelecido em legislação. Essas concentrações variaram de forma similar ao Número de Células de Cianobactérias, grupo fitoplanctônico que dominou ao longo de todo o ano. Segundo o IET, esse ponto variou de Mesotrófico a Supereutrófico, classificado pela média anual como Mesotrófico, mantendo a classificação obtida em 2020, porém, já no limite máximo dessa classe.

Nos resultados mensais (Figura 7.40), observou-se dominância de Cianobactérias em todas as amostras, situação semelhante à de 2019 e 2020.

Figura 7.40 – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2021. Braço do ribeirão da Fartura



A comparação dos resultados de 2020 e 2021 está sumarizada no Quadro 7.26.

Quadro 7.26 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (célis mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Braço Ribeirão da Fartura (ponto BFAR 02250)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél ^s mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél ^s mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
BFAR 02250	2020						Piora em relação à média anual e maior valor de NCC e atendimento à CONAMA. Em agosto de 2021, 96% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis</i> . Os gêneros <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> e <i>Planktothrix</i> foram quantificados em elevadas densidades durante o ano. (2)
	5	20.775	238.301	904.229 (setembro)	40	A	
	2021						
	4	16.903	417.529	1.263.696 (agosto)	0	A	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célis mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

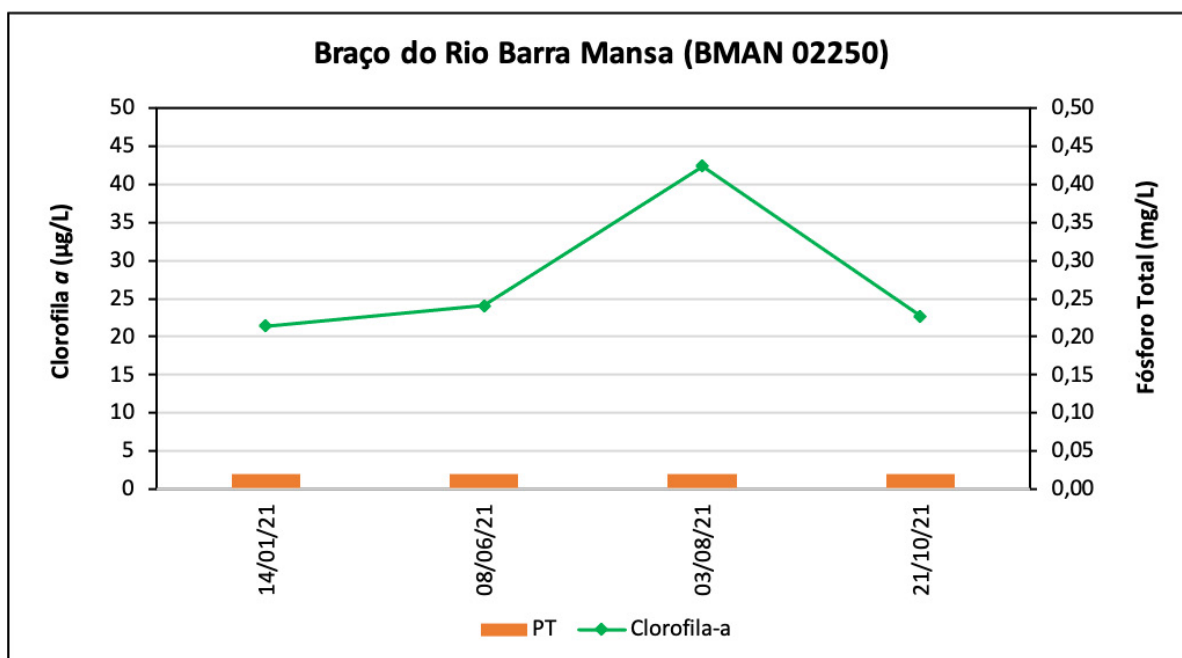
(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ célis mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

7.7.2.3 Braço do rio Barra Mansa

O Gráfico 7.60 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2021 no braço do rio Barra Mansa (BMAN 02250).

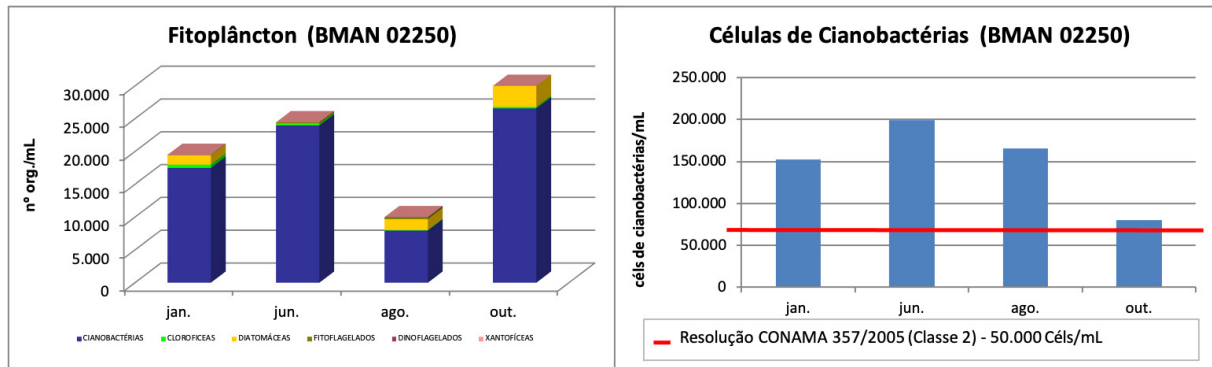
Gráfico 7.60 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no braço do rio Barra Mansa (BMAN 02250) em 2021



Em 2021, no braço do rio Barra Mansa (Gráfico 7.60) as concentrações de Fósforo Total indicativas de ambiente Mesotrófico estiveram em conformidade, em todas as campanhas, com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. As concentrações de Clorofila *a* também estiveram em conformidade com a legislação para Classe 2, com exceção de agosto. No entanto em janeiro, junho e outubro exibiram condição Eutrófica e em agosto Supereutrófica, indicando a resposta da comunidade fitoplanctônica à carga de nutrientes presentes no local. Essas concentrações variaram de forma similar ao Número de Células de Cianobactérias. Segundo o IET, esse ponto, ao longo do ano, bem como na média, foi classificado como Mesotrófico, embora já próximo ao limite máximo desta classe trófica.

Nos resultados constantes na Figura 7.41 observou-se dominância de Cianobactérias em todas as amostragens, situação semelhante à de 2019 e 2020.

Figura 7.41 – Valores mensais da Comunidade Fitoplancônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2020. Braço do Rio Barra Mansa



A comparação dos resultados de 2020 e 2021 foi sumarizada no Quadro 7.27.

Quadro 7.27 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (cél mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Braço do rio Barra Mansa (ponto BMAN02250)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (céls mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (céls mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
BMAN 02250	2020						Melhora em relação à densidade de organismos, e maior valor de NCC. Mas a qualidade da água continua Ruim, com piora no atendimento à CONAMA e presença de <i>Ceratium</i> . Em junho de 2021, 89% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> . Os gêneros <i>Microcystis</i> e <i>Woronichinia</i> foram quantificados em elevadas densidades durante o ano. (2)
	5	49.966	142.991	281.746 (novembro)	20	A	
	2021						
	4	21.624	149.404	199.695 (junho)	0	P	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; cél mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ cél mL}^{-1}$).

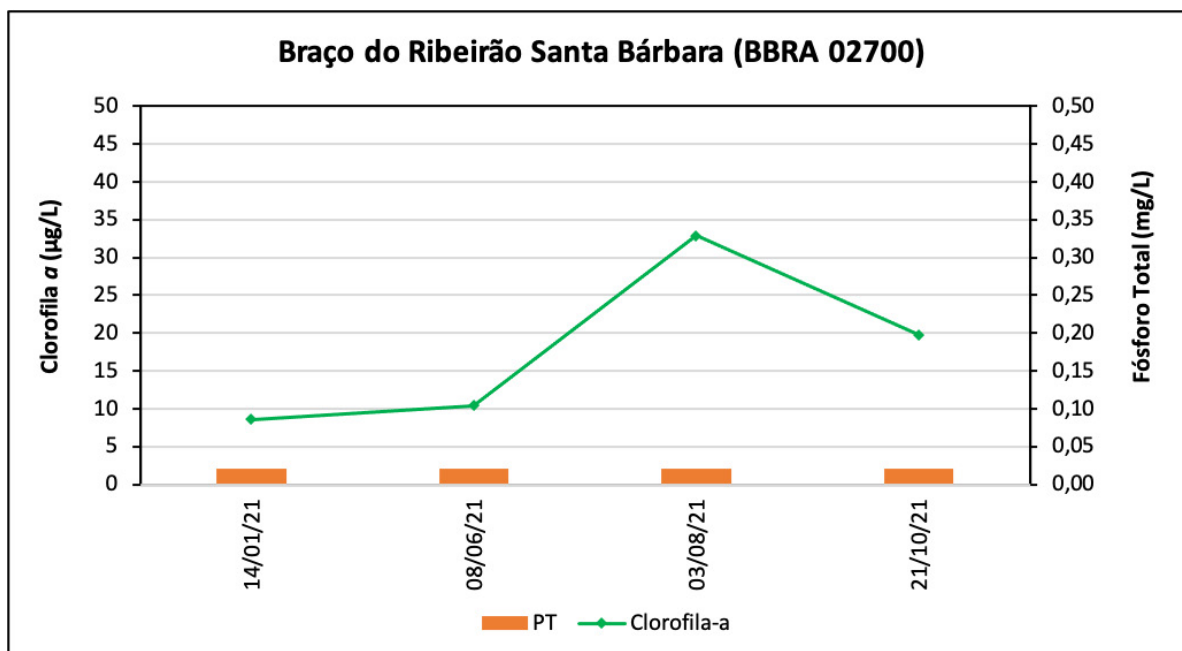
(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

7.7.2.4 Braço do Ribeirão Sta. Bárbara (BBRA 02700)

O ponto BBRA 02700 está localizado no ribeirão Santa Bárbara, afluente da margem direita do reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19) no baixo rio Tietê.

O Gráfico 7.61 apresenta as concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total, ao longo de 2021 no braço do ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) - UGRHI 19.

Gráfico 7.61 – Concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no braço do ribeirão Santa Bárbara (BBRA 02700) em 2021

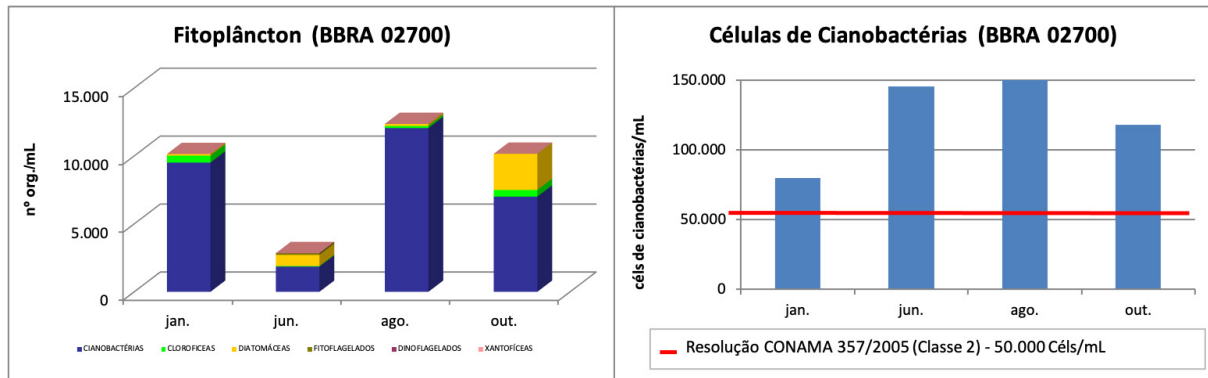


No braço do ribeirão Santa Bárbara em 2021, as concentrações de Fósforo Total indicativas de ambiente Mesotrófico estiveram em conformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, em todas as campanhas. As concentrações de Clorofila *a*, com exceção de agosto, também estiveram em conformidade com a legislação. Em agosto, a concentração de Clorofila *a*, foi indicativa de condição Supereutrófica e em outubro de Eutrófica, ambas consideradas classificações de ambiente já eutrofizado. Essas concentrações variaram de forma similar à densidade total de organismos fitoplanctônicos influenciadas, principalmente, pela densidade do grupo das Cianobactérias bem como pelo Número de Células de Cianobactérias. Segundo o IET, esse ponto, ao longo do ano, bem como na média, foi classificado como Mesotrófico, já próximo ao limite máximo desta classe trófica.

O ponto BBRA 02700 está localizado no ribeirão Santa Bárbara, afluente da margem direita do reservatório Nova Avanhandava (UGRHI 19) no baixo rio Tietê. O monitoramento desse ponto foi iniciado em outubro de 2019, devido a intensas florações de Cianobactérias do gênero *Microcystis* registradas nos reservatórios localizados no rio Tietê.

Nos resultados apresentados na Figura 7.42 observou-se dominância de Cianobactérias em todas as amostragens, situação semelhante à de 2019 e 2020.

Figura 7.42 – Valores mensais da Comunidade Fitoplanctônica e Contagem de Células de Cianobactérias em 2021. Braço do Ribeirão Sta. Bárbara



A comparação dos resultados de 2020 e 2021 foi sumarizada no Quadro 7.28.

Quadro 7.28 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (célis mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Braço Ribeirão Santa Bárbara (ponto BBRA 02700)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (cél ^s mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (cél ^s mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
BBRA 02700	2020						Piora em relação à média anual de NCC, ao maior valor de NCC e atendimento ao CONAMA. Presença de <i>Ceratium</i> .
	5	8.698	84.097	112.743 (novembro)	20	A	
	2021						Em agosto de 2021, 84% das células pertenciam ao gênero <i>Microcystis</i> . Os gêneros <i>Raphidiopsis</i> / <i>Cylindrospermopsis</i> e <i>Aphanocapsa</i> foram quantificados em elevadas densidades durante o ano. (2)
	4	8.876	163.758	311.606 (agosto)	0	P	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célis mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

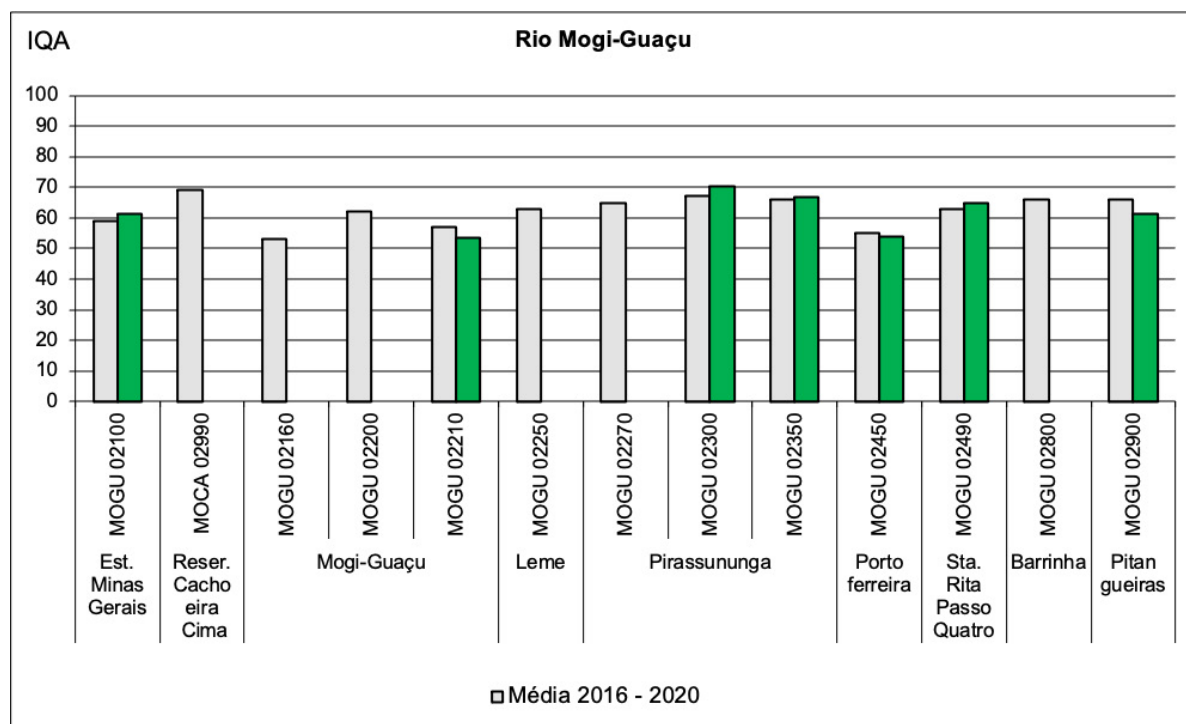
(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial (20.000 célis mL^{-1}).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

7.8 UGRHI 9 – MOGI-GUAÇU

A qualidade da água no rio Mogi-Guaçu, avaliada pela média anual IQA de 2021 e dos últimos 5 anos, foi classificada na categoria Boa desde a sua nascente no estado de Minas Gerais até a sua foz, no município de Pitangueiras (Gráfico 7.62).

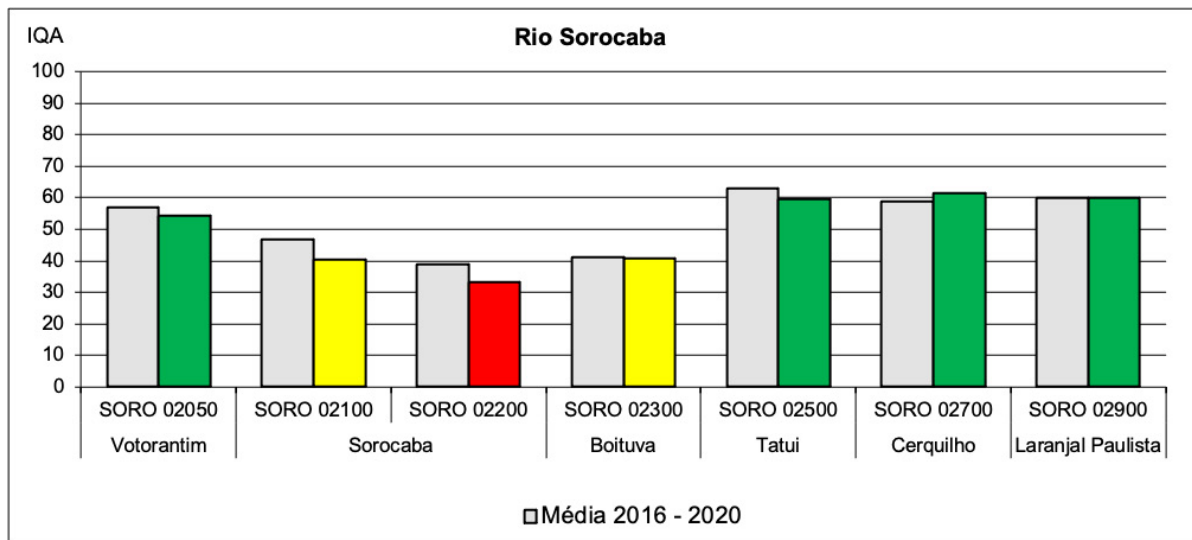
Gráfico 7.62 – Perfil do IQA no rio Mogi-Guaçu em 2020 e nos últimos 5 anos



7.9 UGRHI 10 – SOROCABA / MÉDIO TIETÊ

7.9.1 Rio Sorocaba

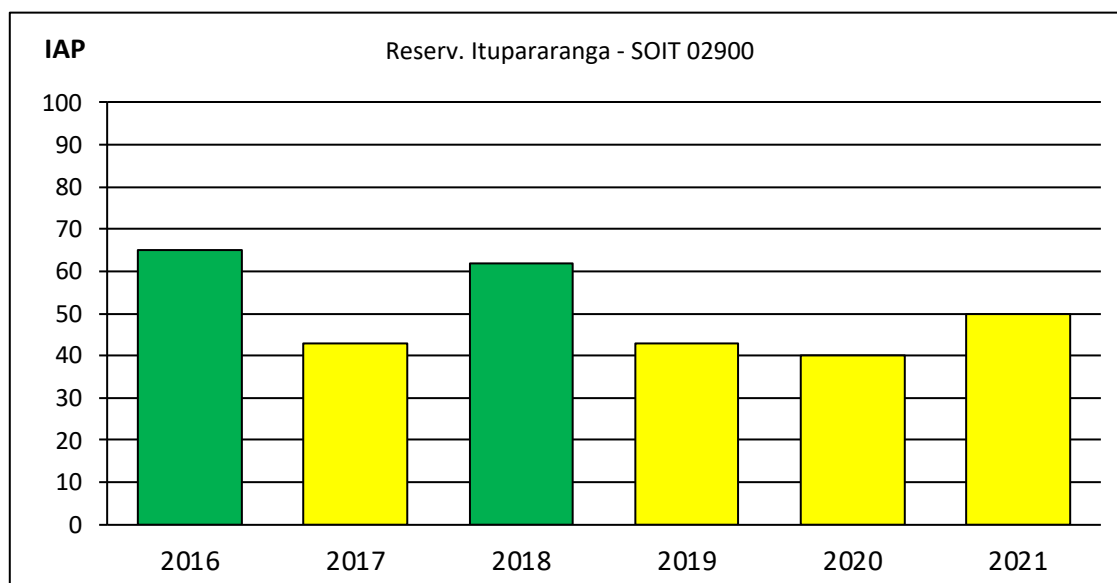
Gráfico 7.63 – Perfil do IQA no rio Sorocaba em 2021 e nos últimos 5 anos



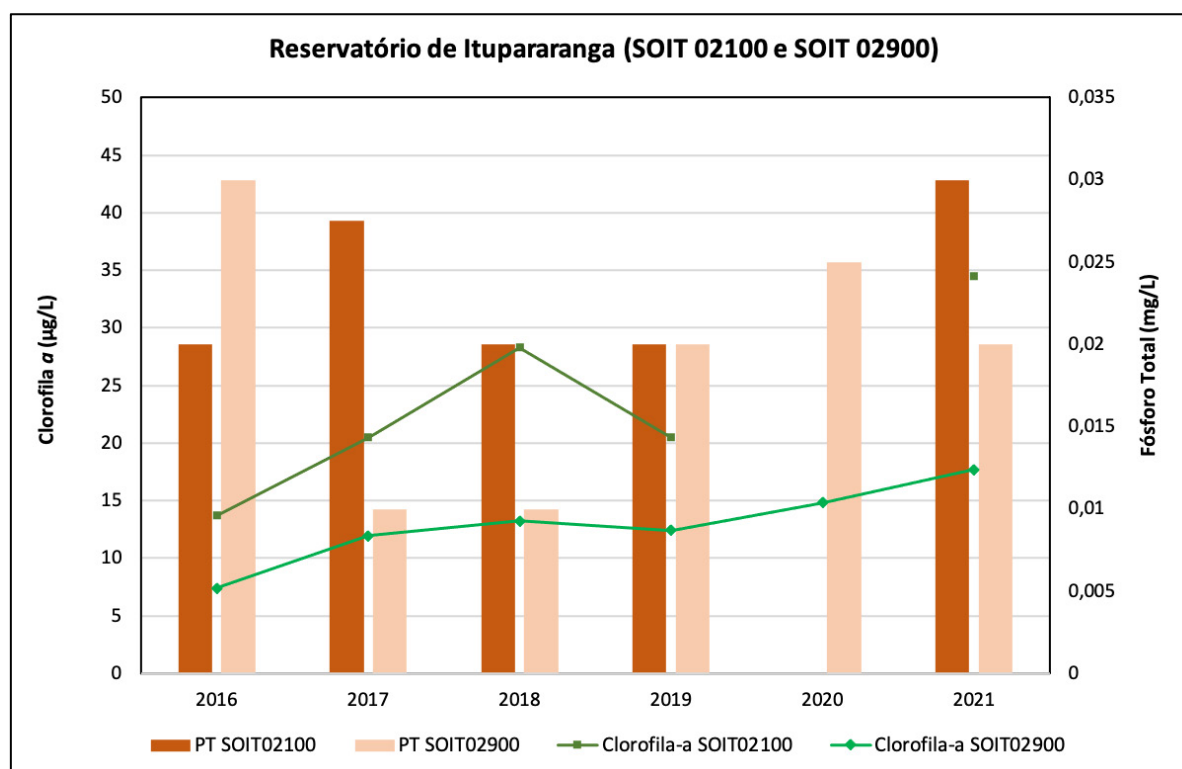
O perfil do IQA do rio Sorocaba em 2021 pode ser visualizado no Gráfico 7.63. A classificação do IQA manteve a categoria Boa e Regular em todos os trechos, igualmente ao observado em 2021 e nos últimos 5 anos, com exceção do trecho a jusante do município de Sorocaba, aonde a qualidade vem mantendo a categoria Ruim, devido a concentrações elevadas de COT, *E. coli*, Fósforo Total e Turbidez e aos baixos níveis de Oxigênio Dissolvido.

7.9.2 Reservatório Itupararanga

O Gráfico 7.64 apresenta o histórico, do período de 2016 a 2021, das médias anuais do IAP no reservatório Itupararanga, localizado na UGRHI 10, no ponto SOIT 02900, próximo à barragem. O IAP médio anual de Itupararanga neste período vem mantendo a categoria Regular desde 2019, influenciada, sobretudo, por densidades elevadas de Cianobactérias, principalmente na estação chuvosa (fevereiro e dezembro), quando foram registrados valores na faixa de 172 a 229 mil céls mL⁻¹.

Gráfico 7.64 – Classificação do IAP no reservatório de Itupararanga entre 2016 e 2021

O Gráfico 7.65 apresenta o histórico, do período de 2016 a 2021 das médias anuais das concentrações de Clorofila *a* e Fósforo Total nos pontos SOIT 02100 e SOIT 02900, no reservatório Itupararanga, localizado na UGRHI 10. Nesse reservatório, por restrição devido a pandemia de Covid-19, no ponto SOIT 02100, a amostragem da variável Clorofila *a* e Fósforo Total em 2020 foram realizadas em apenas uma campanha, impossibilitando a avaliação anual.

Gráfico 7.65 – Média Anual de Clorofila *a* e Fósforo Total (PT) no reservatório Itupararanga (SOIT 02900) - 2016 a 2021

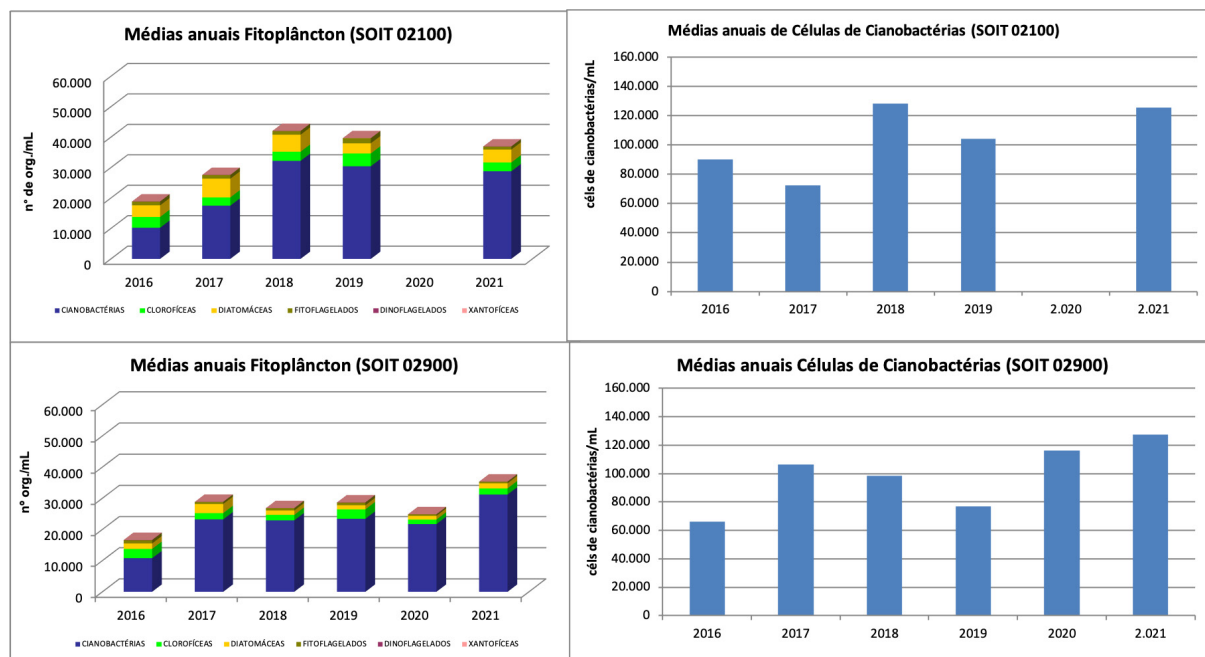
No período de 2016 a 2021 (Gráfico 7.65), no ponto SOIT 02100, as concentrações médias anuais de Fósforo Total variaram, indicando condições entre Oligotrófica e Mesotrófica. Em relação às concentrações de Clorofila *a*, esse ponto variou, ao longo dos anos, com concentrações indicativas de condição Eutrófica a Supereutrófica, com concentrações superiores às encontradas no ponto SOIT 02900. Segundo o IET, considerando o Fósforo Total e a Clorofila *a*, esse ponto que vinha mantendo nesse período a condição Mesotrófica, nesse último ano, exibiu uma piora sendo classificado como Eutrófico. Com exceção do mês de junho, foram observadas concentrações de Fósforo Total em conformidade com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando condição Mesotrófica. Já as concentrações de Clorofila *a*, ultrapassaram em todas as campanhas os limites estabelecidos em legislação indicando condição Supereutrófica. As elevadas concentrações de Clorofila *a*, podem estar relacionadas tanto à contribuição de nutrientes advindos do lançamento de efluentes domésticos em corpos de água formadores, como por exemplo, os rios Sorocamirim e Sorocabaçu, bem como das atividades agrícolas praticadas no entorno desse reservatório, que devido a sua característica lântica possibilita o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica e consequentemente o aumento nas concentrações dessa variável.

Já no ponto SOIT 02900, no período avaliado, as concentrações médias anuais de Fósforo Total se mantiveram na condição Mesotrófica e as concentrações de Clorofila *a*, indicaram condições de Mesotrófica a Eutrófica. Segundo o IET, este ponto vem mantendo a condição Mesotrófica desde 2007. Em 2021, com exceção do mês de setembro, foram observadas concentrações de Fósforo Total em conformidade com o limite estabelecido em legislação, indicando condição Mesotrófica. As concentrações de Clorofila *a*, todas em conformidade com o padrão estabelecido, indicaram condições de Mesotrófica a Eutrófica. Segundo o IET, considerando a Clorofila *a* e Fósforo Total, este ponto variou da condição Mesotrófica a Eutrófica com a média anual classificando-o como ambiente Mesotrófico.

Em ambos os pontos as concentrações de Clorofila *a*, no período de 2016 a 2021, foram similares às densidades totais de organismos fitoplanctônicos, sendo influenciadas principalmente pelos grupos das Cianobactérias, Clorofíceas e Diatomáceas.

Houve dominância de Cianobactérias em todas as amostragens em ambos os pontos. A comparação das médias anuais no ponto SOIT 02100 ficou prejudicada em função de 2020 ter tido apenas uma amostragem no ano (março), e por esse motivo, não foi calculada a média anual. No ponto mais próximo à barragem (SOIT 02900), houve alterações pouco significativas, com aumento sutil da densidade média de organismos e aumento sutil na média de células de cianobactérias (Figura 7.43).

Figura 7.43 – Média anual da Comunidade Fitoplânctônica e Contagem de Células de Cianobactérias no reservatório Itupararanga – próximo à barragem (SOIT 02900) e no corpo central (SOIT 02100), 2016 a 2021



Os dados relevantes em relação às densidades de Células de Cianobactérias foram colocados no Quadro 7.29.

Quadro 7.29 – Resultados de densidade de organismos (org mL^{-1}), de Células de Cianobactérias (célis mL^{-1}), porcentagem de amostras que atenderam à Resolução CONAMA nº 357/2005 e presença de *Ceratium*. Comparação entre 2020 e 2021. Reservatório Itupararanga (pontos SOIT 02900 e SOIT 02100)

	Coleta por ano	Média anual (org mL ⁻¹)	Média anual NCC (célis mL ⁻¹)	Maior valor NCC do ano (célis mL ⁻¹)	Porcentagem de amostras que atenderam ao padrão de NCC da Resolução CONAMA nº 357/2005	<i>Ceratium</i>	Considerações
SOIT 02900	2020						Alterações pouco significativas, mas, presença de <i>Ceratium</i> . Em Dezembro de 2021, 66% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> .(2)
	4	24.887	116.245	130.295 (agosto)	0	A	
	2021						
	4	35.960	127.448	228.461 (dezembro)	25	P	
SOIT 02100	2020						Não comparável. Qualidade da água continua Ruim. Apenas uma coleta em 2020. Em junho de 2021, 80% das células pertenciam ao gênero <i>Raphidiopsis/Cylindrospermopsis</i> .(2)
	1 (março)	N.C.	N.C.	97.025 (janeiro)	0	P	
	2021						
	4	36.952	125.311	180.171 (junho)	0	P	
	4	36.952	125.311	180.171 (junho)	0	P	

Legenda: org mL^{-1} - Organismos por mL; NCC - Número de Células de Cianobactérias; célis mL^{-1} - células por mL; *Ceratium* - dinoflagelado exótico e invasor; P – Presente; A- Ausente; NC – Não Calculado.

(1) Observação: Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Classe Especial ($20.000 \text{ célis mL}^{-1}$).

(2) Ver Apêndice C – item 1.4.2.

O gênero mais abundante em todas as amostragens foi *Raphidiopsis/Cylindrospermopsis*. A Cianobactéria filamentosa não identificada também foi abundante em ambos os pontos. Em menor quantidade foram registrados organismos do gênero *Aphanizomenon* e *Cuspidothrix*.

O resumo da qualidade da água em relação às cianotoxinas foi inserido no Quadro 7.30.

Quadro 7.30 – Concentrações máximas de microcistina e saxitoxina e porcentagens de atendimento a Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada. Comparação 2020 e 2021. Reservatório Itupararanga

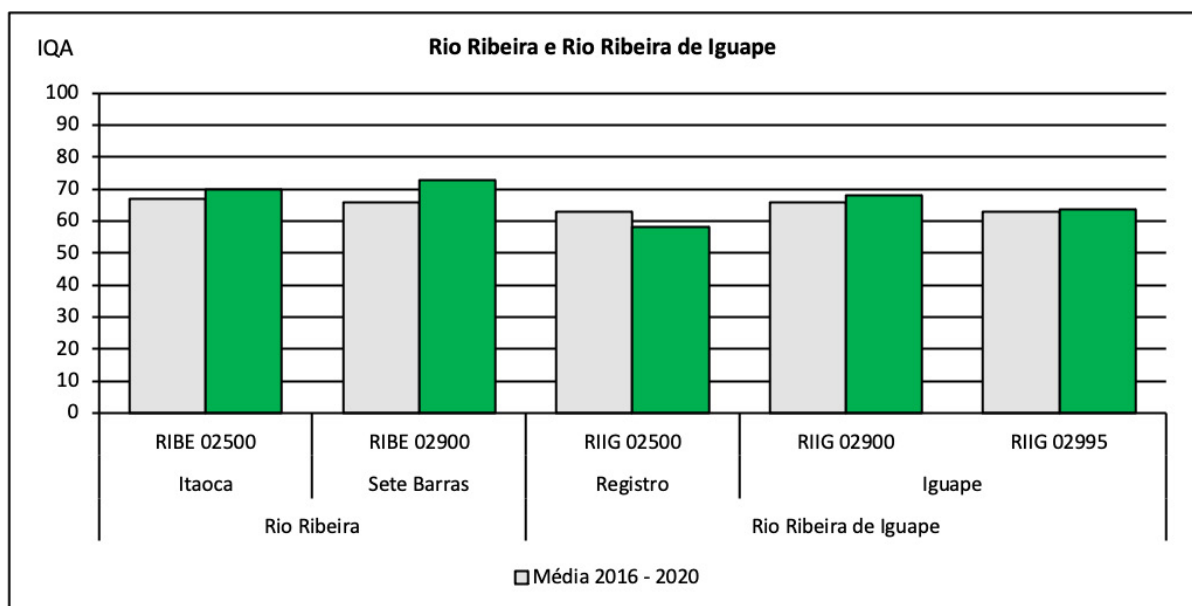
Ponto	Nº de amostragens no ano	Concentração máxima de Microcistina (MC)($\mu\text{g L}^{-1}$)	Concentração máxima de Saxitoxina (STX)($\mu\text{g L}^{-1}$)	% de amostras que atenderam à Portaria GM/MS nº888/2021, para água tratada (MC / STX)
SOIT 02900				
2020	4	0,26 (agosto)	0,31 (novembro)	(100/100)
2021	4	Todos abaixo do limite de quantificação	0,6 (setembro)	(100/100)
SOIT 02100				
2020	1	< 0,15	-	100% para MC
2021	3	< 0,15	-	100% para MC

Observação: limite para água tratada: Microcistina (MC) - $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ e Saxitoxina (STX) - $3,0 \mu\text{g.L}^{-1}$

7.10 UGRHI 11 – RIBEIRA DE IGUAPE/LITORAL SUL

O perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguaape em 2021 e nos últimos 5 anos pode ser visualizado no Gráfico 7.66. A qualidade da água manteve a classificação Boa para ambos os corpos de água, com valores próximos da média histórica de 5 (cinco) anos.

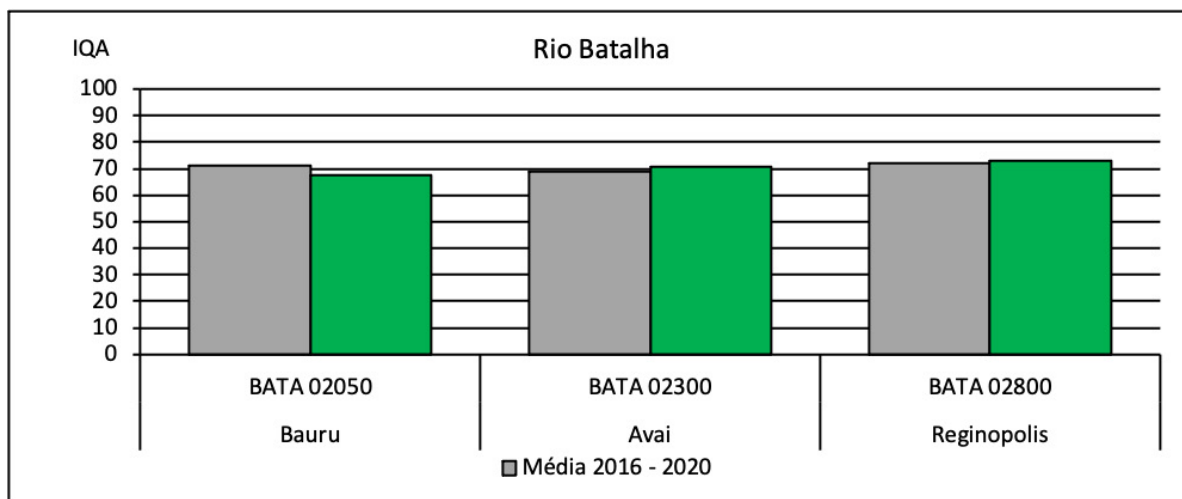
Gráfico 7.66 – Perfil do IQA nos rios Ribeira e Ribeira de Iguaape em 2021 e nos últimos 5 anos



7.11 UGHRI 16 – TIETÊ/BATALHA

O perfil do IQA em 2021 e nos últimos 5 anos no rio Batalha pode ser visualizado no Gráfico 7.67. A qualidade da água ao longo da calha desse rio manteve-se na categoria Boa e próxima da média histórica.

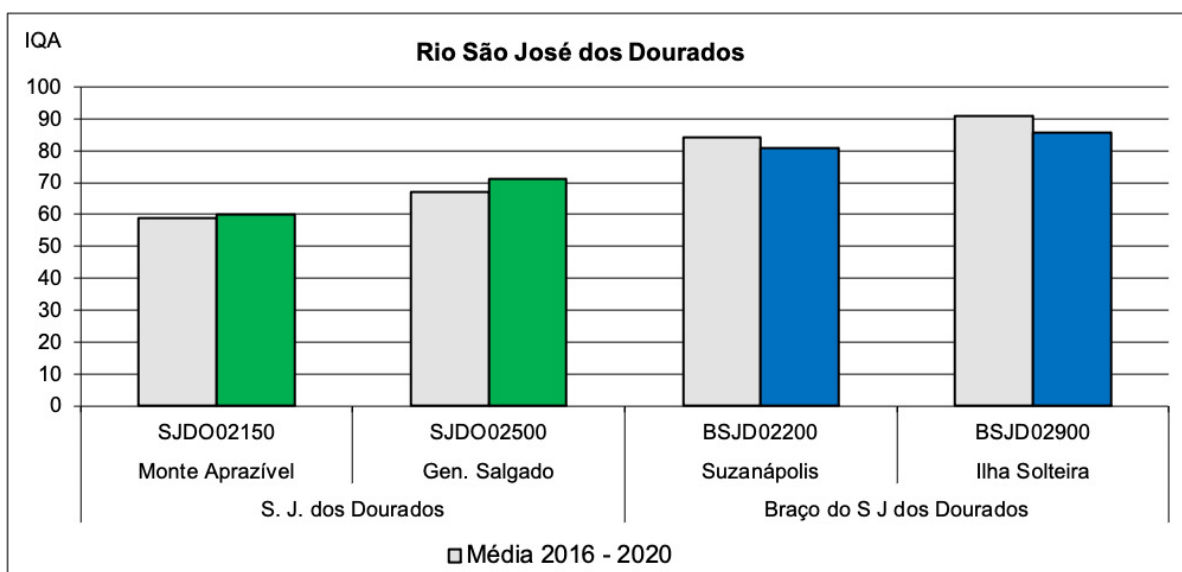
Gráfico 7.67 – Perfil do IQA em 2021 e nos últimos 5 anos no rio Batalha



7.12 UGRHI 18 – SÃO JOSÉ DOS DOURADOS

O perfil do IQA no rio São José dos Dourados em 2021 e nos últimos 5 anos pode ser visualizado no Gráfico 7.68. A qualidade ao longo da calha, assim como nos braços variou entre as categorias Boa e Ótima, mantendo-se próximo da média histórica de 5 anos.

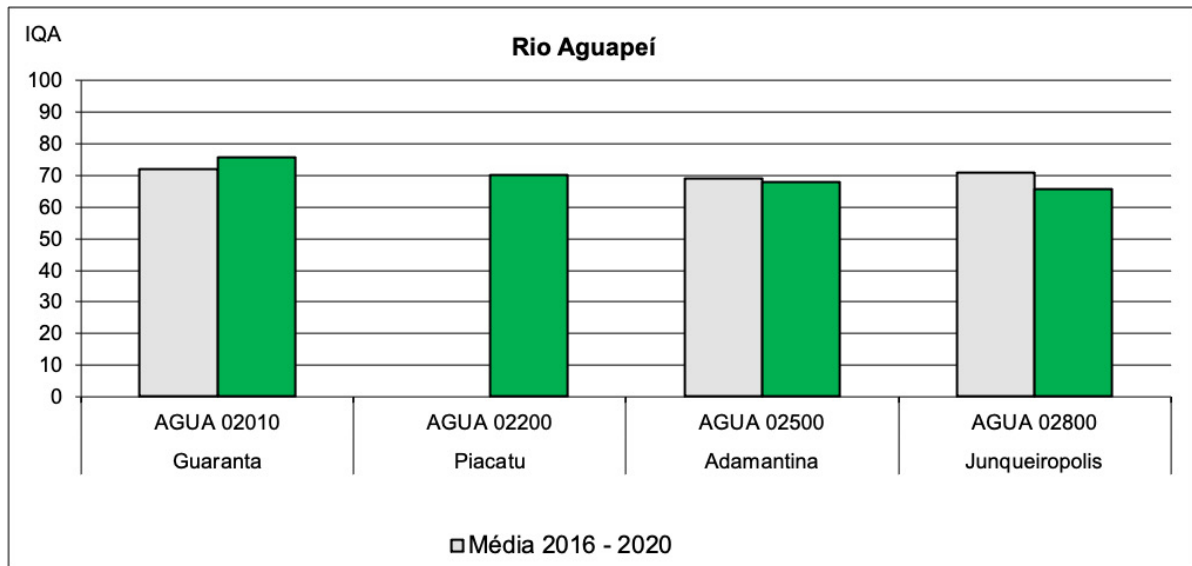
Gráfico 7.68 – perfil do IQA no rio São José dos Dourados em 2021 e nos últimos 5 anos



7.13 UGHRI 20 – AGUAPEÍ

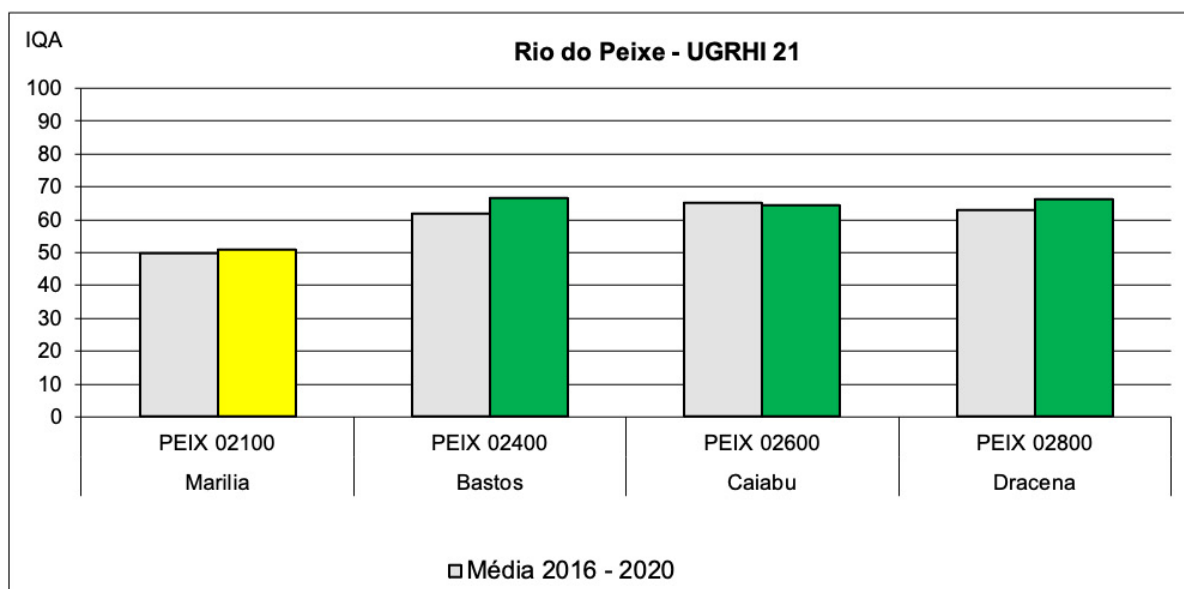
A qualidade da água ao longo do trecho monitorado foi classificada na categoria Boa, de acordo com o IQA, se mantendo próxima à média dos últimos 5 anos (Gráfico 7.69).

Gráfico 7.69 – Perfil do IQA no rio Aguapeí em 2021 e nos últimos 5 anos



7.14 UGHRI 21 – PEIXE

O perfil do IQA no rio do Peixe em 2021 pode ser visualizado nos Gráfico 7.70. A qualidade da água nos trechos que atravessam os municípios de Conchas, Caiabu e Dracena manteve a categoria Boa, e próxima da média dos últimos 5 anos. Já no trecho em Marília, a qualidade manteve a categoria Regular e dentro da média histórica devido aos valores elevados de *E. coli*, Fósforo Total e Nitrogênio Kjeldahl registrados em todas as campanhas realizadas nesse ano. Cabe ressaltar que o município de Marília, cuja população foi superior a 231.000 habitantes em 2021, não possui uma estação para o tratamento dos esgotos gerados.

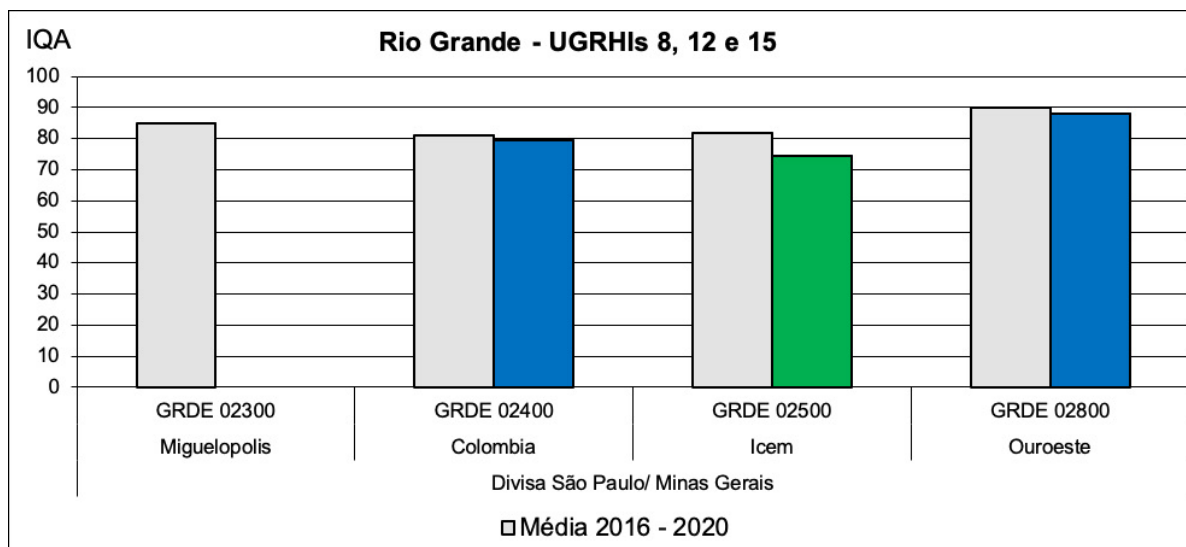
Gráfico 7.70 – Perfil do IQA no rio do Peixe em 2021 e nos últimos 5 anos

7.15 DIVISAS DO ESTADO

7.15.1 Rio Grande – UGRHs 08, 12 e 15

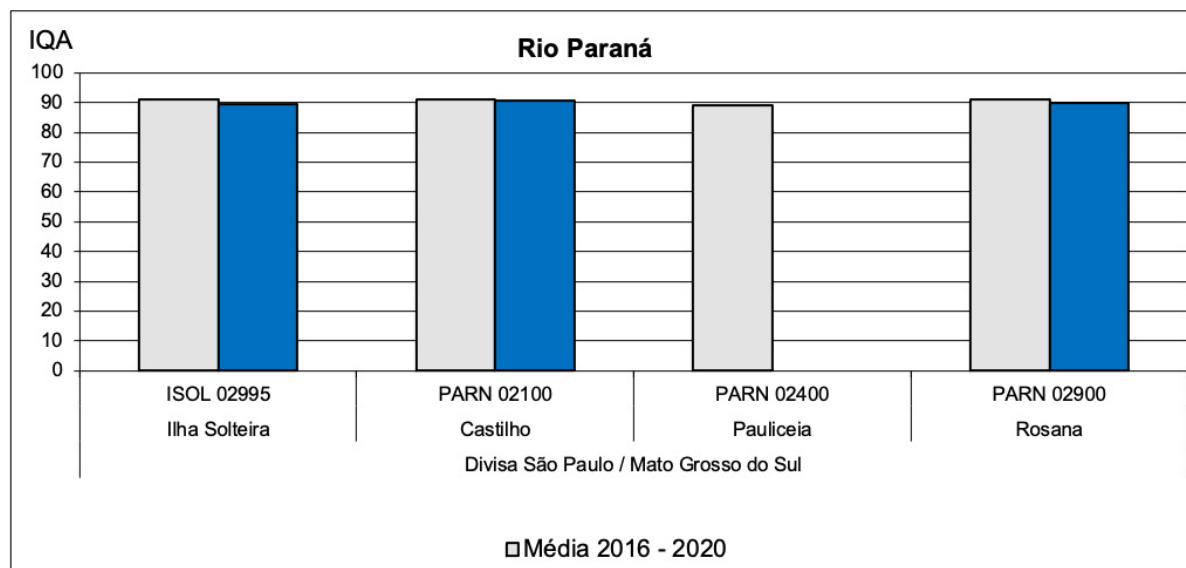
O perfil do IQA em 2021 no rio Grande, na divisa com o estado de Minas Gerais, pode ser visualizado nos Gráfico 7.71.

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 e Ouroeste, de forma semelhante aos últimos 5 anos. Já no trecho em Icem, embora classificado na categoria Boa, o IQA médio foi inferior à média histórica, influenciado por concentrações mais elevadas de COT na campanha de julho.

Gráfico 7.71 – Perfil do IQA no rio Grande em 2021 e nos últimos 5 anos

7.15.2 Rio Paraná- UGRHs 18,19 e 22

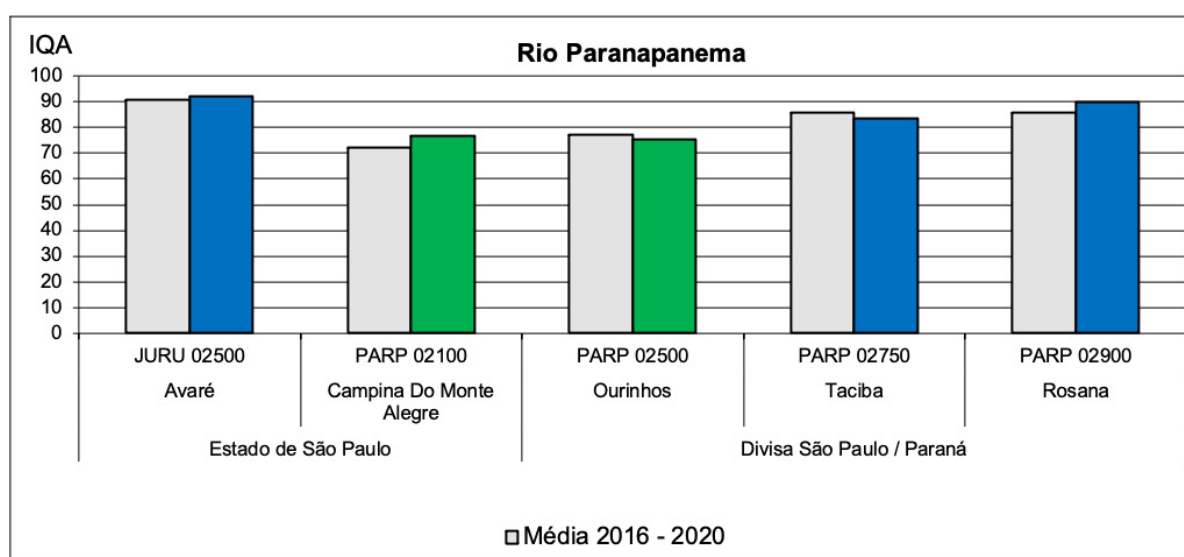
O perfil do IQA em 2021 no rio Paraná, na divisa com o estado de Mato Grosso do Sul, pode ser visualizado nos Gráfico 7.72. A qualidade da água desse rio se apresentou na categoria Ótima em todos os trechos monitorados, se mantendo próxima da média histórica.

Gráfico 7.72 – Perfil do IQA em 2021 no rio Paraná em 2021 e nos últimos 5 anos

7.15.3 Rio Paranapanema – UGRHs 14, 17 e 22

O perfil do IQA em 2021, no rio Paranapanema, na divisa com o estado do Paraná, pode ser visualizado nos Gráfico 7.73. Cabe ressaltar que desde 2018 a UGRHI 14 - Alto Paranapanema vem registrando índices pluviométricos abaixo da média histórica. Em 2019 e 2020, além da UGRHI 14, as UGRHs 17 e 22 também registraram chuvas abaixo da média histórica. Em 2021, a intensidade das chuvas nessas UGRHs foi cerca de 24% inferior à média histórica, com decréscimos expressivos nas vazões dos principais rios e prejuízos nos usos múltiplos das águas. Contudo, 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, se mantendo próxima da média dos últimos 5 anos.

Gráfico 7.73 – Perfil do IQA no rio Paranapanema em 2021 e nos últimos 5 anos



8 • Qualidade dos Sedimentos

Em 2021, a avaliação da qualidade do sedimento foi realizada em 19 pontos, 7 em rios e 12 em reservatórios, distribuídos em 5 UGRHs com diferentes usos predominantes do solo (Mapa 8.1).

A análise dos resultados do monitoramento do sedimento é realizada com base em três linhas de evidência: química (concentração), ecológica (comunidade bentônica) e ecotoxicológica (ensaios com *Hyalella azteca* e *Chironomus sancticarioli*), além de ensaios de mutagenicidade (Teste de Ames) e de toxicidade aguda com *Vibrio fischeri* (Microtox®). Para avaliar a carga interna de nutrientes e a condição de eutrofização dos corpos de água é realizada a análise de fósforo total. Variáveis microbiológicas (*Clostridium perfringens* e *Escherichia coli*) são medidas adicionais para identificar fontes de esgoto nas bacias. Os critérios utilizados no diagnóstico são apresentados no [Apêndice E](#).

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 B, N 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 (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 comentários
2	JAGJ 00350 Res. Jaguari	Substâncias químicas							Apesar de ter se apresentado mesotrófico, os sedimentos do local possuem alta concentração de fósforo que, dependendo das condições, pode-se disponibilizar para a coluna de água. Dados microbiológicos anteriores (2012-2013) para <i>Clostridium</i> mostravam influência de esgoto doméstico neste braço do reservatório, possivelmente proveniente do município de Santa Isabel. Apesar de vários elementos químicos apresentarem concentrações acima de TEL, esses tem provável origem litológica.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
5	JCRE 00500 Res do Rio Jacarei	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico com acúmulo de fósforo nos sedimentos. Presença de DDE em concentrações acima de PEL, evidenciando a aplicação, na bacia, de um pesticida de uso proibido. Apesar de vários elementos químicos inorgânicos apresentarem concentrações acima de TEL, a maioria, com exceção do chumbo, tem provável origem litológica.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
	PCAB 02600 Rio Piracicaba	Substâncias químicas							Ambiente hipereutrófico, com acúmulo de fósforo nos sedimentos, embora as características arenosas do substrato não favoreça o processo deposicional. Os altos valores de <i>E. coli</i> , tanto na água superficial quanto nos sedimentos, sugere que a fonte deste nutriente seja o esgoto doméstico.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 comentários
6	RBIR 00300 Res. Biritiba Mirim	Substâncias químicas							O IET calculado com os dados obtidos no dia da coleta de sedimentos indicou condição oligotrófica. Os sedimentos exibiram acúmulo de material orgânico, com alto teor de sólidos voláteis (31%), possivelmente relacionado a macrófitas aquáticas, e fósforo. A origem deste nutriente deve estar relacionada à aplicação de fertilizantes na atividade de horticultura da região. Presença de HPAs acima de PEL e de vários contaminantes orgânicos e inorgânicos acima de TEL, dos quais As teria provável origem litológica. O efeito subletal observado para organismo bentônico pode estar relacionado aos contaminantes observados em concentração superior a TEL ou a contaminantes não analisados. O diagnóstico pela biota local indicou qualidade ecológica Boa, mas a comunidade foi composta predominantemente por organismos semitolerantes.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							
	TIVA 02700 Ribeirão da Estiva	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico, com baixa interferência de esgoto doméstico. O efeito agudo observado para organismo bentônico indica a biodisponibilidade de algum contaminante não analisado.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
	PIRE 02999 Ribeirão Pires	Substâncias químicas							Este ambiente recebe alta carga de esgoto doméstico. Vários contaminantes estiveram em concentrações acima de TEL, incluindo dioxinas e furanos e HPAs. Dos elementos químicos inorgânicos, Hg, Zn e Cu podem ser considerados de origem antrópica. O efeito agudo observado para os organismos bentônicos testados e a indicação de qualidade ecológica ruim pela biota devem estar associados a contaminantes biodisponíveis. Na comparação com a avaliação de 2018 houve piora do ambiente, indicada tanto pela observação de toxicidade em ensaios de laboratório quanto pela diminuição de densidade e dominância por organismo tolerante na biota.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							
	RGDE 02030 Res. Rio Grande	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico, mas com alto acúmulo de fósforo nos sedimentos que, dependendo das condições, pode-se disponibilizar para a coluna de água. Esgoto doméstico pode ser a fonte deste nutriente. Presença de HPAs, PCBs, HCB, DDD e DDE e de contaminantes inorgânicos, dos quais Cd, Hg e Zn foram considerados de origem antrópica. A ausência de toxicidade para organismos bentônicos em laboratório sugere que os contaminantes observados em concentração até acima de PEL (Hg e Zn) podem não estar biodisponíveis. A biota local foi dominada por organismo tolerante em elevada densidade, que reflete um ambiente organicamente enriquecido. O resultado de mutagenicidade indica a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos diretos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (continua)

UGRHI	Ponto	Análise	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 comentários
6	RGDE 02200 Res. Rio Grande	Substâncias químicas							Ambiente eutrofizado e com alto acúmulo de fósforo nos sedimentos que, dependendo das condições pode-se disponibilizar para a coluna de água. A fonte deste nutriente pode ser os esgotos domésticos dos municípios a montante. A ausência de efeitos para organismos bentônicos de laboratório sugerem que os contaminantes observados em concentrações que superaram inclusive PEL (Cu e Hg) não estariam biodisponíveis e o resultado da biota estaria mais associado ao enriquecimento orgânico. Vários elementos (Cu, Zn, Pb e Hg) foram considerados de origem antrópica. O resultado de mutagenicidade indica a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos diretos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							
6	RGDE 02900 Res. Rio Grande	Substâncias químicas							Ambiente mesotrófico com acúmulo de fósforo nos sedimentos que, dependendo das condições pode-se disponibilizar para a coluna de água. A fonte deste nutriente pode ser os esgotos dos municípios localizados a montante. Presença de HPAs, PCBs, dioxinas e furanos e de vários elementos inorgânicos alguns acima de TEL e PEL, muitos dos quais (Cd, Cu, Zn, Pb e Hg) foram considerados de origem antrópica. A ausência de efeitos para organismos bentônicos de laboratório sugerem que os contaminantes observados em concentrações que superaram inclusive PEL (As, Cu e Hg) não estariam biodisponíveis, mas a baixa densidade da biota pode indicar presença de toxicidade no ambiente. O resultado de mutagenicidade indica a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos diretos e as concentrações de HPAs podem explicar a genotoxicidade indireta também detectada nesse local.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							
6	PINH 04100 Rio Pinheiros	Substâncias químicas							Presença de esgotos domésticos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
	OLAR 04800 Córrego Olaria	Substâncias químicas							Presença de esgoto doméstico e indicação de fontes de Hg e HPAs na microbacia.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
6	GUAR 00452 Res. Guarapiranga	Substâncias químicas							Ambiente supereutrófico com alto acúmulo de fósforo nos sedimentos que, dependendo das condições pode-se disponibilizar para a coluna de água. A fonte deste nutriente pode ser, pelo menos em parte, devido ao esgoto doméstico. A ausência de efeitos para organismos bentônicos de laboratório sugerem que os contaminantes observados em concentrações que superaram inclusive PEL (Cu e Zn) não estariam biodisponíveis, mas a biota local encontra-se alterada. A principal fonte de Cu para este corpo de água é a adição de sulfato de cobre para controle de algas. Cd, Hg e Zn também estariam associados a fontes antrópicas. Os contaminantes orgânicos DDE e HPAs também ocorreram neste ambiente, em concentrações acima de TEL.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							

Tabela 8.1 – Avaliação dos sedimentos (conclusão)

UGRHI	Ponto	Análise	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 comentários
6	GUAR 00751 Res. Guarapiranga	Substâncias químicas							Ambiente eutrofizado com alto acúmulo de fósforo nos sedimentos que, dependendo das condições pode-se disponibilizar para a coluna de água. A fonte deste nutriente pode ser, pelo menos em parte, devido ao esgoto doméstico. A principal fonte de Cu, que apresentou concentração acima de PEL, para este corpo de água é a adição de sulfato de cobre para controle de algas. Cd, Hg e Zn também estão associados a fontes antrópicas. Os contaminantes orgânicos DDE e HPAs também ocorreram neste ambiente, em concentrações acima de TEL.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
	JUÇA 04900 Córrego Pirajussara	Substâncias químicas							Presença de esgotos domésticos e HPAs em concentrações que superaram PEL.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
	PINH 04900 Rio Pinheiros	Substâncias químicas							Presença de esgotos domésticos, com alto acúmulo de fósforo nos sedimentos e de elementos químicos inorgânicos acima de PEL (Ni e Zn), considerados de origem antrópica, assim como Hg, Pb, Cd, Cu e Cr. Entre os contaminantes orgânicos, HPAs ocorreram acima de PEL, enquanto PCBs e dioxinas e furanos superaram TEL.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
8	GRJA 02200 Res. Jaguará	Substâncias químicas							Presença de substâncias químicas acima de PEL (Ni) e acúmulo de fósforo nos sedimentos. Demais elementos em concentrações de provável origem litológica.
		Fósforo total							
	GRJA 02650 Res. Jaguará	Substâncias químicas							Ambiente oligotrófico, mas com acúmulo de fósforo nos sedimentos. A fonte deste nutriente pode ser esgoto doméstico e escoamento de áreas de cultura. O efeito subletal observado em <i>Hyalella azteca</i> indica a biodisponibilidade de contaminantes. Elementos químicos encontrados de provável origem litológica.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
	BCER 02200 Br Corr Cervo	Substâncias químicas							Presença de substâncias químicas acima de PEL (Ni) e alto acúmulo de fósforo nos sedimentos. Cu e Zn de provável origem antrópica.
		Fósforo total							
11	CAFR 00350 Res. Cachoeira do França	Substâncias químicas							Ambiente oligotrófico, mas com indícios de entrada de esgoto doméstico. A ausência de efeito indica que os contaminantes observados não encontram-se biodisponíveis. Apesar de apontar qualidade ecológica Boa, a composição da biota local parece indicar o início de um processo de enriquecimento orgânico. Os contaminantes observados em concentração superior a TEL não têm indicação de origem antrópica. O resultado de mutagenicidade indica a presença de contaminantes orgânicos genotóxicos diretos.
		Fósforo total							
		Toxicidade <i>Vibrio fischeri</i>							
		Mutagenicidade							
		Microbiológico <i>Escherichia coli</i>							
		Microbiológico <i>Clostridium perfringens</i>							
		Ecotoxicidade <i>Hyalella azteca</i>							
		Ecotoxicidade <i>Chironomus sancticarioli</i>							
		Bentos							

(*) Não Tóxico para sobrevivência, não tendo sido avaliado efeito subletal.

Qualidade				
Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima

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 5 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 8.2 apresenta o número de pontos nos quais as concentrações ultrapassaram os limites TEL e PEL assim como os pontos em que suas origens foram consideradas antrópicas. Cabe destacar que em todos os pontos onde foi quantificado o cádmio e o zinco, independente desses ficarem abaixo de TEL, suas origens foram consideradas antrópicas, visto que as concentrações basais desses elementos no estado de São Paulo são mais baixas. É possível que as concentrações de níquel, que chegaram a ultrapassar PEL, nos pontos da UGRHI 8 (reservatório Jaguará e braço do Córrego do Cervo) sejam de origem natural, devido a região na qual estão inseridos apresentar rochas com concentrações de níquel (e também de crômio) mais elevadas. Do mesmo modo, a concentração de arsênio no reservatório do rio Grande (ponto RGDE 02900) pode não ser antrópica, visto que perfil sedimentar datado e coletado nessa região indicou concentrações de As na ordem de 25 mg.kg⁻¹ desde a década de 1920 (Franklin et al. 2016).

Tabela 8.2 – Número de pontos com elementos em concentrações iguais ou acima dos critérios TEL e PEL e os considerados de origem antrópica

Variável	≥ TEL e < PEL	≥ PEL	Origem antrópica
Arsênio	12	1	-
Cádmio	4	0	6 (GUAR00452; GUAR00751; PINH04900; RGDE02030; RGDE02900*; PIRE02999*)
Chumbo	15	0	5 (RGDE02200; RBIR00300; PINH04900; JCRE 00500; RGDE02900)
Cobre	7	4	7 (BCER02200; GUAR00452; GUAR00751; PINH04900; PIRE02999; RGDE02200; RGDE02900)
Crômio	13	0	PINH04900
Mercurio	5	4	9 (GUAR00452; GUAR00751; OLAR04800; PINH04900; PIRE02999; RBIR00300; RGDE02030; RGDE02200; RGDE02900)
Níquel	9	3	PINH04900 (BCER02200**; GRJA02200**; GRJA02650**)
Zinco	4	3	9 (BCER02200; GUAR00452; GUAR00751; PINH04900; PIRE02999; RGDE02030; RGDE02300; RGDE02900*; JAGJ00350*)

* - Considerados como de influência antrópica, mesmo abaixo de TEL.

** - Impreciso afirmar se a concentração é antrópica ou litológica.

Os contaminantes orgânicos investigados no sedimento dos pontos de coleta incluíram: HPAs, pesticidas organoclorados, dioxinas e furanos e PCBs, mas nem todos foram analisados em todos os pontos. Em dois dos três pontos de coleta no reservatório Jaguará não foram realizadas análises de compostos orgânicos. O sedimento do braço do rio Grande, no reservatório do Rio Grande (RGDE 02030), apresentou a pior condição em termos de contaminação por compostos orgânicos tais como DDE, DDD, HCB, HPAs e PCBs em concentrações entre TEL e PEL. Dioxinas e furanos, embora não analisados nesse ponto em 2021, historicamente apresentam concentrações acima de PEL nessa região. Dentre os 10 pontos em que foram realizadas determinações de dioxinas e furanos em 2021, 4 apresentaram concentrações acima de TEL, sendo o maior valor encontrado

no sedimento do ponto de captação do reservatório do Rio Grande (RGDE 02900). Salienta-se que esses compostos orgânicos têm afinidade com o material particulado, tendendo a permanecerem associados ao sedimento e não à coluna de água.

Deve-se destacar também a quantificação de DDE, subproduto da degradação de DDT, em concentrações acima de PEL no ponto do reservatório do rio Jacareí. Esse composto também foi observado no reservatório Guarapiranga. Em 3 pontos (reservatório de Biritiba Mirim, córrego Pirajussara e rio Pinheiros – PINH 04900), as concentrações de HPAs ultrapassaram PEL. Nas 3 localidades, a origem principal de HPAs seria pirolítica, pela razão fluoranteno:pireno, segundo Yunker et al. (2002).

Em 14 pontos de coleta (73,7%), distribuídos nas UGRHs 2, 5, 6 e 8, foi constatado enriquecimento orgânico pela elevada concentração de fósforo total nos sedimentos, proveniente principalmente de despejos de efluentes domésticos e, eventualmente, devido ao uso agrícola do solo. Nove pontos estão localizados em reservatórios (Jaguari – UGRHI 2, Jacareí, Rio Grande, Guarapiranga e Jaguará), mostrando que ambientes lênticos favorecem a deposição e acúmulo desse elemento. Na bacia do reservatório Jaguará, o maior valor obtido no braço do córrego do Cervo indica um aporte importante por esse tributário, mas a ausência de dados microbiológicos não permitiu inferências sobre a origem do nutriente.

Os dois rios (Piracicaba e Pinheiros), com elevadas concentrações de fósforo nos sedimentos, apresentam bacias altamente adensadas e, de fato, os valores elevados de *Escherichia coli* nos sedimentos sugerem que esgotos domésticos seriam a principal fonte desse nutriente. Elevadas concentrações de *E. coli* indicam uma contaminação fecal recente, uma vez que esses microrganismos são suscetíveis às condições ambientais. Os córregos da Olaria e Pirajussara e a foz do ribeirão Pires também exibiram concentrações muito elevadas desse marcador microbiológico, mostrando-se receptores de esgotos domésticos. *Clostridium perfringens*, por ser capaz de persistir por longos períodos no ambiente, possibilita a avaliação do impacto da deposição de material fecal em longo prazo, além de apresentar melhor correlação com a presença de protozoários e vírus patogênicos. Valores mais elevados de *C. perfringens* no braço do Rio Grande retratam o aporte de esgotos domésticos do município Rio Grande da Serra por longo período.

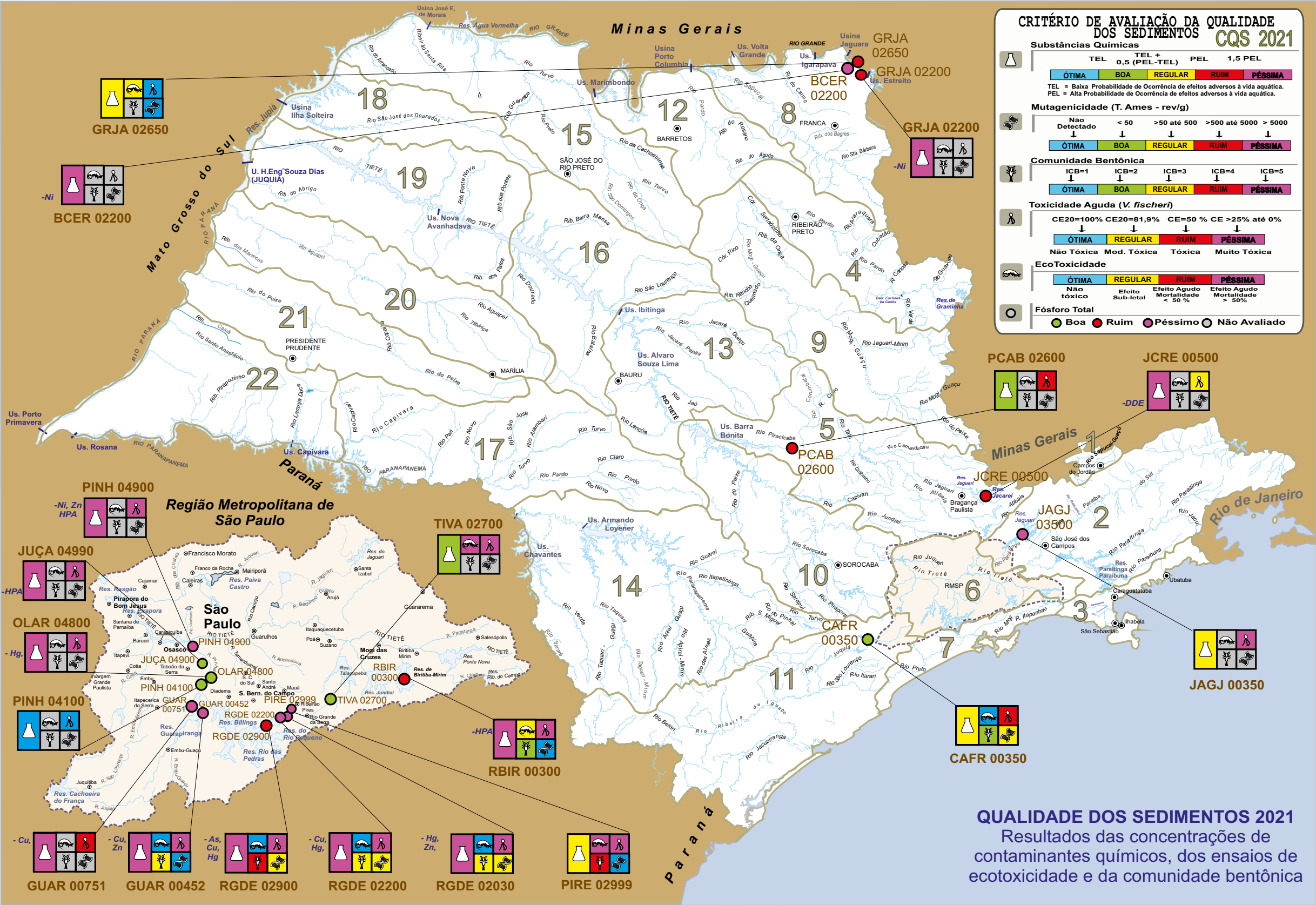
Do total de pontos monitorados, destacam-se 4 ambientes que apresentaram comprometimento, tanto com relação à presença de contaminantes potencialmente tóxicos de origem antrópica, como por enriquecimento orgânico, a saber: os reservatórios do Rio Grande, Guarapiranga e Jaguará, este último especialmente no braço do córrego do Cervo, bem como o rio Pinheiros, no ponto PINH 04900, no trecho próximo à sua foz, que possui forte influência do rio Tietê. Os dados obtidos em 2021 para o outro ponto de amostragem (PINH 04100), localizado no trecho do rio Pinheiros, próximo à Usina Elevatória de Pedreira, indicaram apenas a presença de variáveis associadas a esgoto doméstico, apresentando uma melhor qualidade, o que possivelmente decorre das sucessivas operações de dragagem no leito do rio nos últimos anos.

A avaliação ecotoxicológica foi realizada em 9 pontos e mostrou efeito agudo tanto para *Hyalella azteca* como para *Chironomus sancti-caroli* somente no ribeirão Pires e apenas para *H. azteca* no ribeirão da Estiva, indicando a biodisponibilidade dos contaminantes presentes no sedimento destes ambientes. O efeito subletal em ensaios com *H. azteca* foi observado apenas em 2 pontos (reservatório Biritiba Mirim e reservatório Jaguará) que apresentaram contaminantes inorgânicos em concentrações acima do limite TEL. Nos pontos avaliados nos reservatórios do Rio Grande e do Guarapiranga não foi verificada toxicidade para os organismos teste.

Em 7 dessas mesmas localidades foi realizado o diagnóstico pela comunidade bentônica, sendo que todas exibiram algum nível de alteração dessa biota. Os reservatórios Biritiba Mirim e Cachoeira do França apresentaram a melhor qualidade ecológica (Boa), enquanto que os demais, situados nas bacias dos reservatórios do rio Grande e Guarapiranga, mostraram comprometimento da fauna, com perda de diversidade e dominância por componentes tolerantes, em resposta especialmente ao enriquecimento orgânico desses corpos de água. A qualidade Ruim dos pontos localizados na captação do reservatório do Rio Grande (profundo) e na foz do ribeirão Pires, também pode ser atribuída a presença de contaminantes por contribuição antrópica.

Com relação aos ensaios de mutagenicidade, dentre as amostras de sedimento dos 8 pontos analisados em 2021, 4 apresentaram qualidade Ótima (reservatórios Biritiba Mirim, Jaguara e Guarapiranga e ribeirão Pires). Os 3 pontos amostrados no reservatório Rio Grande e no reservatório Cachoeira do França apresentaram atividade mutagênica moderada com a linhagem TA98 na ausência de ativação metabólica, classificando como Regular a qualidade do sedimento. Não foi possível relacionar esses resultados a nenhum dos compostos orgânicos investigados nesses locais. Na amostra do ponto RGDE 02900 foi detectada atividade mutagênica baixa com a mesma linhagem, mas na presença de ativação metabólica, o que pode estar relacionado às concentrações de alguns HPAs, como benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno e criseno.

Mapa 8.1 – Localização e diagnósticos dos pontos da rede de sedimento em 2021



(*) Valores > PEL: As, Cd, Cr, Cu, DDE, Hg, Ni, Pb, Zn, HAP, PCB, PCDD/F (Dioxinas e Furanos)

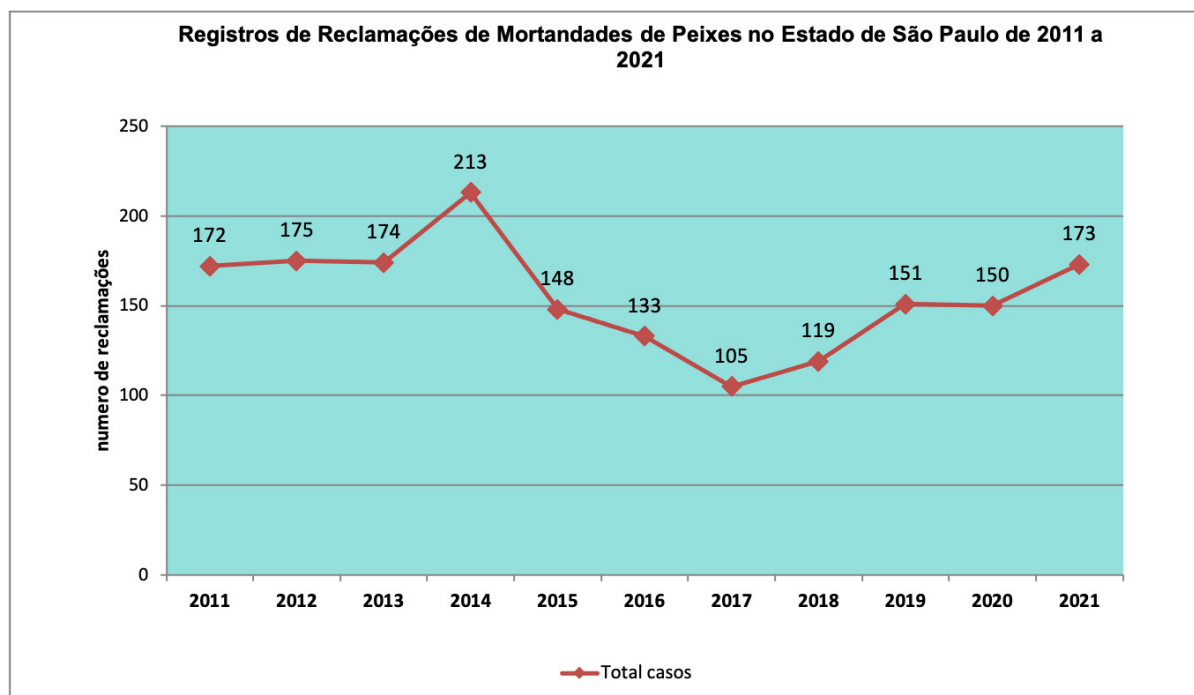
9 • Mortandades de Peixes

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 desse grupo, além de outros organismos. As mortandades estão normalmente associadas às alterações da qualidade da água, embora nem sempre seja possível identificar suas causas, e 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.

Dentre os acidentes ambientais relacionados à qualidade dos corpos de água, foram registradas 173 ocorrências de mortandade de peixes e/ou outros organismos aquáticos em 2021 no estado de São Paulo, atendidas pela CETESB, Sede e Agências Ambientais e registradas pela imprensa. Houve um aumento de cerca de 65% em relação ao número de ocorrências a partir de 2017 e de 15% em relação a 2019 e 2020. Em relação ao ano de 2014, quando ocorreu um pico no número de ocorrências associado à crise hídrica, o número de registros de 2021 foi 19% menor. A evolução no número de atendimentos às reclamações de ocorrências de mortandades de peixes no período de 2011 a 2021 pode ser vista no Gráfico 9.1.

Gráfico 9.1 – Evolução dos registros de Mortandades de Peixes de 2011 a 2021 no estado de São Paulo

Levando-se em conta esse histórico, desde 2011, verifica-se que, após o pico de casos em 2014, auge da crise hídrica no estado, houve queda no número de registros de mortandades de peixes de modo semelhante ao registrado após 2006, ano que foi mais seco que a média dos dez anos anteriores. Mas desde 2017 esses números vêm aumentando gradativamente.

A Tabela 9.1 apresenta o número de casos de mortandade de peixes atendidos pela CETESB em 2021 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 2021

UGRHI	Registros
UGRHI 01 – Mantiqueira	0
UGRHI 02 – Paraíba do Sul	3
UGRHI 03 – Litoral Norte	3
UGRHI 04 – Pardo	2
UGRHI 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá	22
UGRHI 06 – Alto Tietê	19
UGRHI 07 – Baixada Santista	6
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande	7
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu	25
UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê	11
UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul	4
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande	0
UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	14
UGRHI 14 – Alto Paranapanema	21

UGRHI	Registros
UGRHI 15 – Turvo/Grande	11
UGRHI 16 – Tietê/Batalha	12
UGRHI 17 – Médio Paranapanema	5
UGRHI 18 – São José dos Dourados	0
UGRHI 19 – Baixo Tietê	0
UGRHI 20 – Aguapeí	4
UGRHI 21 – Peixe	2
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema	2

O número de ocorrências por UGRHI ao longo do ano de 2021 está discriminado no [Apêndice R](#), assim como o registro dos atendimentos feitos pelas Agências Ambientais e/ou Setor de Comunidades Aquáticas ou outras instituições.

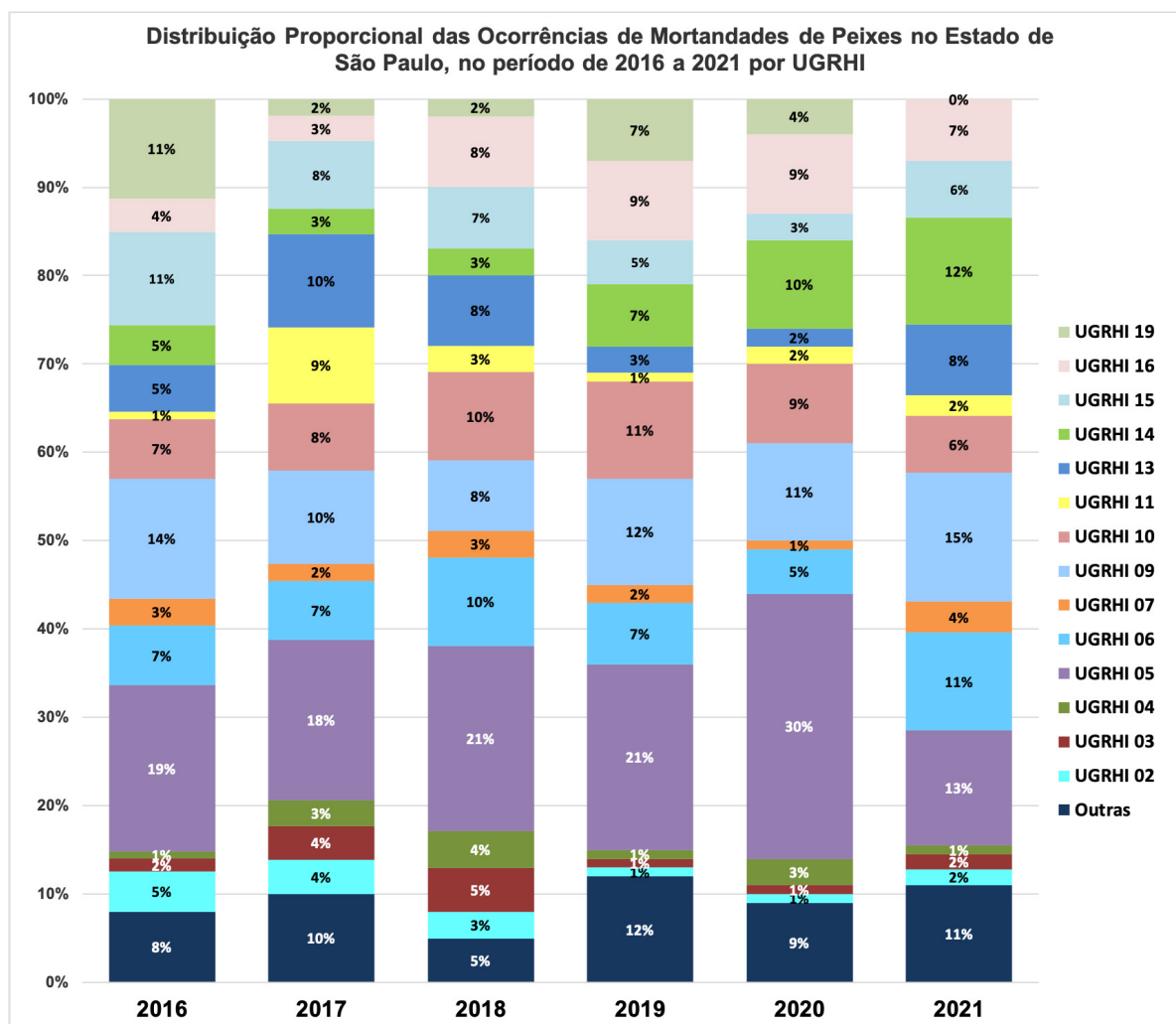
9.2 Ocorrências nas UGRHIs

Entre os atendimentos realizados pela CETESB em 2021, 8 UGRHIs concentraram quase 76% dos registros, enquanto outras 10 UGRHIs foram responsáveis pelas demais ocorrências reportadas. As UGRHIs 1 – Mantiqueira, 12 – Baixo Pardo/Grande, 18 – São José dos Dourados e 19 – Baixo Tietê, não apresentaram registro de mortandade de peixes no ano de 2021.

Em 2021, diferentemente do cenário de anos anteriores, a UGRHI 9 – Mogi-Guaçu teve a maior proporção de casos registrados (14,5%) no Estado, ultrapassando a UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí (12,7%) em casos registrados, seguida da UGRHI 14 – Alto Paranapanema (12,1%). A UGRHI 6 – Alto Tietê ficou em quarto lugar, respondendo por 11% dos registros de mortandades em São Paulo. As UGRHIs 13 – Tietê Jacaré (8,1%) e 16 – Tietê Batalha (6,9%) ficaram, respectivamente, em quinto e sexto lugares em número de ocorrências no Estado. As UGRHIs 15 – Turvo/Grande e 10 – Sorocaba/Médio Tietê ocuparam o sétimo lugar, cada uma respondendo por 6,4% dos registros no estado de São Paulo.

O Gráfico 9.2 apresenta a distribuição proporcional das ocorrências no estado de São Paulo, no período de 2016 a 2021 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 2016 a 2021



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 2016 e 2021 a fim de verificar a existência de tendência histórica de piora ou melhora ao longo desse período.

Algumas UGRHIs apresentaram cenários de tendência de melhora após a análise dos registros de ocorrências. A UGRHI 2 – Paraíba do Sul tem apresentado queda no número de registros de mortandades de peixes há alguns anos, diminuindo também a participação relativa dessa UGRHI no total de casos do Estado, tendo sido registrados 3 casos em 2021.

As UGRHIs 15 – Turvo Grande e 18 – São José dos Dourados também apresentaram tendência de queda no número de registros de ocorrências de mortandades de peixes e na participação relativa dessas UGRHIs em relação ao total verificado no Estado.

Uma UGRHI apresentou aumento tanto no número de ocorrências como em relação ao número total de ocorrências do estado: UGRHI 14 – Alto Paranapanema, indicando cenário de tendência de piora no período de 2016 a 2021. 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 2016 a 2021

UGRHI	Tendência
	2015 a 2020
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 2021. No [Apêndice R](#) podem ser consultados todos os eventos de 2021.

Quadro 9.2– Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2021 pela CETESB

Dia	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento
13/1	6	Rio Grande	Lambaris	Provável asfixia devido à presença de material em suspensão na água, presença de grumos nas brânquias dos peixes analisados	Rio Grande da Serra. Atendimento realizado pela Agência Ambiental do ABC I (CLA) e Setor de Atendimento a Emergências (EEEQ) com suporte remoto do ELHC
14/1	5	Lagoa interna da empresa Bio Springer do Brasil	Não especificado	Explosão de um caminhão dentro da área da empresa, provocando o carreamento de resíduos líquidos para a lagoa	Valinhos. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Campinas (CJC)
9/2	13	Córrego do Ouro	Bagres	Queda na concentração de oxigênio dissolvido em decorrência de lançamento de efluente industrial da Cutrale	Araraquara. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Araraquara (CGA)
13/2	14	Rio Paranapanema	Diversas espécies	Redução abrupta na vazão do rio, causando a morte de peixes presos em poças	Piraju. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Botucatu (CGT)
16/2	16	Córrego do Cervinho, braço do Tietê, reservatório de Promissão	Não especificado	Contaminação da água por esgotos sem tratamento, lançados diretamente no solo, atingindo as águas do Córrego do Cervinho, devido a extravasamento em poço de visita (PV) do emissário de esgoto bruto do sistema público	Irapuã. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de São José do Rio Preto (CFR)
16/3	9	Represa formada pelo barramento do Córrego Sul	Tilápias	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água e eutrofização da represa	Sertãozinho. Atendimento realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Sertãozinho
17/3	16	Córrego do Cervinho, braço do Tietê, reservatório de Promissão	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água no período noturno associado a floração de cianobactérias potencialmente tóxicas e eutrofização no reservatório	Sales. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de São José do Rio Preto (CFR)
13/4	16	Córrego do Cervo Grande, braço do Tietê, reservatório de Promissão	Tilápia, cará	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água no período noturno e início da manhã e eutrofização no reservatório	Novo Horizonte. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de São José do Rio Preto (CFR)
3/5	20	Córrego do Sapé e Rio Aguapeí	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência de contaminação por vinhaça	Valparaíso. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Araçatuba (CFU)

Quadro 9.2– Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2021 pela CETESB (continua)

Dia	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento
17/5	17	Córrego Água do Jacu	Não especificado	Provável queda na concentração de oxigênio dissolvido na água devido a contaminação por efluente da ETE Jacu	Cândido Mota. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Assis (CFS)
14/6	11	Rio Jacupiranguinha	Não especificado	Contaminação em decorrência de tombamento de caminhão tanque que acarretou no vazamento de aproximadamente 18.000 L de ácido clorídrico, que escoou pelo sistema de drenagem de águas pluviais da rodovia e atingiu o rio Jacupiranguinha	Cajati. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Registro (CMR), aplicação de AIIPM no valor de 10.000 UFESP
28/6	10	Reservatório artificial de água formado por barramento de afluente do Ribeirão do Avecuia, localizado no Loteamento Aldeias dos Laranjais	Tilápia	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água no período noturno e início da manhã e eutrofização no reservatório	Porto Feliz. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Itu (CJI)
1/7	15	Represa dentro do Assary Clube	Cascudo	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água associada a floração de cianobactérias potencialmente tóxicas e eutrofização da represa	Votuporanga. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Votuporanga (CFV)
21/7	22	Rio Paraná	Tucunaré, piau-três-pintas, apaiai, cascudo	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água e aumento do material em suspensão em decorrência da diminuição de vazão devido à operação da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera	Rosana. Atendimento realizado em conjunto pela Agência Ambiental de Presidente Prudente (CFP), Polícia Militar Ambiental e IBAMA
5/8	20	Lagos formados pelo barramento do Ribeirão Aguapeí-Mirim	Pirarucu	Contaminação da água em decorrência de acidente rodoviário, com o tombamento de um veículo e consequente vazamento de óleo diesel	Inúbia Paulista. Atendimento realizado em conjunto pelas Agências Ambientais de Presidente Prudente (CFP), Dracena (CFD) e Araçatuba (CFU)
13/8	14	Represa de Xavantes	Tucunaré, tilápia	Queda na concentração de oxigênio dissolvido em decorrência de desestratificação da coluna de água devido a inversão térmica	Barão de Antonina. Atendimento realizado pela Agência de Avaré (CMA)
29/8	5	Córrego do Ajudante	Curimbatá	Queda na concentração de oxigênio em decorrência da quantidade de material em suspensão liberado pela barragem de Pirapora e do baixo nível do córrego	Salto. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Jundiaí (CJJ)
10/9	15	Represa dentro do Assary Clube	Tilápia	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água associada a eutrofização da represa	Votuporanga. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Votuporanga (CFV)

Quadro 9.2– Atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes, realizados em 2021 pela CETESB (continua)

Dia	UGRHI	LOCAL	ORGANISMO	MOTIVO	Município. Atendimento
21/9	3	Nascente em Maresias	Não especificado	Contaminação da água da nascente em decorrência de acidente rodoviário com o tombamento de um veículo e consequente vazamento de óleo diesel	São Sebastião. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de São Sebastião (CMS)
13/10	8	Rio Grande, Represa de Jaguará	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água e eutrofização da represa	Rifaina. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Franca (CGF)
27/10	18	Rio São José dos Dourados	Curimbatá, piaui-três-pintas	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência da entrada de grande quantidade de matéria orgânica carregada pela chuva	Auriflama. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Jales (CFJ)
22/11	17	Rio Pary Veado	Não especificado	Provável queda na concentração de oxigênio dissolvido na água em decorrência da entrada de matéria orgânica	Palmital. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Assis (CFS)
24/11	3	Praia do Porto Novo	Bagres	Provável ressuspensão devido à ressaca, trazendo organismos já mortos e de fundo para a areia	Caraguatatuba. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de São Sebastião (CMS)
7/12	8	Rio Grande, Represa de Jaguará	Não especificado	Queda na concentração de oxigênio dissolvido na água e eutrofização da represa	Rifaina. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Franca (CGF)
30/12	11	Rio Pardo, no trecho entre o bairro Areia Branca e a Cascalheira da Areia Branca	Cará, cascudo, curimbatá	Provável contaminação por substância tóxica	Barra do Turvo. Atendimento realizado pela Agência Ambiental de Registro (CMR) com suporte técnico da Divisão de Análises Hidrobiológicas (ELH)

9.5 Causas das Mortandades de peixes

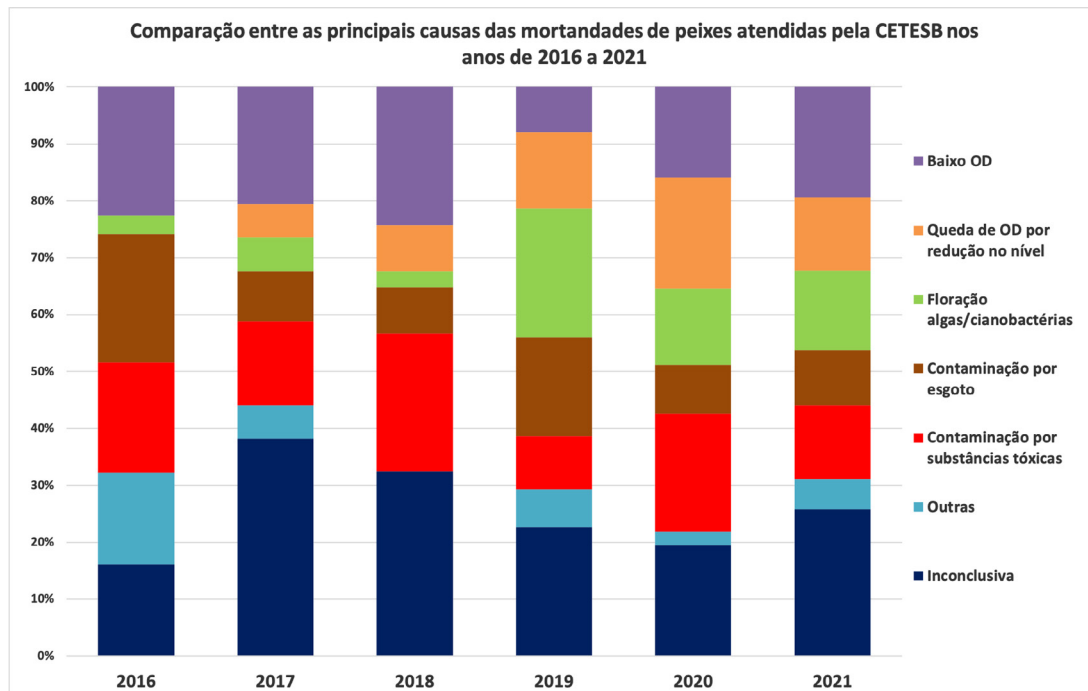
Aproximadamente 74% das ocorrências atendidas pela CETESB em 2021 puderam ser esclarecidas, porcentagem abaixo da registrada em 2020, ano que também registrou o maior número de atendimentos investigados. A proporção entre as principais causas de mortandades de peixes no período de 2016 a 2021 pode ser observada no Gráfico 9.3.

As ocorrências ligadas diretamente à baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água e baixas vazões dos corpos de água, representaram a maior parcela dos atendimentos em 2021 (35%). Além disso, considerando a baixa concentração de OD atuando junto a outras causas concorrentes, como contaminação por substâncias tóxicas, por esgoto, desestratificação da coluna de água, além da eutrofização, esse valor sobre para 56% (Gráfico 9.4).

Em 2021, as ocorrências decorrentes de contaminação por substâncias tóxicas apresentaram uma frequência menor do que em 2020, 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 10% dos atendimentos, enquanto as ocorrências resultantes de florações de algas ou cianobactérias potencialmente tóxicas responderam por 16% dos atendimentos. Foram chamadas de “outras”, causas de ocorrências de mortandade de peixes diferentes das que constam no gráfico, sendo que essas representaram 5% dos atendimentos realizados.

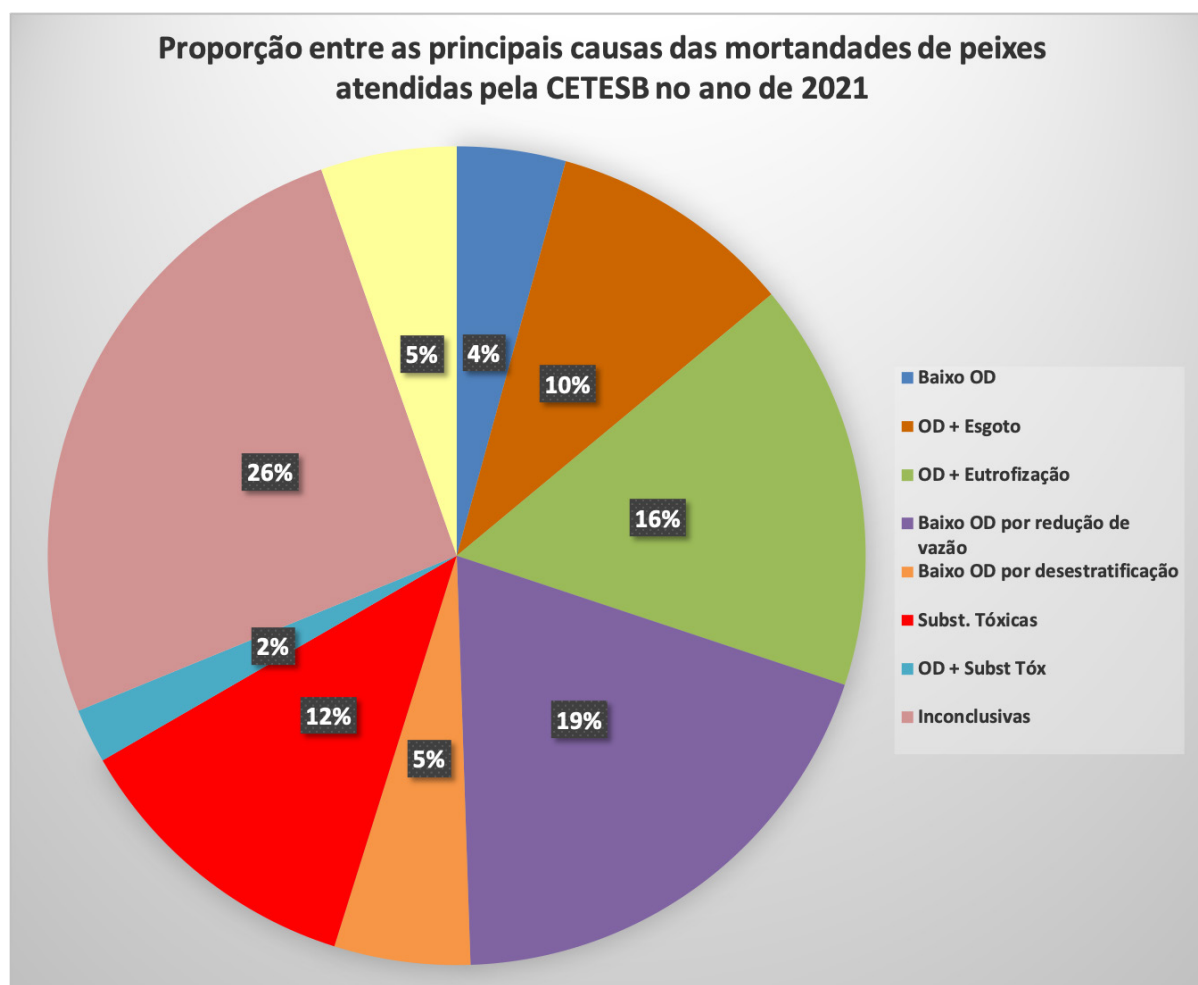
Gráfico 9.3 – Proporção entre as principais causas das ocorrências de mortandade de peixes atendidas pela CETESB no período de 2016 a 2021



Conforme já discutido, 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 2021 em várias ocasiões.

Um detalhamento das causas das mortandades de peixes em 2021 pode ser visto no Gráfico 9.4.

Gráfico 9.4 – Detalhamento das causas das mortandades de peixes no estado de São Paulo em 2021



Os volumes de chuva muito inferiores às médias históricas em 2021, em praticamente todas as UGRHIs do interior do estado, refletiram na morte de peixes, decorrente de 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. Nesses casos, além da queda de OD, a redução no nível do corpo de água pode causar também a maior concentração de compostos eventualmente presentes no local e facilitar a ressuspensão de sedimentos. A grande frequência de ocorrências causadas pela redução da vazão dos corpos de água tem ligação com os baixos volumes anuais de chuvas apresentados por quase todas as UGRHIs do estado de São Paulo em 2021, consideravelmente inferiores às respectivas médias históricas.

A eutrofização dos corpos de água, com floração de cianobactérias, tóxicas ou não, também foi uma causa frequente de morte de peixes em 2021. 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 de água bruta requerendo mais etapas nos processos de tratamento de água para abastecimento público, como também para a preservação da vida aquática, pois podem levar à morte de organismos no local. A alteração na qualidade da água causada pelas florações de algas e cianobactérias potencialmente 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 da entrada de diferentes tipos de substâncias nos corpos de água. As causas dessas contaminações variaram entre acidentes rodoviários, falhas em equipamentos e descarte irregular. Ao contrário do que ocorreu em 2020, a participação dos acidentes rodoviários foi bastante representativa em 2021, assim como em anos anteriores.

Dentro da categoria "Outras" destacaram-se as ocorrências onde se constatou a despesca ou o descarte de organismos após pesca incidental, também conhecida como "bycatch". A presença de espécies ameaçadas como raias e tubarões entre os organismos descartados em uma das ocorrências é uma preocupação em relação à conservação da biodiversidade no estado de São Paulo (vide [Apêndice R](#)). Ainda na categoria "Outras", a presença de material em suspensão carregado para a água devido a obras nas proximidades foi também uma causa de morte de peixes constatada em 2021, causando a asfixia dos organismos.

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 Tietê, na região do reservatório de Promissão e afluentes em fevereiro, abrangeram diferentes municípios da UGRHI 16 e estiveram ligadas à queda na concentração de OD na água no período noturno, associada à floração de cianobactérias potencialmente tóxicas e à eutrofização do reservatório.

Em parte dos atendimentos (26%) não foi possível identificar o gatilho causador da morte dos organismos.

Os atendimentos realizados pela CETESB – Sede e Agências Ambientais ocorreram ao longo de todo o ano de 2021, com 57% dos atendimentos no período seco (de abril a setembro) e 43% no período chuvoso (de janeiro a março e de outubro a dezembro), com destaque para os meses de agosto e setembro.

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 2021 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 2021, a pandemia de COVID-19 impôs novamente a necessidade de adequações no número de pontos e na quantidade de coletas realizadas ao longo do ano, tal como em 2020. Dos 520 pontos de amostragem da Rede Básica, foram considerados como representativos aqueles pontos que tiveram ao menos 3 coletas durante o ano, o que totalizou 448 pontos.

A qualidade das águas avaliada pelo IQA, que considerou o mesmo universo de pontos do período de 2016 a 2019 (375 pontos), apresentou as classificações Ótima, Boa e Regular em 80% dos pontos monitorados, mantendo o mesmo patamar de qualidade dos últimos 5 anos.

Do ponto de vista hidrológico, as chuvas no Estado, em 2021, atingiram um volume anual de 1.096 mm, ou seja, inferior ao ano passado e cerca de 23% inferior à média geral dos 25 anos anteriores. Além disso, todas as UGRHs apresentaram volumes anuais de chuva consideravelmente inferiores às respectivas médias históricas, sendo esse déficit menos pronunciado apenas nas UGRHs 2 e 11. O agravamento do quadro da estiagem, que segue pelo 4º ano consecutivo, implicou em baixa disponibilidade hídrica e menor capacidade de diluição de poluentes na maioria das bacias do Estado.

O índice de tratamento de esgotos domésticos no estado de São Paulo, em 2021, apresentou um ligeiro aumento em relação ao ano anterior, atingindo 66%, o maior patamar desde 2016. Ainda em 2021, entraram em operação a ETE municipal Central, no município de Bom Jesus dos Perdões (UGRHI 5), a ETE Laranjeiras, no município de Caieiras (UGRHI 6) e a ETE São Joaquim da Barra no município de mesmo nome (UGRHI 8), além da SABESP concluir aproximadamente 516 mil novas economias de esgoto doméstico ligadas à rede coletora na bacia do rio Pinheiros (UGRHI 6).

Em termos de coleta e tratabilidade dos esgotos municipais, avaliado pelo ICTEM, foram destaques as UGRHs 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 90%. A UGRHI 21 – Peixe, apresentou o menor ICTEM do Estado, influenciado pelo índice nulo para o tratamento de esgotos do município de Marília.

O agravamento do cenário de estiagem e a carga orgânica remanescente, decorrente principalmente da presença de esgotos domésticos, mas também de outras contribuições difusas, tiveram uma influência na qualidade dos corpos hídricos bastante pronunciada em 2021. De acordo com o IQA, 26% dos pontos exibiram qualidade Ruim e Péssima. Esses resultados reforçam a necessidade da universalização da coleta e tratamento de esgotos no Estado, considerando também que 32 municípios ainda não contam com sistemas de tratamento de esgotos. Contudo, é importante frisar que parcela importante da carga orgânica remanescente advém do lançamento indevido de esgotos no sistema de drenagem urbana, além dos sistemas de coleta e disposição de resíduos sólidos, os quais se constituem em fontes de poluição difusa de difícil quantificação.

Em relação ao rio Tietê, apesar da qualidade Ruim e Péssima de suas águas no trecho da RMSP, a carga orgânica média estimada no município de Pirapora do Bom Jesus, em 2021, ficou abaixo de 150 ton/dia, mantendo uma tendência de queda. Na comparação com a média do ano de 2016, a carga orgânica média estimada em 2021 foi cerca de 23 % menor.

No rio Pinheiros, um dos principais afluentes do rio Tietê, a qualidade da água em 2021 manteve a tendência de melhora do IQA, ficando acima da média histórica dos últimos 5 anos nos trechos de Pedreira, Ponte do Socorro e Av. Bandeirantes. Considerando apenas o trecho superior, que abrange as regiões de Pedreira e Ponte do Socorro, houve queda nas concentrações de COT e manutenção dos níveis de OD acima de 2,0 mg/L, que é o padrão de qualidade para Classe 4. No trecho da avenida Bandeirantes, mais a jusante, houve mudança positiva da categoria do IQA em relação à média dos últimos 5 anos e manutenção dos níveis de OD e COT nos mesmos patamares daqueles registrados em 2020. Os resultados da avaliação dos sedimentos desse corpo de água, que complementam a avaliação da qualidade de água, indicaram apenas a presença de variáveis associadas ao esgoto doméstico, no trecho próximo à Usina Elevatória de Pedreira, o que possivelmente decorre das sucessivas operações de dragagem no leito do rio nos últimos anos. Já, no trecho próximo a sua foz no rio Tietê, ocorre além do enriquecimento orgânico, a presença de contaminantes potencialmente tóxicos o que pode estar associado à influência do rio Tietê e de alguns de seus afluentes.

Em relação ao monitoramento de metais na água, verificou-se uma porcentagem muito baixa de resultados não conformes aos padrões legais. Destacaram-se as desconformidades registradas para o Cobre Dissolvido em 100% do tempo no reservatório Guarapiranga, as quais estão possivelmente associadas com a aplicação do algicida Sulfato de Cobre para controle das florações de cianobactérias.

De um modo geral, considerando um cenário de atendimento aos padrões de qualidade da Classe 2, as maiores porcentagens de não atendimento referem-se às variáveis sanitárias (*E. coli*, Fósforo Total, DBO, Oxigênio Dissolvido e Nitrogênio Amoniacal), aos metais (Ferro Dissolvido, Alumínio Dissolvido e Manganês Total) e ao Número de Células de Cianobactérias, que reflete o aporte de nutrientes, principalmente, o Fósforo Total nos corpos de água. Em relação às variáveis sanitárias, a UGRHI 6 apresentou a maior proporção de registros de desconformidades, seguidas pelas UGRHIs 5 e 10. Em relação às variáveis hidrobiológicas (Clorofila *a* e Número de Células de Cianobactérias), a maior proporção de registros de desconformidades foi distribuída entre as UGRHIs 5, 6, 10 e 16, refletindo a eutrofização dos reservatórios no Alto e Médio Tietê, em razão da carga de Fósforo de origem pontual e difusa, agravada pela estiagem no Estado em seu 4º ano consecutivo. Esses resultados indicam que a universalização do tratamento dos esgotos domésticos e medidas de controle de fontes de fósforo devem ter continuidade para a melhoria da condição de qualidade da água dos corpos hídricos do Estado.

O monitoramento de SARS-CoV-2 em pontos de rios representativos das áreas de drenagem dos esgotos da bacia do Alto Tietê permitiu o acompanhamento das tendências de aumento e redução no número de casos novos de COVID-19 da população da Região Metropolitana de São Paulo. O RNA de SARS-CoV-2 foi detectado em 100% das amostras coletadas nos pontos TIES 04900, TIET 04180 e TAMI 04600 e em 92% nos pontos TIET 03130, TIET 04150 e JQRI 03800, em concentrações mais elevadas nos meses de março, abril e dezembro, coincidindo com os períodos de maior ocorrência da doença. A vigilância ambiental pela análise de água superficial nos pontos selecionados mostrou ser uma ferramenta sensível e informativa na avaliação

dos níveis de transmissão da COVID-19, sendo também um instrumento importante para o monitoramento de outras doenças infecciosas.

O Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público – IAP, que avalia a qualidade da água bruta de mananciais, teve 75% dos pontos avaliados classificados nas categorias Ótima, Boa e Regular. A evolução histórica desse índice vem mantendo a porcentagem de classificação nas categorias Ruim e Péssima (25% em 2021). Essa situação é fortemente influenciada pelos resultados do Potencial de Formação de Trihalometanos - PFTHM, no período chuvoso, assim como pelo aumento das densidades de Células de Cianobactérias, principalmente em reservatórios, no período seco.

No caso do Índice de Proteção da Vida Aquática – IVA, o cálculo foi realizado em menor frequência em 2021 (em média em 1 ou 2 campanhas). Mesmo assim, constatou-se que o grau de trofia continua sendo o maior fator de comprometimento da qualidade dos corpos hídricos, seguido pelo Oxigênio Dissolvido e pela Toxicidade que juntos representam 86% dos fatores que resultaram em classificações Ruim e Péssima. Embora enquadrados na Classe 4, os seguintes pontos não apresentaram efeito adverso à vida aquática em 2021: ribeirão Vermelho (VEME 04200), ribeirão Preto (RIPE 04300), córrego Piedade (IADE 04500), ribeirão São Domingos (SDOM 04300) e córrego da Boa Esperança (BESP 04900).

Na avaliação das condições tróficas, segundo o IET, a maioria dos corpos de água apresentou baixa e média trofia (67%). Dos 33% considerados eutrofizados, 20% foram classificados como Super e Hipereutróficos. Dentre as UGRHs do Estado, os corpos de água da UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê continuaram mantendo as piores condições tróficas, incluindo trechos dos rios Tietê e Sorocaba e os afluentes ribeirão Avecuia e rios das Conchas e Pirapora, que se apresentaram extremamente eutrofizados.

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, os reservatórios Billings e Guarapiranga continuam apresentando elevada densidade de organismos, sendo observada dominância de cianobactérias na Billings e no braço do rio Parelheiros (GUAR 00100), formador do reservatório Guarapiranga. No Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT), o destaque é para o reservatório Taiaçupeba, que apresentou dominância de cianobactérias na média anual. A bacia do rio Tietê/Batalha (UGRHI 16) requer atenção, devido à dominância e elevadas densidades de cianobactérias registradas em todos os pontos.

Com relação ao Índice da Comunidade Fitoplanctônica – ICF, 34% dos pontos foram classificados na categoria Regular, 43% foram classificados na categoria Boa, 18% na categoria Ruim e 5% na categoria Ótima. Aproximadamente 57% 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 corpos de água do Estado.

No diagnóstico da qualidade dos sedimentos, com exceção do ponto mais a montante do rio Pinheiros (PINH 04100), todos os outros mostraram concentração de algum contaminante acima dos limites de possível efeito sobre a biota. Contaminantes orgânicos persistentes foram observados nos sedimentos em 57,1% dos pontos avaliados nas UGRHs 5 e 6. Em 42% dos locais avaliados, há enriquecimento orgânico, em geral, decorrente de fontes de esgotos domésticos, mas também de outras contribuições difusas. O acúmulo de fósforo observado nos sedimentos influencia diretamente o processo de eutrofização dos corpos de água. Com

relação ao Índice da Comunidade Bentônica – ICB, em 2021, o diagnóstico ambiental observado foi Bom, nos reservatórios Biritiba-Mirim (RBIR 00300) e Cachoeira do França (CAFR 00350), embora o RBIR 00300 ainda não atenda à qualidade esperada para o seu enquadramento. Os reservatórios Rio Grande (RGDE 02200, RGDE 02030, RGDE 02900 e PIRE 02999) e Guarapiranga (GUAR 00452) apresentaram diagnósticos entre Regular e Ruim, diferentemente da qualidade prevista para os seus enquadramentos em até duas classes, como visto para PIRE 02999 e GUAR 00452. Em todos esses locais a comunidade foi indicativa, em menor ou maior grau, de enriquecimento orgânico do sedimento, sendo sinal desse processo de degradação a predominância de organismos tolerantes, e possível toxicidade in situ decorrente, em parte, da presença de metais e/ou compostos orgânicos no sedimento. Para esses locais cabem medidas de gestão para assegurar a manutenção da vida aquática e atender à legislação quanto ao enquadramento com base no uso das águas.

Em 2021, verificaram-se 173 registros de mortandades de peixes no estado de São Paulo. As bacias dos rios Mogi-Guaçu (UGRHI 9), Piracicaba/Capivari/Jundiaí (UGRHI 5), Alto Paranapanema (UGRHI 14), Alto Tietê (UGRHI 6), Tietê Jacaré (UGRHI 13), Tietê Batalha (UGRHI 16), Turvo e Grande (UGRHI 15) e Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10) concentraram cerca de 76% das ocorrências registradas. Considerando os últimos 6 anos, verificou-se tendência de melhora nas UGRHIs 2 (Paraíba do Sul), 15 (Turvo Grande) e 18 (São José dos Dourados). Por outro lado, foi verificada tendência de piora na UGRHI 14 (Alto Paranapanema), como já ocorreu em 2020. As mortandades resultantes da baixa concentração de Oxigênio Dissolvido na água, em decorrência da redução no nível do corpo de água, representaram 19% dos registros de atendimento no Estado. Embora esse tipo de ocorrência tenha se verificado ao longo de todo o ano, o mês de agosto concentrou o maior número de eventos. As bacias mais atingidas foram o Alto Paranapanema, Piracicaba/Capivari/Jundiaí e Mogi Guaçu.

A avaliação da qualidade das águas dos corpos hídricos paulistas e das fontes poluidoras, em 2021, indicou que o Estado e os municípios devem dar continuidade nos investimentos de ampliação de redes de coleta e tratamento de esgotos. No tocante às unidades de tratamento de esgotos com maior eficiência na remoção de nutrientes, deve-se priorizar aquelas bacias com reservatórios que são utilizados para abastecimento público. Além disso, ações integradas de prevenção e controle da poluição são fundamentais para evitar a degradação de corpos hídricos que ainda atendem aos usos previstos pela legislação.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas podem promover discussões no sentido de estabelecer metas progressivas visando a melhoria dos corpos de água incluindo a ampliação dos níveis de tratamento em suas respectivas bacias hidrográficas, assim como aperfeiçoar a gestão da quantidade e da qualidade das águas em períodos de escassez hídrica, considerando que 2021 foi o 4º ano consecutivo em que foram registradas chuvas anuais abaixo da média histórica. Dentro desse contexto, sugere-se discussões com vistas a avaliar a influência das captações e das regras operativas na melhora da qualidade da água e dos níveis de Oxigênio Dissolvido de forma a mitigar eventos de mortandades de peixes em situações de baixas vazões, principalmente nas bacias do Alto Paranapanema, PCJ e Mogi-Guaçu.

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

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. 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. 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. **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.

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.

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.

CENSO DEMOGRÁFICO. Acesso em dez. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_sao_paulo.pdf.

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-ínglês. 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 microssuspensão 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 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).
- _____. **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.

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>

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 lagoa Paranoá, DF. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília. 2011.

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 fresh water 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**: metrópoles 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.

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](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 on line**. 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](https://doi.org/10.1093/cid/ciaa447)

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. 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](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/default.shtm)>.

IGLESIAS NG, GEBHARD LG, CARBALLEDA JM, 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 waste water. 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.

KUMAR M, SRIVASTAVA V, MAZUMDER P, DEKA JP, GUPTA S, GOSWAMI R, MUTIYAR PK, DAVE S, MAHANTA C, RAMANATHAN AL, JOSHI M. Spectre of SARS-CoV-2 RNA in the ambient urban waters of Ahmedabad and Guwahati: a tale of two Indian cities. **Environ. Res.**, 204 (2022), p. 112067, 10.1016/J.ENVRES.2021.112067

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.

LEMO, 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.

LESCURE, F.-X., BOUADMA, L., NGUYEN, D., PARISEY, M., WICKY, P.-H., BEHILLIL, S., GAYMARD, A., BOUSCAMBERT-DUCHAMP, M., DONATI, F., LE HINGRAT, Q., ENOUF, V., HOUHOU-FIDOUH, N., VALETTE, M., MAILLES, A., LUCET, J.-C., MENTRE, F., DUVAL, X., DESCAMPS, D., MALVY, D., TIMSIT, J.-F., LINA, B., VAN-DER-WERF, S., YAZDANPANAH, Y., 2020. Clinical and virological data of the first cases of COVID-19 in Europe: a case series. **Lancet Infect. Dis.** 20, 697–706. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30200-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30200-0).

LILIAMTIS, 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. **BiolInvasions 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.
- 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.
- MOTA CR, BRESSANI-RIBEIRO T, ARAÚJO JC, LEAL CD, LEROY-FREITAS D, MACHADO EC, ESPINOSA MF, FERNANDES L, LEÃO TL, CHAMHUM-SILVA L, AZEVEDO L, MORANDI T, FREITAS GTO, COSTA MS, CARVALHO BO, REIS MTP, MELO MC, AYRIMORAES SR, CHERNICHARO CAL. Assessing spatial distribution of COVID-19 prevalence in Brazil using decentralised sewage monitoring. **Water Res.**, 202 (2021), Article 117388, 10.1016/j.watres.2021.117388
- 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.
- 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://corona-dashboard.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 42.565, de 01 de novembro de 2002. Regulamenta a Lei nº 13.369, de 3 de junho de 2002, que dispõe sobre a obrigatoriedade, para todas as edificações, da ligação da canalização de esgoto à rede coletora pública, nos logradouros providos dessa rede, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, ano 47, v 208, 01 novembro 2020. 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). 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.

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.

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.

WADE M. J., JACOMO A.L., ARMENISE L., BROWN M. R., BUNCE J. T., CAMERON G. J., ZHOU FANG, Z., FARKAS K., GILPIN D. F., GRAHAM, D. W., GRIMSLEY, J. M. S., ALWYN HART A., HOFFMANN T., KATHERINE J JACKSON K. J., JONES D. L., LILLEY C. L., MCGRATH J. W., MCKINLEY, J. M., MCSPARRON C., BEHNAM F NEJAD B. F., MARIO MORVAN M., QUINTELA-BALUJA M., ROBERTS A. M. I., SINGER A. C., SOUQUE C., SPEIGH V. L., SWEETAPPLE, C., WALKER, D., WATTS G., WEIGHTMAN, A., KASPRZYK-HORDERN B. 2022 Understanding and managing uncertainty and variability for wastewater monitoring beyond the pandemic: Lessons learned from the United Kingdom national COVID-19 surveillance programmes. J Hazard Mater, 424(Pt B):127456. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85512-9.00010-3>.

WANG, X., ZHENG, J., GUO, L., YAO, H., WANG, L., XIA, X., ZHANG, W., 2020. Fecal viral shedding in COVID-19 patients: clinical significance, viral load dynamics and survival analysis. **Virus Res**. Nov; 289: 198147.

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.

XIAO, F., SUN, J., XU, Y., LI, F., HUANG, X., LI, H., ZHAO, JINGXIAN, HUANG, J., ZHAO, JINCUN, 2020. Infectious SARS-CoV-2 in feces of patient with severe COVID-19. **Emerg. Infect. Dis.** 26, 1920–1922. <https://doi.org/10.3201/eid2608.200681>

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.

ZARZA E, DIEGO-GARCÍA E, GARCÍA LV, CASTRO R, MEJÍA G, HERRERA D, CUEVAS R, PALOMEQUE Á, IŠA P, GUILLÉN K. Monitoring SARS-CoV-2 in the Wastewater and Rivers of Tapachula, a Migratory Hub in Southern Mexico. **Food Environ Virol.** 2022 Jun;14(2):199-211. doi: 10.1007/s12560-022-09523-2.

ZHANG, Y., CHEN, C., ZHU, S., SHU, C., WANG, D., SONG, J., SONG, Y., ZHEN, W., FENG, Z., WU, G., XU, J., XU, W., 2020. Isolation of 2019-nCoV from a stool specimen of a laboratory confirmed case of the coronavirus disease 2019 (COVID-19). **China CDC Wkly.** 2, 123–124. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2020.033>.



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

ISBN 978-65-5577-045-2

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